

TARTALOM

FELELŐS KIADÓ:

László Sándor
(Magyar Közút Kht.)

FELELŐS SZERKESZTŐ:

Dr. habil. Koren Csaba

SZERKESZTŐK:

Dr. Gulyás András
Rétháti András
Schulek János
Schulz Margit
Dr. Tóth-Szabó Zsuzsanna

LEKTORI TESTÜLET:

Apáthy Endre
Dr. Boromiszta Tibor
Csordás Mihály
Dr. habil. Farkas József
Dr. habil. Fi István
Dr. habil. Gáspár László
Hórvölgyi Lajos
Huszár János
Jaczó Győző
Dr. Keleti Imre
Dr. habil. Mecsi József
Molnár László Aurél
Pallay Tibor
Dr. Pallós Imre
Regős Szilveszter
Dr. Rósa Dezső
Dr. Schváb János
Dr. Szakos Pál
Dr. habil. Szalai Kálmán
Tombor Sándor
Dr. Tóth Ernő
Varga Csaba
Veress Tibor

2

Dr. Kovács András

Az M0 gyűrű jelentősége az országos közúthálózatban

4

Herpai László – Fekete Gábor – Gács Sándor

Az M0 útgyűrű keleti szektor M5 autópálya – új 4. sz. főút Vecsést és Üllőt elkerülő szakaszának tervezése

12

Bornemisza László – Nagy Elek

Az M0 autópálya építése a 29,5 és a 42,2 km szelvények között

14

Nemzetközi szemle

17

Kettinger Ottó – Pécsi Zoltán

Az M0 keleti szektorának 29+500–42+200 km sz. közötti szakaszán épített betonburkolat technológiai sajátosságai

23

Kettinger Ottó

A betonburkolat átvezetése az M0 29+500–42+200 km sz. szakasz felüljáróin

27

Vállas Csaba – Vörös Zoltán – Kenderesy Koppány

A mérnök tapasztalatai az M0 keleti szektor első szakaszán

31

Dr. Karsainé Lukács Katalin

Az M0 autópálya 29,5–42,2 km közötti szakaszának építés közbeni minőség-ellenőrzése

35

Dr. Keleti Imre

A betonburkolatok helye a magyar közúthálózaton

A szerkesztőbizottság közleménye:

A közbeszerzési eljárás elhúzódása miatt a következő számaink megjelenésének időpontja bizonytalan. Az elmaradást kettős számok megjelölésével kívánjuk pótolni. Kérjük türelmüket és megértésüket. További tájékoztatás: www.kozut.hu

KÖZÚTI ÉS MÉLYÉPÍTÉSI SZEMLE

Alapította a Közlekedéstudományi Egyesület.

A közlekedésépítési és mélyépítési szakterület mérnöki tudományos havi lapja.

A cikkekben szereplő megállapítások és adatok a szerzők véleményét és ismereteit fejezik ki, amely nem feltétlenül azonos a szerkesztők véleményével és ismereteivel.

Az M0 gyűrű jelentősége az országos közúthálózatban

Dr. Kovács András¹

A miniszterelnök 2005. december 17-én helyezte forgalomba az M0 gyorsforgalmi gyűrű keleti szektorának első, 13 km-es szakaszát az M5 autópálya és az új 4. sz. főút között. (Ugyanakkor átadta az új 4. sz. főút Vecsést és Üllőt elkerülő vonalát, amely a később épülő M4 autópálya része, és amelyre a két település két évtizede várt.) Ezek a beruházások jelentik 1999 után az első elemeit annak a nagyszabású programnak, amelynek keretében az M0 gyűrű hiányzó szakaszai közül az M5 autópálya és a 11. sz. főút közöttiek 2007-ig megvalósulnak.

A végső kiépítésben mintegy 100 km hosszú M0 gyűrű a főváros és térsége egyik legnagyobb környezetvédelmi beruházása. A gyűrű összeköti a sugárirányú gyorsforgalmi utakat, tehermentesíti a főváros belső területeit az átmenő forgalomtól és forgalmi gyűjtő-elosztó szerepet lát el. Ezen túl javítja a fővárosi külső kerületek és az agglomerációs települések egymás közötti forgalmát, feloldva egyúttal a főváros térségének a történelmi körülmények miatt sugaras szerkezettel kialakult közúthálózatát.

Mi is történt eddig? Mi történt a gondolat megszületésétől a kiépítés jelenlegi állapotáig? Azt hiszem, mindenképpen érdemes röviden visszatekinteni az előzményekre.

A mai néven M0 gyűrűnek nevezett út gondolata 1942-ben fogalmazódott meg először, amikor megjelent dr. Vásárhelyi Boldizsárnak, a Műegyetem egykori professzorának tanulmánya a magyar „automobilutak” hálózatáról. Az eredeti koncepció az idők során többször változott. Az 1960–70-es években a fővárosba sugárirányban bevezetni tervezett autópályákat a Hungária körút vonalában tervezett városi magas vezetési autópályával kívánták összefogni. A '70-es évek közepén azonban már egy másik, a főváros belső térségében, később pedig a főváros határában vezetett pálya kiépítésének gondolata került előtérbe.

Az első tanulmánytervek az M1 és az M5 vonalakat összekötő déli szektort javasolták először fél szélességben kiépíteni (a távlati 2x3 sáv + leállósáv elrendezésű pálya fele), ami 3 szakaszban készült el (1988, 1990, 1994). A folytatást akkor a keleti szektorban tervezték, de a nyomvonal körüli viták miatt ezt mégis megelőzte az északi szektor egy szakaszának az építése az új 2. sz. főút fővárosi bevezetésének kialakítása kapcsán. Ez a szektorelem 1999-ben készült el.

Az egyes szakaszok nyomvonaláról szóló vita ugyan a mai napig sem csitult el teljesen, de az elmúlt néhány évben mégis sikerült az előkészítéssel olyan szintre jutni, hogy több szakasz megvalósítása reális közelségbe került.

A hálózatfejlesztési tervek és a 2005. évi CLX. törvény szerint 2007 végéig kell megvalósítani a gyűrű meglévő déli szektorának kapacitás-bővítését 2x3 for-

galmi sávós autópályára az M1 autópályától az 51. sz. főútig, majd ugyanilyen keresztmetszettel megépül az 51. sz. főút és az M5 autópálya között hiányzó szakasz is. A keleti szektor hiányzó három szakaszának ugyancsak ebben az időpontban kell belépnie, a pályából kiágazó M31 autópályával együtt, ami az M0 gyűrű és az M3 autópálya (Gödöllő térsége) között létesít kapcsolatot. Igen fontos még a gyűrű északi szektorának a továbbépítése a 11. sz. főútig, ami gyakorlatilag a váci és a szentendrei Duna-ág feletti hidakat, illetve a Szentendrei szigeten is műtárgyon vezetett autópálya szakaszt foglalja magába.

Mindezt összegezve a közeljövőben 48 km hosszúságú új, 2x2 sávós autópályát és a jelenlegi autótút kiépítésű déli szektorból 23 km-t 2x3 sávossá bővített autópályaként használhat majd az utazóközönség az M0 gyűrű nyomvonalán, a hozzájuk tartozó északi Duna-híddal, valamint a déli szektorban a Duna és a Soroksári Duna-ág feletti kiszélesített hidakkal.

Ezeknek az elemeknek a hálózati jelentőségét nem lehet eléggé hangsúlyozni. Ezek a beavatkozások fogják lehetővé tenni, hogy a magyar autópálya-építés kezdete óta (1961) kiépült sugárirányú gyorsforgalmi útjaink (az M1, az M3, az M30, az M35, az M5, az M6, az M7 autópálya, valamint az autótút jellemzőkkel kiépített 15-ös és 2/A számú főút, továbbá a 4. sz. főút új szakasza és az M70) végre tényleges gyorsforgalmi hálózattá szerveződjenek. Ez a gyorsforgalmi gyűrű azonban további hálózati összeköttetést is teremt majd a fővárosba bevezető számos sugárirányú főút és mellékút (az 1, a 2, a 3, a 4, az 5, a 6, a 7, a 11, a 31, az 51-es számú főút, valamint a 2102, a 3102, a 3103, az 5101, a 4601, az 51101 jelű mellékút) között, amely mind csomóponttal kapcsolódik az M0 gyűrűhöz.

Az intermodális kapcsolatokat illetően az M0 minden egyes új hálózati eleme jelentős előnyökkel szolgál. A tavaly átadott új szakasszal pl. lehetővé vált a Ferihegyi repülőtér elérése magas színvonalon, egyelőre csak délnyugati irányból, de a keleti szektor további elemeinek kiépítésével 2007-ben már az északkeleti kapcsolat is megvalósul. Az M31 autópálya megnyitásával pedig a nyugat-kelet irányú tranzitforgalomtól (az M1-M7 autópályáknak az M3 felé irányuló forgalmától) mentesül majd a főváros, elsősorban a súlyosan terhelt Hungária körút. A Budapesti Logisztikai Központ (BILK) számára pedig az M0 közvetlen kapcsolata alapvetően fontos.

Az M0 gyűrű tervezett fejlesztésével megoldódik az E71 Európa út fővárosi átvezetése, és ugyanez mondható el az V. helsinki folyosóról, illetve a TEN-T európai gyorsforgalmi úthálózatba tartozó magyar hálózati elemekről is. Jelentős részben ennek köszönhető, hogy ez a szakaszok építését az EU 85%-ban finanszírozza.

Az előnyök még nyilvánvalóbbak, ha meggondoljuk, hogy észak- és közép-dunántúli nagyvárosainknak már közvetlen kapcsolata van az EU autópálya hálózatá-

¹ Okl. építőmérnök, mérnök közgazdász, fősztályvezető, GKM

val, mostantól pedig Debrecen, Miskolc, Nyíregyháza és Szeged is elérhető gyorsforgalmi úton, ami jelentős fejlődési lehetőségeket rejt magában. A bécsi és a pozsonyi kapcsolat mellett ezek a városok gyorsforgalmi összeköttetést kapnak az Adria tenger felé is, mivel a kiépült horvát autópályákhoz 2007-ben már kapcsolódni fog az addigra teljes hosszban kiépülő M7 autópálya.

Mind Budapest, mind az egész ország számára fontos, hogy az M0 gyűrű déli és északi fejlesztése összességében hat forgalmi sáv új hídkapacitás belépését fogja eredményezni. Ennek kapcsán számíthatunk a Lágymányosi híd és az Árpád híd bizonyos fokú tehermentesítésére, és végre lehetővé válik a Margit híd mind sürgetőbb felújítása is, ami csak a híd teljes lezárásával lehetséges.

Méltán nevezhetjük tehát ünnepnek az M0 minden egyes elemének forgalomba helyezését. Reményeink szerint 2007. után újabb, még nagyobb szakmai ünnepre akkor kerül majd sor, ha a gyűrű hiányzó északnyugati és nyugati szektorelemei is elkészülnek a 11. és a 10. sz., illetve a 10. sz. és az 1. sz. főút között. Ezek az építkezések a velük együtt járó környezetvédelmi létesítményekkel és alagútépítési feladatokkal újabb kihívást jelentenek majd az útépítési szakmának.

A kormány 2044/2003 sz. határozata 2015-re számol a teljes gyűrű forgalomba helyezésével. Ha utána gondolunk, ez az időpont már nincs is olyan messze! Addig azonban a tervezés, az előkészítés és a konkrét megvalósítás terén még nagyon sok tennivaló van.

Summary

Dr. András Kovács: The importance of the M0 Expressway Ringroad within the Hungarian national road network

The first section of the Eastern Sector of the M0 Expressway Ringroad around Budapest (13 km, between M5 Motorway and the new bypass of Trunk Road No.4 near Vecsés/Üllő) has been opened in December 2005. This meant the start of that large-scale investment program, which will result in completing the missing sections of the M0 ringroad between M5 Motorway and Trunk Road No.11 until 2007.

The M0 ringroad (planned total length around 100 km) is one of the most significant investments of Budapest and its conurbation. The ring will connect the radial expressways, relieve the downtown areas of Budapest from the transit traffic and serve as a traffic collector-distributor system. Besides this it will also improve the internal traffic between Budapest and the surrounding settlements.

The first ideas of the ringroad called today as M0 expressway were formulated in 1942. The original concept has continuously been modified in the 1960-70's, the alignment was shifted towards the inner city, then again outwards near to the municipal boundary of Budapest.

The study plans calculated with the commencement in the South-Western Sector between M1 and M5 motorways, completed finally in three phases (1988, 1990, 1994) in half-width cross-section. The continuation was planned in the Eastern Sector, but due to alignment disputes this was then replaced by one segment of the Northern Sector, completed in 1999.

According to the Act CLX/2005 the traffic capacity of the existing South-Western Sector shall be increased until the end of 2007 (2x3 traffic lanes between M1 Motorway and Trunk Road No.51). The three missing sections of the Eastern Sector shall be completed at the same time, as well as the M31 Motorway link connecting M0 ringroad with M3 Motorway near to Gödöllő. The continuation of the Northern Sector is also very important, which means in practice motorway bridges above the river Danube and the Szentendrei Island, reaching Trunk Road No.11 on the right river bank.

As a result of these projects road users will have in the near future 48 km of new motorways with 2x2 traffic lanes, and 23 km expressways upgraded to motorway with 2x3 traffic lanes, with a new Danube crossing on the North and two upgraded (widened) Danube bridges on the South. This development will provide the solution for the passage of Route E71 through Budapest, together with Helsinki Corridor No.5 and the relevant TEN-T elements. The European Union provides a co-financing rate of 85% for these sections.

The advantages are even more visible if it is considered that the main cities of North-West Hungary do already have a direct connection with the motorway network of the EU, and from now on the cities of Debrecen, Miskolc, Nyíregyháza and Szeged can also be reached via expressway, holding thereby significant development potentials. Besides connections towards Vienna/Bratislava these cities will have expressway connection also towards the Adriatic Sea, as the M7 Motorway (to be completed in full length in 2007) will provide the link with the Croatian motorways.

According to our expectations there will be even more reason to have professional celebration after 2007, when the missing sections of the North-Western and Western Sectors will be completed. These projects will mean significant professional challenge for the society of road engineers, considering the associated remarkable environmental and tunnelling issues.

The full completion of the M0 ringroad is scheduled for the year 2015.

Az M0 útgűrű keleti szektor M5 autópálya – új 4. sz. főút Vecsést és Üllőt elkerülő szakaszának tervezése

Herpai László¹ – Fekete Gábor² – Gács Sándor³

1. Előzmények, az M0 útgűrű jelentősége

Magyarország autópályái, egyszámjegyű főútjai – a 8. sz. főút kivételével – Budapestről indulnak. A hálózat kialakulásában a centrikus fejlődési irányok dominálnak, a gyűrűirányú, tangenciális összeköttetések részben hiányoznak, részben kiépítettségük nem megfelelő színvonalú. Ennek következtében az ország területét érintő nemzetközi úthálózat elemei is átvezetnek a fővárosra.

Az országunkat érintő közúti közlekedési folyosók a következők:

- IV. Berlin/Nürnberg–Prága–Pozsony/Bécs–Budapest–Konstanca/Szalonika/Istanbul
- V. Velence–Trieszt/Koper–Ljubljana–Budapest–Ungvár–Lvov
- V/B. Fiume–Zágráb–Budapest
- V/C. Plocse–Szarajevo–Eszék–Budapest
- X/A. Budapest–Újvidék–Belgrád

Ezek az útvonalak – lefedve a hazai úthálózat fő irányait – a főváros és környékének déli, délkeleti zónájában csomósodnak; itt tehát feltétlenül indokolt a közlekedési infrastruktúra további fejlesztése.

Az ország úthálózatához hasonlóan, a fővárosi úthálózatra is jellemző a gyűrű irányú útvonalak és a Duna-hidak hiánya. Ezért az átmenő és egyre növekvő gépjárműforgalom, így a nagy távolságú közúti forgalom is érinti Budapestet, kénytelen a zsúfolt fővárosi úthálózatot igénybe venni, állandósuló forgalmi torlódásokat, jelentős környezeti terhelést okozva. A káros hatásokat egyértelműen a gyűrű irányú kapcsolatok fejlesztésével lehet feloldani. A lehetőségek nem egyformák a pesti és a budai oldalon. Pesten a befejezetlen körutak kínálnak megoldást (Hungária krt., Nagy Lajos király útja, Körvasútsor, Árpád út, Szentmihályi út, Szlovák út, Cinkotai út), Budán azonban a domborzati adottságok és a lakóterületek kiterjedése miatt nincs reális lehetőség újabb körút megvalósítására. Ezért kell nagy figyelmet fordítani az M0 gyűrű kiépítésére, mert csupán ennek megvalósulása esetén van esély és lehetőség Budapesten a közúti forgalom koncentrációjának feloldására, a nemkívánatos forgalom kiszorítására a belső területekről.

Az M0 gyűrűnek négyes funkciót kell betöltenie:

- a nemzetközi és az országon belüli **átmenő forgalom** levezetése, távortartása a belső várostesttől;
- a forgalom **gyűjtése-elosztása**, azaz olyan forgalmi igények kielégítése, amelyek a gyűrűn ki-

vülről a fővárosba irányulnak (illetve megfordítva), és útjukat a gyűrű egy szakaszának közbeiktatásával folytatják;

- a gyűrű által érintett kerületek és városkörnyéki települések **egymás közötti kapcsolatának** segítése;
- a meglévő gyorsforgalmi utak **hálózattá szervezése**.

A gyűrű megvalósításában jelentős lépésnek volt tekinthető a déli szektor M1–M5 autópályák közötti szakasza I. ütemének (félpálya) 1992. évi, illetve az északi szektor részeként működő 2/B főút 1999. évi forgalomba helyezése. Az azóta eltelt időszak döntő része a keleti és az északi szektorban a továbbvezetés nyomvonalának tisztázásával, rögzítésével telt el. Tanulmánytervi nyomvonalváltozatok értékelését követően a közlekedési tárca, a Fővárosi Önkormányzat, a kerületi önkormányzatok egyeztetés-sorozata és megállapodása tette lehetővé azt, hogy 2002. során elkészülhetett az engedélyezési terv. A Központi Közlekedési Felügyelet az építési engedélyt 2003-ban adta ki.

2. A tervezés volumene

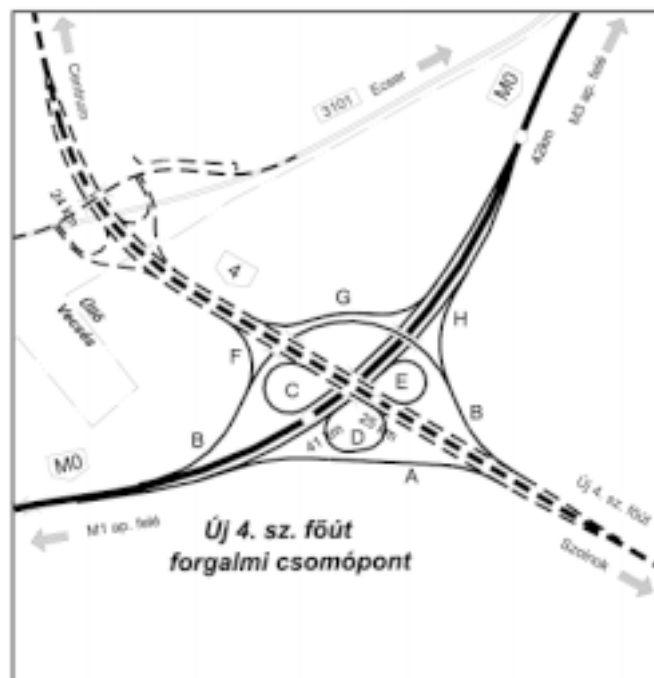
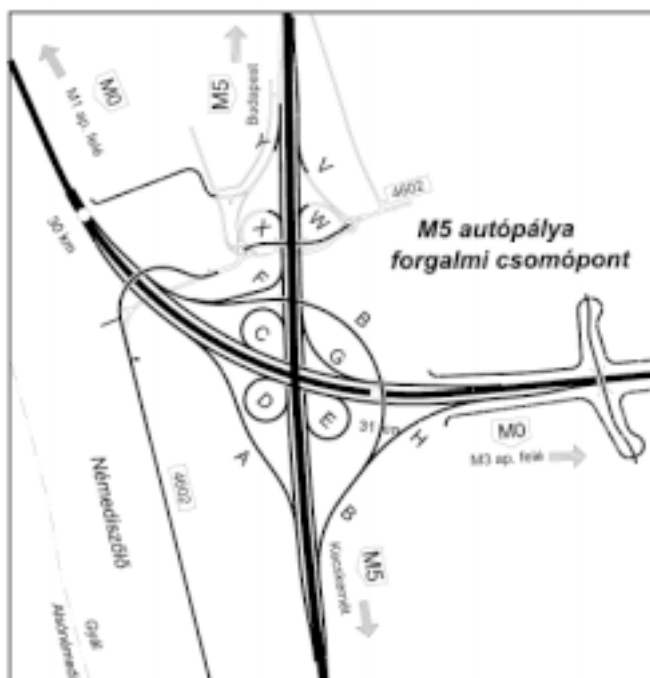
Az útgűrű keleti szektorának az M5 autópálya és az új 4. sz. főút közötti szakasza és a beruházás részét képező új 4. sz. főút Vecsést és Üllőt elkerülő szakasza kiviteli terveinek elkészítésére 2001-ben nyerte el a megbízást az Unitef '83 Rt.-ből és a Céh Rt.-ből kifejezetten ilyen volumenű, jelentős tervezői kapacitást igénylő beruházások megtervezésére létrehozott Unitef-Céh Mérnökiroda Kkt. A szervezet hasonló volumenű beruházásokban eredményesen működött közre generáltervezőként, az ott szerzett tapasztalatok alkalmazása megkönnyítette a projekt kiviteli terveinek az elkészítését. A munkában az alapító cégek mellett az Út-Teszt Kft. kapott jelentős tervezési feladatot.

A 2004-ben megkezdődött beruházás különös figyelmet érdemelt több okból is. Egyrészt 1999 óta nem épült M0 szakasz, másrészt olyan új technológiával épült a pályaszerkezet burkolata – nevezetesen betontól –, amelyet hazánkban gyorsforgalmi úton 30 éve nem alkalmaztak. Ugyancsak különlegesség, hogy a szakaszon két autópálya–autópálya csomópont létesült: az M0/M5, valamint az M0 és a 4. sz. főút Vecsést és Üllőt elkerülő szakaszával alkotott csomópont (1. ábra), ahol a csomóponti ágak is betonburkolattal készültek. Cikkünkben elsősorban azt kívánjuk részletesebben megvilágítani, hogy a betonburkolattal kapcsolatosan milyen, hazánkban újszerű problémákat kellett megoldaniuk a tervezőknek.

¹ Okl. építőmérnök, irodaigazgató, Unitef'83 Zrt., e-mail: herpail@unitef83.hu

² Okl. építőmérnök, irodaigazgató-helyettes, Unitef'83 Zrt.

³ Okl. építőmérnök, szakági főmérnök, Céh Zrt.



1. ábra: Az M0/M5, valamint az M0/4. sz. főút Vecsést és Üllőt elkerülő szakaszával alkotott csomópontok

Tervezési paraméterek, főbb mennyiségek

A szakasz főbb tervezési paramétereit a következők:

tervezési osztály:	K.I.B
tervezési sebesség:	$v_t = 110$ km/h
a forgalmi sáv szélessége:	3,75 m
száma:	2 x 2

(végleges kiépítésben: 2x3)

a középső elválasztó sáv szélessége:	11,10 m
	(végleges kiépítésben: 3,60)

a főpálya kopóréteg szélessége: 8,25 m

a leállósáv szélessége: 3,00 m

külső vízvezető szegély esetén:

beton pályaszerkezetnél 3,25 m

aszfalt pályaszerkezetnél 3,20 m

a leállósáv kopóréteg szélessége: 2,75 m

külső vízvezető szegély esetén:

beton pályaszerkezetnél 3,00 m

aszfalt pályaszerkezetnél 2,95 m

padka: 1,00 m

külső vízvezető szegély esetén:

beton pályaszerkezetnél 0,75 m

aszfalt pályaszerkezetnél 0,80 m

koronaszélesség: 34,10 m

A 29–42 km között 2005 decemberében átadott szakasz főbb mennyiségeit az 1. táblázat mutatja.

3. Elhelyezkedés, keresztmetszeti kialakítás

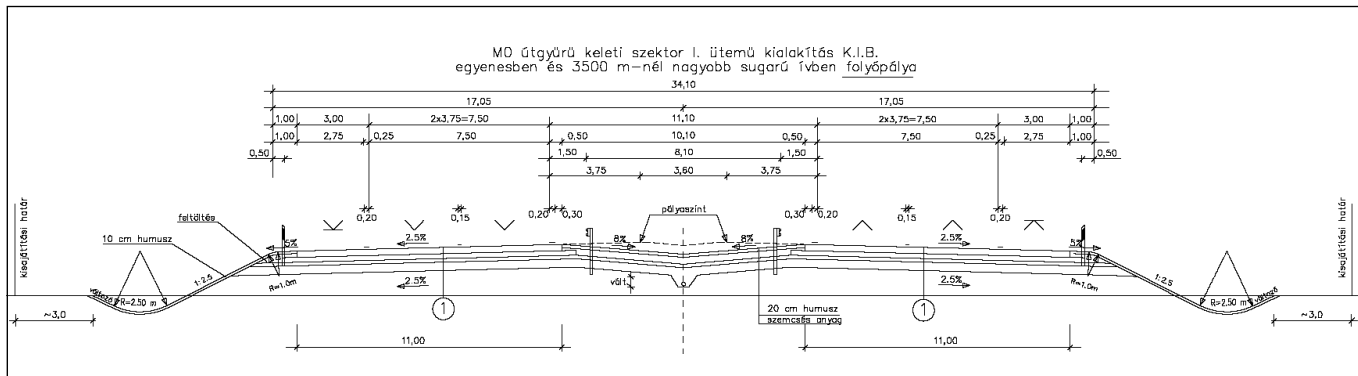
A szakasz Budapeستől dél-délkeleti irányban húzódik, Gyál, Vecsés és Üllő településeket érinti. Közvetlen kapcsolatot teremt az M5 autópályával, ahol a teljes távlati csomópont is kiépült (az 51. sz. főúti csomóponttól a meglévő nyomvonalat e csomóponttal új nyomvonalon épülő út köti majd össze), valamint az új 4. sz. főút Vecsést és Üllőt elkerülő szakaszával, szintén teljes csomóponti kiépítéssel.

A forgalmi igényeknek megfelelően az M0 keleti szektora távlati kiépítésben 2x3 sávú autópálya lesz az M1 és az M31 autópálya között. Ennek megfelelően az átadott szakaszon a 2x2 forgalmi sáv kialakítás 2x3 forgalmi sáv elhelyezésére alkalmas koronával, illetve földművel épült meg, ezért a további fejlesztések során sem többlet terület-igénybevétellel, sem rézsúmbontással, sem jelentős földmunkával

1. táblázat

Az M0 29–42 km szakasz főbb mennyiségei

Munkanemek	Mennyiség
1. Útépítés	
Terület-előkészítés [m ²]	628 000
Földmunka (töltésépítés) [m ³]	2 800 000
Betonburkolat [m ³]	99 000
Aszfaltburkolat [m ³]	4 500
2. Vízvezetés	
Csőátereszek [m]	2 539
Burkolt árkok [m]	50 000
Szivárgó [m]	23 000
Csapadék csatorna [m]	7 800
3. Növénytelepítés	
Fatelepítés [db]	12 000
4. Környezetvédelem	
Véderdő [m ²]	21 000
Vadvédő kerítés [m]	28 600
Zajárnyékoló fal [m]	1 200
5. Hídépítés	
Autópálya felüljáró [m ²]	14 400
Autópálya aluljáró [m ²]	7 700
6. Vezeték átépítés	
120 kV-os vill. vezeték [m]	600
20 kV-os vill. vezeték [m]	3 900
Szénhidrogén vezeték [m]	17 800



2. ábra: A folyópálya minta-keresztelvénye egyenesben és $R \geq 3500$ m-es ívben

nem kell számolni. Az irányonkénti harmadik forgalmi sáv kialakítására az elválasztó sávban lesz lehetőség, tehát az üzemelő sávok a korona külső széléhez igazítva készültek (2. ábra).

4. A betonburkolat tervezése a folyópályán és a csomópontokban

A tervezés kezdetekor sem tervezői gyakorlattal rendelkező magyarországi szakemberek, sem megfelelő előírások nem voltak a betonburkolatú pálya megtervezésére. Az engedélyezési tervek még aszfaltburkolatú félmerev pályaszerkezetekre vonatkoztak, geometriájuk is ennek megfelelően készült. Az építésre vonatkozó közbeszerzési kiírásban szerepelt először hivatalosan, hogy e szakaszon hézagaiban vasalt betonburkolatú, merev pályaszerkezetet kell kialakítani.

A betonburkolat táblatervek készítésekor az első problémakör a **geometria** volt. A leállósáv – az előírásoknak⁴ megfelelően – ívekben is kifelé esik. Külföldön, hosszú évek tapasztalata alapján, a betonburkolat egy ütemű építhetősége miatt (2 sáv + leállósáv) a leállósáv oldalesése megegyezik a pályával. Ennek a célszerű megoldásnak az alkalmazására idő hiányában azonban nem került sor.

A tervezéskor fontos szempont volt a beépítő géplánc terítőképességének maximális kihasználása, azaz a fogások számának minimalizálása, amivel a fenntartási szempontból és építéstechnológiailag is kedvezőtlenebb hosszirányú szoroshézagokat a minimális szintre lehetett csökkenteni.

További problémát jelentett a csomóponti ágak csatlakozásának a korábbi – az aszfaltburkolatú pályaszerkezet figyelembevételével készült – építése, ahol hosszirányú gerinc alakult ki a pályával ellenkező ívű kiválásoknál, illetve becsatlakozásoknál. Ez főként a gyűjtő-elosztó pályák esetén jelentett gondot, ugyanis a teljes szélességben terített burkolatot a csatlakozásoknál meg kellett szakítani.

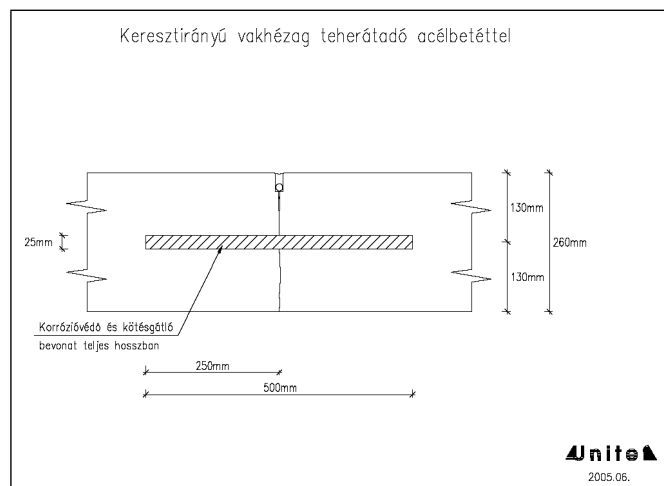
Ide kapcsolódik a beépítő géplánc maximális terítési szélessége, ami befolyásolja a csatlakozások táblakiosztását (pl. főpályán a hosszshézag elválás helyének a meghatározására van hatással).

A csatlakozások környezetében a táblakiosztást különös figyelemmel kellett végezni, ugyanis a megfelelő táblaméretnek és oldalarányoknak tartásával a be-

építésre kerülő hézagvasak egymáshoz képest is megfelelő elhelyezkedését és a tervezett felfestést (felfestés és hézag egymáson, egymással párhuzamosan nem haladhat) egyaránt figyelembe kellett venni.

A második problémakör a **hézagvasak mérete és elhelyezése**. A tervezés kezdetekor az érvényes előírások⁵ egymással ellentmondásos értékeket tartalmaztak, miközben a vállalkozó németországi leányvállalata a német előírásoknak megfelelő méreteket és keresztmetszeti elrendezést szorgalmazott. A betonburkolat próbaszakasza tapasztalatai alapján az ellentmondásokat az arra hivatott munkabizottság feloldotta, és az előírást módosították⁶. Ennek megfelelően a következőképpen készültek a tervek:

A keresztshézagok általános esetben merőlegesek a pálya tengelyére, folyópályán – a szelvényezéshez igazodóan – egymástól való távolságuk 5 m, ami ívekben kismértékben módosulhat.



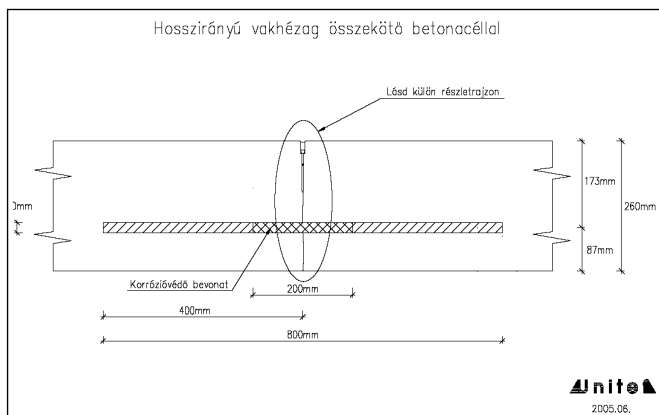
3. ábra: Keresztshézag

A keresztirányú vakhézagokba $\varnothing 25$ mm-es, 50 cm hosszú, sima felületű, teljes hosszban kezelt (korrózióvédelem és kötéstgátlás) betonacélok kerültek, 25 cm-enként kiosztva. A táblaszéltől az első acél távolsága szintén 25 cm. A keresztshézag vasalását a betonburkolat félmagasságában kellett elhelyezni (3. ábra).

⁵ Az ÚT 2-3.201:2000 Beton pályaburkolatok építése; Építési előírások, követelmények megnevezésű Utügyi Műszaki Előírás hézagképzési megoldásait átvevő ÉME 1./2004. E, K és R forgalmi terhelésű utakhoz alkalmazható hézagaiban vasalt betonburkolat megnevezésű építőipari műszaki engedély

⁶ ÉME 1.1/2005.

⁴ ÚT 2-1.201:2004 Közutak tervezése (KTSZ)

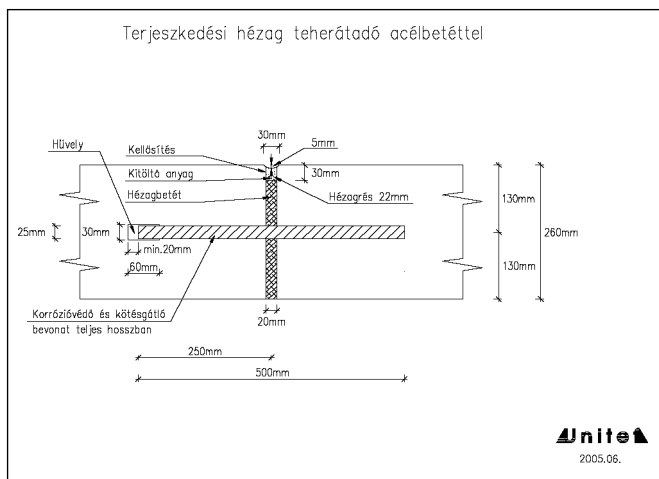


4. ábra: Hosszhézag horgonyvasalása

A hosszirányú vakhézagok helyének meghatározásakor fontos szempont volt, hogy az ne essen keréknyom, illetve burkolatjel alá.

A hosszirányú vakhézagokba Ø20 mm-es 80 cm hosszú, bordás felületű, középső 20 cm részén korrózióvédő bevonattal ellátott betonacélokat helyeztek el, 100 cm-enként kiosztva, a táblaszéltől az első horgonyacél távolsága kb. 50 cm. A hosszhézag teherátadó vasalását a betonburkolat alsó harmadában kellett elhelyezni (4. ábra).

A terjeszkedési hézagokba Ø25 mm-es, 50 cm hosszú, sima felületű, teljes hosszban kezelt (korrózióvédelem és kötégsgátlás) betonacélokat kellett beépíteni, 25 cm-enként kiosztva, a táblaszéltől az első acél távolsága szintén 25 cm. A betonacélok egyik végére min. 20-20 mm szabad mozgást biztosító, 30 mm-es átmérőjű, 60 mm hosszú PVC hüvelyt kellett



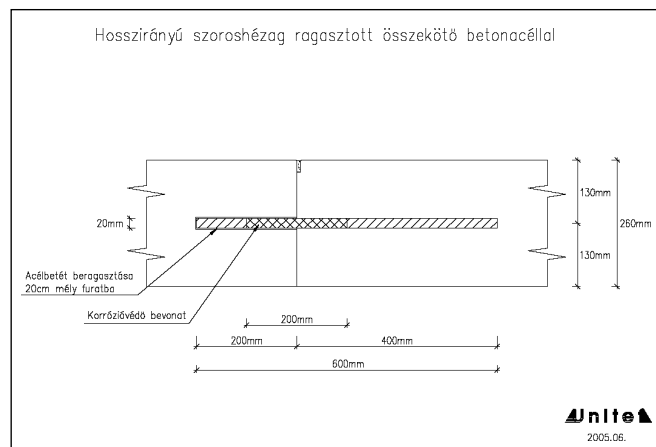
5. ábra: Terjeszkedési hézag

rögzíteni. A betonozás során meg kellett hagyni a PVC hüvely későbbi működőképességét (5. ábra).

Szoroshézagot kellett alkalmazni technológiai okból vagy terv szerinti (pl. hosszirányú gerinc kialakítása) mellébetonozás esetén. A szoroshézag vasalását fúrással-ragasztással kellett elhelyezni olyan módon, hogy a már meglévő betonba 20 cm mély furat készült, majd ebbe a furatba ragasztották be a 20 mm átmérőjű, bordás felületű, 60 cm hosszú, a hézag alatti 20 cm részén korrózióvédő bevonattal ellátott betonacélokat, 100 cm-enként kiosztva, a táblaszéltől az első acél távolsága kb. 50 cm. A szoroshézag teherátadó

vasalását a betonburkolat félmagasságában kellett elhelyezni. A régi és az új betonburkolat összekötését a szoroshézag építésénél elválasztó anyaggal kellett megakadályozni (6. ábra).

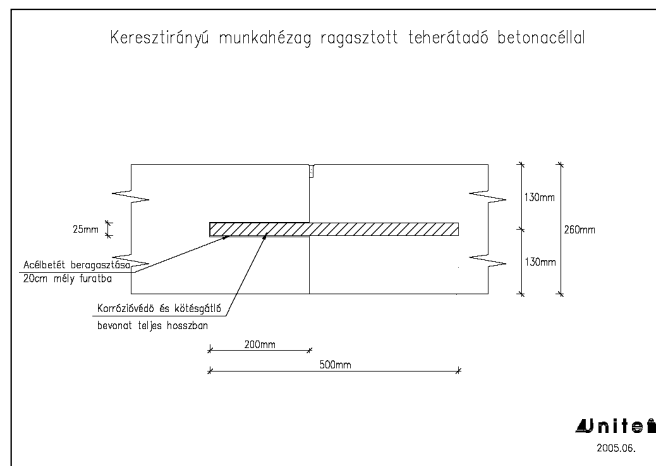
A folyamatosan betonozott sávokban a munkanap végén, a betonozó géplánc átszerelése, két órát meghaladó bedolgozási szünet vagy egyéb technológiai ok miatt munkahézagot kellett kialakítani. A munkahézag vasalását fúrással-ragasztással kellett elhelyezni olyan módon, hogy a már meglévő betonba 20 cm mély furat készült, majd ebbe a furatba ragasztották a 25 mm átmérőjű, 50 cm hosszú, sima felületű, teljes hosszban kezelt (korrózióvédelem és kötégsgátlás) betonacélokat, 25 cm-enként kiosztva. A munkahézag



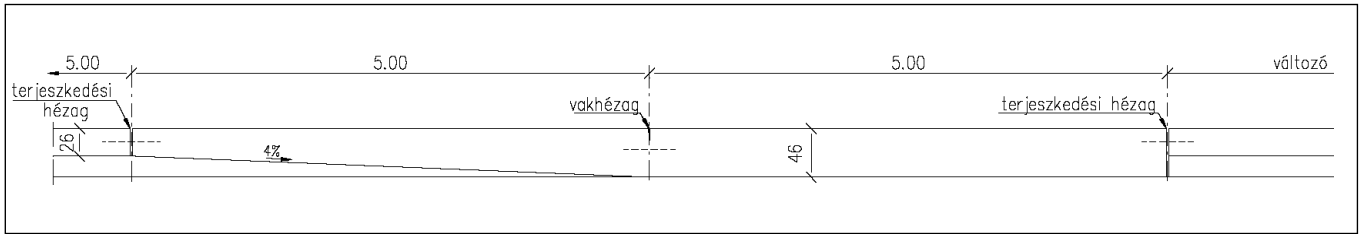
6. ábra: Szoroshézag

vasalását a betonburkolat félmagasságában kellett elhelyezni. A táblaszéltől az első acél távolsága szintén 25 cm. A régi és az új betonburkolat összekötését a munkahézag építésénél elválasztó anyaggal meg kellett akadályozni (7. ábra).

A harmadik problémakör a hidakhoz csatlakozó szakaszok kialakítása. A tervezés kezdetekor érvényben lévő előírás (ÉME 1/2004) szerint a terjeszkedési hézagokkal egy szerkezetként, teljes pályaszélességű vasbeton gerendát (fogat) kellett volna a földmű felső rétegébe bekötve a betonlemezrel együtt betonozni. Az e megoldással kapcsolatos negatív német tapasztalatok alapján helyette a következő megoldás született: a hídfőknél a csatlakozási szakasz elején és



7. ábra: Keresztirányú munkahézag



8. ábra: A felüljárók előtti átmeneti burkolatszaksz

végén (a hídfőt megelőző, illetve követő második terjeszkedési hézag, mely merőleges az út tengelyére) a betontábla vastagsága 46 cm, ami ún. átmeneti vastagságú táblával kapcsolódik a folyópálya betonozási szakaszhoz (8. ábra).

A negyedik problémakör a **hézagok** kialakítása. Ebben az esetben is ellentmondás volt az útügyi előírásokban, végül a következő kialakítás készült:

A hézagrést három ütemben alakították ki a megszilárdult betonban. Az első ütemben 3,5 mm széles hézagrést vágtak, hosszhézagnál 100 mm, kereszt-hézagnál 70 mm mélységben. A második ütemben a rést 10 mm szélességre 25 mm mélységig rávágással kiszélesítették, a hézagkitöltő anyaggal való lezárás érdekében. A harmadik ütemben ennek a bővített hézagrésnek a pályafelületi éleit 45°-os szögben lesarkították azért, hogy a hézagkiöntő anyag ne érintkezessen a járművek kerekeivel.

5. Betonpálya tervezése hidakon

5.1. Általános ismertetés, előzmények

Az M0 autópályán a 13 km-es szakaszán összesen 21 híd épült, az M0 és az új 4. sz. főút csomópontjában további hat híd az új 4. sz. főút Vecsést és Üllőt elkerülő szakasza beruházásában. A szakaszon négy patak-híd található, két vasúti keresztezés közötti felüljáróval, a többi híd közutak felett vezet át, amelyekből kiemelés érdemel az M5 autópálya és gyűjtő-elosztó pályái felett az M0 és gyűjtő-elosztó pályáinak átvezetését jelentő 307-es hídcsoport. A hidak lágyvasalású monolit vasbeton, illetve előregyártott hídgerendákkal együtt dolgozó monolit vasbeton felszerkezettel készültek, a maximális hídhossz ~ 99 m. Az összes híd cölöpalapozású. Több hídnál szükséges volt az alapozás áttervezése a vállalkozó kapacitásának optimális kihasználhatósága érdekében.

Az építésre vonatkozó közbeszerzési kiírás alapján – a csatlakozó folyópályának megfelelően – a szakaszon lévő autópálya felüljárókat, valamint gyűjtő-elosztó pálya és csomóponti ág hidakat beton pályaszerkezettel kellett megtervezni és megépíteni.

A tervezési feladat összesen 11 beton pályaszerkezetű híd kiviteli terveinek elkészítésére vonatkozott. A beton pályaszerkezetű hidak közül kettő többtámaszú, takarékküreges monolit vasbeton felszerkezettel készült, 89 m szerkezeti hosszal és 23 m-es maximális támaszközzel. A többi híd előre gyártott vasbeton hídgerendás felszerkezetű, a szerkezeti hosszuk változó (12–86 m), a legnagyobb támaszköz 32 m. A teljes betonburkolatú hídfelület közel 14 000 m².

Az engedélyezési és kezdetben a kiviteli tervek is még háromrétegű, aszfalt burkolatú hidakra készültek, a kiviteli tervek készítése során módosították a tervezési diszpozíciót. A betonburkolat hidakon való átvezetésének (tervezés és kivitelezés) műszaki szabályozása a tervezés ideje alatt volt kialakulóban, emiatt többször került sor a tervezési koncepció módosítására. A végleges tervezési diszpozíciót a vállalkozó adta meg, figyelembe véve a rendelkezésére álló géparkot és a technológiai lehetőségeket. A diszpozíció alapján a folyópályán tervezettel megegyező, CP 4/3 minőségű betonburkolatot kellett a hidakon is megtervezni.

A beton pályaszerkezetű hidak felszerkezetének tervezése során a következő főbb – részben újszerű – feladatokat kellett megoldani.

5.2. Keresztmetszeti kialakítás

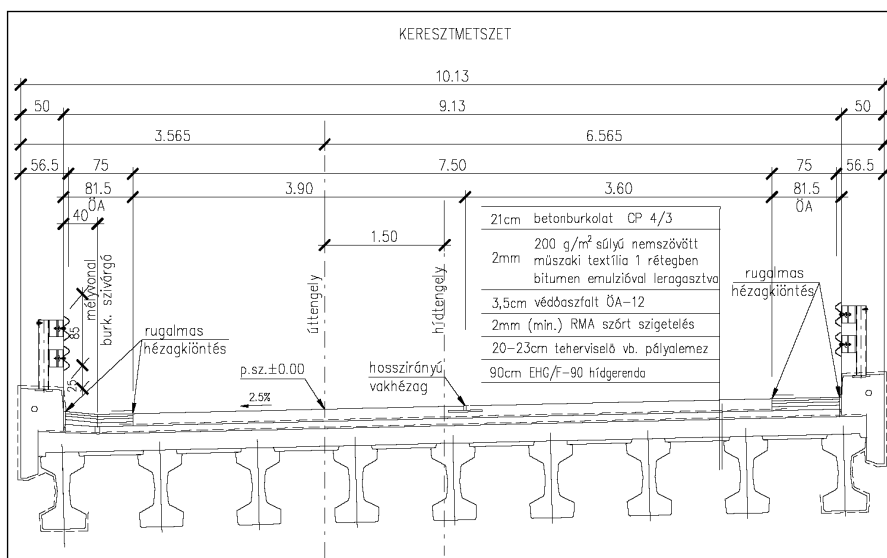
Tekintettel arra, hogy a vállalkozó által kiadott végleges betonburkolat-tervezési diszpozíció idején a kivitelezés már jelentősen előrehaladott állapotban volt, a szerkezeti vastagság tekintetében alkalmazkodnunk kellett a korábbi tervváltozatban szereplő értékhez, amely még 20 cm vastag, kétsíkú kétirányú vasalással ellátott NSZ-NT betonból készült. A rendelkezésre álló szerkezeti vastagság alapján a hidak tervezett betonburkolat vastagsága 21 cm, így nem merültek fel sem hídszerkezet teherbírási, sem hossz-szelvény korrekciós problémák.

A csatlakozó folyópályán 26 cm vastag, hézagaiban vasalt betonburkolat épült. Az időközben jóváhagyott ÉME 1./2005 kiegészítése⁷, valamint az általunk megismert német, illetve osztrák előírások⁸ alapján a hidakon is a folyópályán alkalmazottal azonos vastagságú betonburkolatot kell tervezni, de indokolt esetben (teherbírás hiány, korlátozott szerkezeti vastagság, felújítás) a hidakon tervezhető a folyópályán tervezetnél vékonyabb betonburkolat, természetesen a vasalás szükségességének vizsgálatával, és az átmeneti szakasz különösen gondos kialakításával. Mindezek, valamint a vállalkozó által megadott diszpozíció alapján a hidak a 9. ábrán látható keresztmetszeten megadott rétegrenddel készültek.

A betonburkolat és az aszfalt védőréteg közé épített elválasztó réteg teszi lehetővé a betonburkolat független mozgását, illetve megakadályozza a tartószerkezettel való együttműködését. A vállalkozó igényének

⁷ ÉME 1.1./2005

⁸ ZTV Beton-StB 01; RVS 8S.06.32; RVS 15.365



9. ábra: Hídkeresztmetszet (tervező: CÉH Rt.)

megfelelően a folyópálya burkolatszélén kívül eső szakaszok többrétegű öntött aszfalt burkolattal készültek, így nem (vagy csak minimális mértékben) volt szükség kézi bedolgozású, betonburkolatú szakaszok készítésére.

5.3. Hosszmetszeti kialakítás

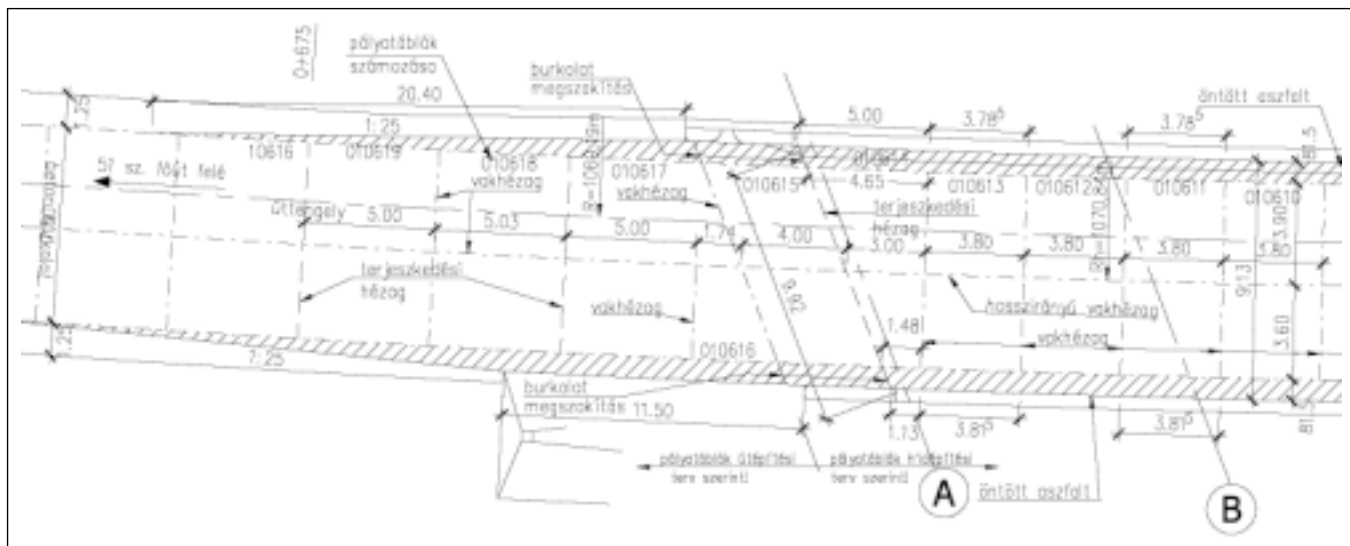
A hidakon a betonburkolat vastagsága állandó (21 cm), a kiegyenlítő lemez feletti szakaszon változó (21–30 cm), a csatlakozó folyópálya szakasz vastagságának megfelelően. A tervezés során törekedtünk annak megakadályozására, hogy a hídon lévő vékonyabb pályatáblák vagy a hídfők vízszintes irányú többletterhelést kapjanak a folyópálya pályatáblák esetleges feltorlódása következtében. Ennek megfelelően minden hídfő előtt a csatlakozó szakaszon legalább két, teljes keresztmetszetű, az útítengely irányára merőleges terjeszkedési hézag készült. Ezt a célt szolgálta a 4. pontban részletezett, a folyópályát lezáró, kivastagított pályatáblák kialakítása is. A felszerkezet végeinél támasztengely irányú terjeszkedési hézagok, a kiegyenlítő lemezek végeinél támasztengely irányú vakhézagok készültek.

A műtárgyakhoz való útpályaszerkezet csatlakozásánál a gyakorlatilag süllyedésmentes hídfő és a töltés között bizonyos mértékű alakváltozások kialakulása elkerülhetetlen. Tekintettel a merev pályaszerkezetre, a műtárgy környezetében levő pályatáblák kialakításához külön intézkedések voltak szükségesek. A talajmechanikus és útépítési tervezővel közös megfontolások alapján a következő megoldásokat terveztük:

- megnöveltük a $Trp \geq 95\%$ relatív tömörségű szemcsés háttöltés térfogatát (a kiegyenlítő lemez szélességével megegyező szélességű felületről indul);
- a földmű felső 1 m vastag rétegében $Trp \geq 97\%$ relatív tömörséget kellett elérni; a kiegyenlítő lemez alsó síkján $E_2 \geq 80 \text{ MN/m}^2$ teherbírást igazolni;
- a hídfő szerkezeti gerenda mögött georács erősítő réteg készült;
- megnöveltük a kiegyenlítő lemez vastagságát, és kétsíkú hálós vasalással láttuk el;
- a kiegyenlítő lemez felett nem készült földmű, csak CKt alapréteg és betonburkolat;
- a kiegyenlítő lemezek végei alatt süllyedésmérőket helyeztek el a burkolat esetleges süllyedéseinek észlelésére;
- a leendő kezelővel és a vállalkozóval folytatott egyeztetés alapján a hídfők mögött, a kiegyenlítő lemez alatt – a későbbiekben esetleg injektálható részeket lehatároló – vasbeton pengefalakat építettek, megkönnyítve ezzel a megsüllyedt pályatáblák eredeti szintre emelését injektálással. A pengefalakat a csatlakozó folyópálya szakaszon is beépítették a burkolatszélék alatt.

5.4. Táblatervek

A betonburkolat készítéséhez részletes pályatábla tűzési és vasalási tervek (10. ábra) készültek, ame-



10. ábra: Pályatábla terv részlet (tervező: CÉH Rt.)



11. ábra: Pályatáblák vasalása a 307/GY2 j. hídon

lyekben megadtuk az előre elhelyezett hézagvasalás és a hálós vasalás kialakítását is. A hosszirányú hézagok kiosztása megfelel a folyópályán tervezett kiosztásnak, a kereszt hézagok távolságát maximum 4 m-re vettük fel ($L < 20 d$).

Tekintettel a folyópályán tervezettnél kisebb lemezvastagságra, a ferde keresztelés miatt kialakuló hegyesszögű lemezsarkokra, valamint a hídon esetleg előforduló burkolati hibák javítási nehézségeire, a betonburkolat felső síkján $\varnothing 10/100/100$ mm-es hálós va-

salást terveztünk (11. ábra). Statikai számításunk szerint az üzemszerű járműterhelésből (115 kN-os tengelyteher), illetve a hőmérséklet-változásból keletkező igénybevételek nem indokolnák vasalás beépítését. A betervezett vasmennyiség ($12,3 \text{ kg/m}^2$) jelentősen nagyobb, mint a szabályzatok által a repedéstágasság csökkentésére előírt minimális 3 kg/m^2 , viszont indokoltnak tartottuk a bekezdés elején felsorolt okok miatt, kiegészítve azzal, hogy hazai tervezői, kivitelezői és üzemeltetői tapasztalat nem volt a korszerű betonburkolat építés terén.

A táblatervek készítésekor – az előregyártott hálós vasalás kezelhetősége miatt – alapvető megbírói igény volt a lehetőség szerint egyszerű, egységes táblaméret. Ez néhány ferde, íves alaprajzú hídnál csak közelítésekkel volt elérhető. Az egynyílású ferde patakhidaknál a keresztirányú hézagokat a teljes hídon támasztengely irányúnak terveztük. A hosszabb, többtámaszú hidaknál csak a felszerkezet és a kiegyenlítő lemez végeinél terveztünk támasztengely irányú kereszt hézagokat, a híd jelentős részén a hossz- tengelyre merőleges irányúak a kereszt hézagok. Így csak a hídfők környezetében alakultak ki a kedvezőtlen geometriájú, hegyesszögű, trapéz alakú táblák, és a hézagok hossza is rövidebbre adódott.



12. ábra: Betonburkolat építése a 307/B j. hídon

A hézagvágásokat és hézagzárásokat a folyópályán alkalmazott megoldáshoz hasonlóan alakítottuk ki.

5.5. Az építési állapot vizsgálata

Tekintettel a korábban általános gyakorlattól (aszfaltburkolat) eltérő burkolatépítési technológiára, indokolt volt a hidak felszerkezetének ellenőrzése építési állapotban, amelyet a Központi Közlekedési Felügyelet jóváhagyó határozatában is előírt. Az ellenőrzés során a teljes burkolatépítő géplánc által keltett terhelést figyelembe vettük a lehetséges építési szituációk alapján. Alapvető kérdésként merült fel a finiser tömörítő vibrátorai által keltett dinamikus hatások figyelembevétele.

A teherbírasi, illetve használhatósági szempontok szerint kritikusnak ítélt hidaknál végzett ellenőrző számításaink alapján a folyópálya jelentős részén burkolatépítést végző géplánc munkavégzését a hidakon elvetettük. (Megjegyezzük, hogy ez a géplánc a tervezett hálós vasalás elhelyezésére és a terjeszkedési hézagok elkészítésére sem bizonyult megfelelőnek a próbabetonozási szakaszok alapján.) A vállalkozó javaslata után két másik kisebb (~ 30 t önsúlyú) finiserre (12. ábra) is elvégeztük a számításokat, amelyek eredménye megfelelő volt.

A betonburkolatú hidak pályaszerkezetének tervezése – tekintettel az újszerű és technológiától függő megoldásokra – a mérnök és a fővállalkozó közreműködésével folyt. A hidakon a betonburkolat átvezetését végül is sikerrel megoldottuk (13. ábra). A hídépítési terveket a CÉH Rt. készítette a Speciálterv Kft. és a Nefer Kft. szakági altervezők bevonásával.

6. Környezetvédelem

Az M0 útgűrű teljes keleti szektorán belül az átadott szakaszra is – a környezetvédelmi terv részeként – átfogó monitoring terv (környezetvédelmi mérő- megfigyelő hálózat) készült, mely a kezdeti állapot felvételét követően meghatározza a további méréseket, illetve azok kiértékelésének módját, hogy az új út környezeti hatásait vizsgálni, illetve elemezni lehessen.

Ezen a szakaszon a környezetvédelmi engedély előírásait követve a következő környezetvédelmi beruházások valósultak meg:

- Zajárnyékoló fal: az M0–M5 csomópontjában, az M0 jobb oldali gyűjtő elosztó pályája, illetve eh-



13. ábra: Félig kész betonburkolat a 330 j. hídon

hez kapcsolódóan az „A” ág mentén és az M5 jobb oldali gyűjtő elosztó pályáján összesen ~1,2 km hosszban.

- Véderdő az M0–M5 autópálya csomópont „A” jelű ága mellett (DNy-i oldalon): ~1,2 ha telepített erdő került a meglévő erdőfoltok mellé.

7. Összefoglaló

A cikkben megpróbáltuk érzékeltetni azokat a speciális jellemzőket, amelyek a beton pályaszerkezet tervezését eltérővé teszik a korábban alkalmazott aszfaltburkolat tervezési elveitől. Megállapítható, hogy ebből a szempontból jelentős kihatása van az út geometriájára, ezért már a tervezés minél korábbi fázisában célszerű döntenie a burkolat típusáról.

A megvalósult betonburkolatú M0 szakaszon szerzett tervezési és kivitelezési tapasztalatok minden bizonnyal sikeresen felhasználhatók lesznek a további autópályák előkészítése és megvalósítása során.

Köszönetnyilvánítás

E cikk szerzői ezúton is szeretnének köszönetet mondani mindazoknak, akik a tervezési folyamatban részt vettek, illetve megbízói, hatósági, valamint kezelői oldalról a tervek készítését, jobbítását segítették és a tervezés során felmerült problémák megoldásában segítségünkre voltak.

Az M0 autópálya építése a 29,5 és a 42,2 km szelvények között

Bornemisza László¹ – Nagy Elek²

1. A betonburkolat ismét megjelenik a magyarországi gyorsforgalmi úthálózaton

Az M7, az első magyar autópálya, a 60-as években még betonburkolatú merev pályaszerkezettel épült. 1975-ben tértünk át az aszfaltburkolatú félmerev pályaszerkezetekre. A nehéz tehergépjárművek forgalmának erőteljes növekedése új problémával, a nyomvályúk keletkezésével szembesítette a pályaszerkezetek tervezőit és építőit. A nyomvályúk képződése jelentős problémát, forgalmi veszélyhelyzetet okoz akár a nyári, akár a téli útüzemben. Az Európai Unióhoz csatlakozva a forgalom növekedésével együtt az engedélyezett tengelyterhelés is növekszik az EU irányelveinek megfelelően. Ez fokozza a hagyományos kialakítású aszfaltburkolatokon a nyomvályúk keletkezésének a kockázatát. Ennek elkerülésére az európai gyakorlattal egyezően a hézagaiban vasalt betonburkolat alkalmazása, valamint a nagy modulusú modifikált aszfaltok használata jelentheti a megoldást.

A tehergépjárművek forgalmának növekedése miatt a félmerev pályaszerkezet aszfaltburkolatának nyomvályúsodása, tönkremenetele markánsan jelentkezett az M0 budapesti körgyűrű eddig megépített déli szektorában. A körgyűrű továbbépítésére a Nemzeti Autópálya Zrt. hézagaiban vasalt betonburkolat építésre írt ki 2003 végén pályázatot, elsőként a 29–42 km szelvények közötti szakaszra. A versenytárgyalást a Strabag Építő Részvénytársaság nyerte meg 2004–2005-re tervezett megvalósítással. A rendkívül nehéz forgalmi terhelési kategóriába sorolt útszakaszra tervezett merev pályaszerkezet felépítése a következő: 35 cm védőréteg, 15 cm helyszíni cementstabilizáció, 20 cm CKt-4 alapréteg, 26 cm hézagaiban vasalt betonburkolat (1. ábra).

A pályaszerkezet betonburkolatának építése 2005 májusában kezdődött, és a szakasz megépítése határidőre, 2005. november végére befejeződött, az elkészült autópályát 2005. december 17-én adták át a forgalomnak.

2. Az átadott autópálya-szakasz műszaki ismertetése

Az M0 autópálya szóban forgó, 12,7 km hosszúságú szakasza részben mezőgazdasági, részben erdőterületeken áthaladva az M5 autópályát köti össze a 4 sz. főút új, Üllőt és Vecsést elkerülő gyorsforgalmi kiépítésű szakaszával. A kivitelezési szerződést cégünk 2004. május 4-én írta alá a beruházó Nemzeti Autópálya Rt.-vel, de a tényleges munkavégzés csak augusztusban kezdődhetett meg, a szükséges engedé-

lyek kézhezvételét és a régészeti leletmentést követően. A téli hónapokat leszámítva a tényleges munkavégzésre fordított 12 hónap során mintegy 4 millió m³ anyagot (humuszt, töltésanyagot, kavicsot, betont) mozgattunk meg a pálya kialakításához.

A majdan 2×3 forgalmi sávokra bővíthető autópálya 2×2 forgalmi sávval és mindkét oldalon leállósávval épült ki az első ütemben. A 11 m széles elválasztó sávban a forgalom növekedésének függvényében lehetőség van a harmadik forgalmi sávok kiépítésére mindkét irányban. Az autópálya műtárgyai már ennek a későbbi bővítésnek megfelelően épültek meg.

A szakaszon az M5 és az új 4. sz. főút csatlakozásánál két teljes autópálya–autópálya csomópont, Gyál körzetében két mellékút–autópálya csomópont, valamint egy egyszerű pihenőhely épült meg.

A szakaszon 21 híd található. A nyomvonal négy vízfolyást, két vasútvonalat, valamint egy főutat és hét mellékutat keresztez. Az építés során 61 különféle közművezeték kicserélésére került sor.

A projektet a korszerű környezetvédelmi igények messzemenő figyelembevételével építettük meg, a többi között zajvédő létesítményeket valósítottunk meg a Némediszőlő felőli lovas tanya, illetve az Apró-tanya mellett. A nyomvonallal érintett ivóvízbázis védelme miatt valamennyi árkot burkoltuk, jelentős hányadban vízzáró kivitelben. Az árkok esetleg szennyezett vize csak olajfogó műtárgyakon keresztül juthat az élővízfolyásokba. A környezet rekultivációjával egyidejűleg 18 500 db fát és 320 000 cserjét ültettünk el.

3. A betonburkolat építése

A projekt különlegessége, hogy mintegy harminc év szünet után Magyarországon ismét betonburkolattal épült meg egy autópályaszakasz és annak két végcsomópontja.

A betonburkolat kivitelezésére a nemzetközi Strabag konzern irányításában létrehozott háromoldalú együttműködési megállapodást. Ennek alapján a pályaszerkezet kivitelezését fővállalkozóként a Strabag Rt. Nagy létesítmények Igazgatósága irányította.

A betonkeverék gyártását két darab, egyenként 3 m³-es BHS típusú betonkeverő végezte, amelynek tel-

26 cm	CP 4/3 jelű, hézagaiban vasalt betonburkolat
20 cm	CKt-4 cementstabilizációs utalap + bitumen emulziós permetezés
15 cm	Helyszíni cementstabilizációs réteg
35 cm	Védőréteg

1. ábra: Az M0 29–42 km szakaszának pályaszerkezete

¹ Okl. mélyépítő mérnök, gazdasági mérnök, Strabag Zrt., e-mail: laszlo.bornemisza@strabag.hu

² Okl. építőmérnök, Strabag Zrt., e-mail: elek.nagy@strabag.hu



2. ábra: A Wirtgen SP 1500 L burkolatépítő géplánc az M0 autópályán munka közben

jesítménye 103 m³/óra gépenként. A keverőtelepet az autópálya közvetlen közelében telepítettük, a telepet a Strabag Rt. Frissbeton Direkciója üzemeltette.

A Strabag AG. Hamburgi Útépitési Direkciójának Betonút-építési Igazgatósága végezte a betonburkolat kivitelezését. A munka kezdetekor ismerkedhettek meg a magyar szakemberek a Wirtgen gyártmányú bedolgozó géplánccal, amelynek prototípusát a 2004. évi Bauma kiállításon mutatták be, ennek megfelelően a legkorszerűbb gépek között tartják számon Európában (2. ábra).

A bedolgozó géplánc részei:

- Vezérgép a Wirtgen SP 1500 L csúszózsalsalú finiser, külön alsó- és felsőréteg építő paddal, a felsőréteg építéséhez adagoló tölcsérrel és átadó szalaggal;
- BS NBB utókezelő pad, gépi simítóval és párazáró réteg permetező berendezéssel, felületképzővel;
- CAT M318C hidraulikus kotró az adagolótölcsér etetéséhez.

A vezérgép két ütemben dolgozta be a betont – az alsó réteg 18 cm, a felső 8 cm vastag –, és alkalmas volt a keresztthézagok vasalásának és a hosszthézagok horgonyvasainak automatikus és pontos elhelyezésére. A keskenyebb sávok – csomóponti rámpák, üzemi átjárók, gyorsító és lassító sávok – kisebb géppel, a Wirtgen SP 500-zal készültek el.

A hidakon a betonburkolatot a főpályától eltérően 22 cm vastagságban és vasalt kivitelben építettük meg. Ennek a kivitelezésére a Walter cég saját fejlesztésű gépét alkalmaztuk, amelynek kisebb tömege és az általa keltett kisebb rezonancia nem okozhatott statikai problémát a hídszerkezetben.

Összegzésként az építés néhány főbb tapasztalata, tanulsága:

- Bár elszoktunk a betonburkolatú pályaszerkezet építésétől, mégsem állított minket megoldhatatlan feladatok elé. Ellenkezőleg, sok tekintetben egyszerűbb és gyorsabb a kivitelezés, mint aszfaltburkolat esetén.
- Fontos, hogy már a tervezés idején legyenek betonpályás tapasztalatok, mivel azt másként kell építeni és emiatt részleteiben másként is kell tervezni, mint az aszfaltburkolatot. Már a tervezéskor figyelembe kell venni a beépítőgép és a geometriai elrendezés sajátosságait. A tervező nem szentelhetett kezdetben kellő figyelmet erre a sajátosságra, hiszen aszfaltburkolatú útra szólt a megrendelés, és a közutak tervezési szabályzata is csak ilyen burkolatokat ismert. Az ebből adódó problémákat különösen gondos együttműködéssel oldottuk meg.
- Egy izgalmas „régí – új” építési módot próbáltunk ki, és reméljük, sok ilyet fogunk építeni, mert hatékony alternatíva az aszfaltburkolatú félmerev pályaszerkezet mellett.

Kvázi-dinamikus hálózati ráterhelési eljárás átmeneti igény-mátrixokkal

Quasidynamic Network Assignment Procedure with Transient Demand Matrices
T. Tsekeris, A. Stathopoulos
Journal of Transportation Engineering 2005. 2.
p. 89-100, á:6, t:2, h:25.

A dinamikus forgalmi modellek a hálózati terhelést az adott forgalmi helyzet figyelembe vételével határozzák meg. A dinamikus ráterhelések három csoportra oszthatók: a dinamikus rendszer-optimum a teljes hálózati utazási költség minimumát keresi, a követő dinamikus használó-optimum feltételezi, hogy minden vezető mindig az éppen adott legrövidebb eljutási idejű útvonalat választja célja eléréséhez, az előrebecslő dinamikus használó-optimum figyelembe veszi a jövőben várható forgalmi körülményeket az útválasztás során, ezzel az ideális utazási idő minimumát keresi. A cikk egy szimulációs alapú kvázi-dinamikus követő használó-optimumon alapuló ráterhelési eljárást ismertet. A nagy kiterjedésű városi úthálózatokon a használók útválasztási viselkedése menet közben is változik. Ezt a jelenséget rendszeres időközönként újraszámolt átmeneti igény-mátrixokkal jellemzik. Az eljárás alkalmas lehet a valós idejű útválasztási tanácsadó navigációs rendszerek hatásainak on-line megfigyelésére mind elméleti, mind reális városi úthálózati gyakorlati körülmények között. A modell teljesítőképességét értékelték a honnan-hová igénymátrix felosztásától, az átmeneti igény-mátrixok újraszámolási idejének gyakoriságától és a teljes utazási igény nagyságától függően. A szimulációs eredmények igazolják az optimális útvonalra vonatkozó dinamikus információ kedvező hatását a hálózati teljesítmény alakulására. Az információ megújításának időközét 30 és 5 perc között változtatva az elérhető előnyök a hálózati torlódás mértékével arányosan növekednek. Az alkalmazott módszer megfelelő elméleti háttere mellett kisebb számítás-igényével a gyakorlatban jól alkalmazható, amint azt egy több mint 500 csomópontból álló valós athéni úthálózati példán szemléltetik.

G. A.

Aktív figyelmeztető rendszerek – áttekintés

Active Warning Systems: Synthesis
Virginia P. Sisiopiku, John R. Elliott
Journal of Transportation Engineering 2005. 3.
p. 205-210. á:-, t:-, h:29.

Az aktív figyelmeztető rendszerek olyan forgalomtechnikai eszközök, melyek változtatható jelzésképű táblákkal vagy villogó jeladókkal kiegészített hagyományos figyelmeztető jelzésekből állnak. Ezeket a rendszereket általában érzékelők aktiválják, és valamely valós idejű út menti, környezeti vagy működési veszélyre hívják fel a figyelmet. A jelenleg alkalmazott aktív figyel-

meztető rendszerek többsége a változó időjárás helyzetre és burkolat állapotra utal, a rövid látótávolságra, ködre, hidakon előforduló jegesedésre vonatkozó figyelmeztetést ad. Működnek olyan rendszerek is, melyek a nagy kockázatú járműsebességeket jelzik, vagy más járművek, gyalogosok, esetleg vadállatok jelenlétére utalnak. Gyalogos átkelőhelyek környezetében hatékony a burkolatba telepített sárga villogó jeladó sor, melyet a gyalogos közeledése vagy bejelentkezése hoz működésbe. Egyes aktív figyelmeztető rendszerek csak meghatározott járműcsoportok, például nagy tehergépkocsik számára adnak jelzést, adott esetben egy lejtő alján elhelyezkedő kis sugarú ívben ajánlott sebességhez képest megmutatva a jármű aktuális sebességét. Az intelligens közlekedési rendszereken belül az ilyen és hasonló változó természetű veszélyek érzékelése, valamint a figyelmeztetés továbbítása a jármű illetve az út üzemeltetője felé fontos alkalmazási területet jelent. A legtöbb aktív figyelmeztető rendszer viszonylag új, ezért teljesítményükről még nem állnak rendelkezésre hosszú távú adatok. E rendszerek tesztelését és értékelését folytatni kell, hogy előnyeiket megalapozottan bizonyíthassák a közúti forgalombiztonság és forgalomszervezés számára. A cikk áttekintést ad a jelenleg működő aktív figyelmeztető rendszerekről, foglalkozik telepítési követelményeikkel és lehetséges előnyeikkel, melyeket az értékelő tanulmányok eredményeire és javaslatára alapoz.

G. A.

Teljesítmény-alapú hajlékony pályaszerkezet megerősítés tervezési modellek

Performance-Based Models for Flexible Pavement Structural Overlay Design
Khaled A. Abaza
Journal of Transportation Engineering 2005. 2.
p. 149-159. á:7, t:5, h:21.

A hajlékony pályaszerkezet teljesítménye, azaz a leromlás alakulása fontos tervezési jellemző, amint azt már régen felismerték. A leromlás időbeli alakulását a rendszeres időközönként elvégzett, az útburkolat felületének állapotát értékelő vizuális vizsgálat jellemzi. Minden egyes pályaszerkezetre előállítható egy teljesítmény-görbe, amely megmutatja a felületállapot kapcsolatát az építés óta eltelt idővel és az átadás óta lefutott, egységtengelyre átszámított, összegzett forgalmi terheléssel. A cikkben ismertetett hajlékony pályaszerkezet megerősítés tervezési modelleket a leromlási teljesítmény-görbe paramétereiből állították elő, és használatukkal megadható bármely jövőbeli időpontra a megfelelő megerősítési rétegvastagság. Az elvi alap a meglévő pályaszerkezet használati idővel arányos teljesítmény csökkenésének, teherbírás veszteségének kompenzálása. Ez a megközelítés lényegében hasonló a mechanikai megerősítés tervezési módszerekhez, ame-

lyek egy meghatározott teherbírási jellemző csökkenését ellensúlyozzák, például a széles körben használt behajlás mérésen alapuló módszer. A kompenzációt igénylő teljesítmény csökkenést tehát a megfelelően megválasztott leromlási görbe jellemzői határozzák meg. Ezeket a jellemzőket a megfelelő relatív teherbírás jellemzőkké átalakítva azokból már számítható a szükséges erősítő réteg vastagsága. A cikkben bemutatott relatív teherbírás jellemzők az AASHTO (Amerikai Állami Közúti és Közlekedési Tisztviselők Szövetsége) hajlékony pályaszerkezet tervezési módszerében használt szerkezeti szám és a Kalifornia Állam Közlekedési Minisztériuma által használt homokos kavics egyenérték tényező. A javasolt modellek alkalmazhatóságát valós adatokból kiinduló számítási példákon mutatja be a cikk.

G. A.

A baleseti valószínűség valós idejű becslése a forgalombiztonság javítására

Real-Time Estimation of Accident Likelihood for Safety Enhancement

Jun-Seok Oh, Cheol Oh, Stephen G. Ritchie, Myungsoon Chang

Journal of Transportation Engineering 2005. 5. p. 358-363. á:6, t:2, h:19.

A közlekedésbiztonsági kutatások többsége a korábbi adatok elemzésén alapul. A cikkben ismertetett módszer ezzel szemben valós idejű autópálya forgalmi adatokból kiindulva olyan forgalmi helyzeteket azonosít, amelyek közúti baleset kialakulásához vezethetnek. A valós idejű információkból nyerhető baleseti valószínűségek alkalmasak az intelligens közlekedési rendszerekben való közvetlen felhasználásra. A forgalmi helyzet befolyásolásával a baleset megtörténnének esélye mérsékelhető. Az alkalmazott módszer a balesethez vezető forgalmi körülményeket vizsgálja, és nemparaméteres Bayes-moddal becsüli a valós idejű baleseti valószínűséget. A három alapváltozó, a forgalom nagyság, a sebesség és a forgalomsűrűség 5 perces átlagértékeit és szórásait elemezve azt találták, hogy a sebesség szórásának alakulása a legalkalmasabb a baleseti valószínűség meghatározására. A balesetek bekövetkezése előtti zavart forgalmi helyzetben ugyanis a sebesség szórása lényegesen eltér a normál forgalmi helyzetekben tapasztalhatótól. A sebesség szórásának sűrűségfüggvényét nemparaméteres becsléssel állapították meg a normál és a zavart forgalmi helyzetekre. A kaliforniai I-880 autópályán mért tényleges adatokra alkalmazva a módszert jól kimutathatók a magas baleseti valószínűségű forgalmi helyzetek, melyek némelyikében ténylegesen be is következett baleset. Célszerű egy figyelmeztető szint meghatározása, melyet meghaladó baleseti valószínűség esetén a forgalom alakulását befolyásoló, a sebességek eltéréseit csökkentő figyelmeztető jelzést érdemes megjeleníteni. A vizsgált autópálya adatokkal ez a szint 0.001 értékre adódott, ami a teljes üzemidő 17%-ában igényelne figyelmeztető jelzést, és ezzel az összes baleset 46%-a lenne megelőzhető. G. A.

Az előttünk álló út + Közlekedésbiztonsági információk gyűjtése zavaros vizekben

The Road Ahead + Fishing for Safety Information in Murky Waters

Ezra Hauer

Journal of Transportation Engineering 2005. 5. p. 333-344. á:4, t:-, h:18.

A Journal of Transportation Engineering közlekedésbiztonsággal foglalkozó célszámának bevezetéseként Ezra Hauer professzor, a szakma egyik legelismertebb tekintélye két rövidebb cikkben foglalta össze nézeteit. Az első cikk a közlekedésbiztonság jövőképevel foglalkozik. A múltban a közlekedésbiztonságot érintő döntések gyakran intuitív módon és a korábbi gyakorlat szempontjai alapján születtek. Napjainkban a tényekre alapozott racionális, tudományos szemléletmód elterjedőben van, ehhez azonban megfelelő szakemberekre és képzésre van szükség. Versenyképes kutatói hálózatot kellene létrehozni, mert a szerző véleménye szerint a kutatások jelenlegi (USA-beli) irányítási rendszere erre kevésbé alkalmas. A jövőben a tapasztalati tényeken alapuló döntéseket jól képzett, kreatív közlekedésbiztonsági kutatók alapozhatják meg. A második cikk a közlekedésbiztonsági publikációkban előforduló gyakori hibákra hívja fel a figyelmet. Az egyik ilyen hiba az átlaghoz való visszatérés (regression to mean) figyelmen kívül hagyása az előtte-utána baleseti adatok elemzésénél. A kiugróan magas baleseti számot mutató helyeken általában az átlaghoz való visszatérés statisztikai törvényszerűsége miatt beavatkozás nélkül is csökkenne a balesetek száma. Ha a beavatkozás értékelésénél ezt nem veszik figyelembe, túlbecsülhetik a beavatkozás hatását. A másik hiba a statisztikai jelentőség hangsúlyozása olyan esetekben, amikor valójában csak egy becsülhető változásról van szó. További jellegzetes hiba az elemzések során alkalmazott függvény alakok helytelen megválasztása. Ha például az adatok vizsgálata valamilyen helyi minimumra utal, de az elemzéshez monoton függvényt választanak, akkor téves következtetésekre juthatnak. A megoldás a szakfolyóiratokban megjelenő szakkikkek komolyabb lektorálása lehet.

G. A.

Gyalogos keresztezések szimulációja körforgalmak térségében

Exploratory Simulation of Pedestrian Crossings at Roundabouts

Nagui Roupail, Ron Hughes, Kosok Chae

Journal of Transportation Engineering 2005. 3. p. 211-218. á:8, t:5, h:22.

Napjainkban a közúti létesítmények gyalogos keresztezése előtérbe került, különös tekintettel a vak vagy látáskorlátozott gyalogosokra. A jelenlegi USA-beli hivatalos javaslat szerint a vak gyalogosok számára minden esetben, így körforgalomban is jelzőlámpás átkelési lehetőséget kell biztosítani. A cikkben bemutatott kutatás célja a járművek követési időköz elfoga-

dásának vizsgálata körforgalmak térségében mind a látó, mind a vak gyalogosok viselkedését elemezve. A párhuzamos kutatás eredményeit egy mikroszkopikus szimulációs modellbe integrálva a gyalogosok és a járművek mozgása a körforgalomban értékelhető. Ilyen módon mennyiségi mutatókkal jellemezhető a keresztező gyalogosok viselkedésének hatása a járműforgalomra és a járművek által okozott gyalogos késedelem. A szimulációs modellel különböző gyalogos keresztezési lehetőségek vizsgálhatók a körforgalom térségében. A szimuláció eredményei arra utalnak, hogy a gyalogos késedelem a járműforgalom növekedésével nemlineáris módon nő. A körforgalom belépő illetve kilépő ágának keresztezésekor a látó gyalogosok késedelmében csak kis különbség mutatkozott, a vak gyalogosok esetében azonban a kilépő ágon jelentősebb késedelmeket tapasztaltak. A gyalogos keresztezések elhelyezését több változatban elemezve azt találták, hogy a körforgalom előtt vagy után külön elhelyezett gyalogos vezérlésű jelzőlámpás keresztezés a vak gyalogosok számára a legmegfelelőbb, mert hasonló késedelmet eredményez, mint a látó gyalogosok esetében a körforgalom belépő ágának becsatlakozásánál elhelyezett középszigetes jelzőlámpa nélküli keresztezés. A körforgalom után elhelyezett keresztezés esetében további vizsgálatot igényel a járművek esetleges torlódásának visszahatása a körforgalom kilépő ágára.

G. A.

Baleseti kockázati függvények hierarchikus Bayes-bebecslése kétsávos utakon Markov-láncos Monte Carlo modellezéssel

Hierarchical Bayesian Estimation of Safety Performance Functions for Two-Lane Highways Using Markov Chain Monte Carlo Modeling
Xiao Qin, John N. Ivan, Nalini Ravishanker, Junfeng Liu
Journal of Transportation Engineering 2005. 5. p. 345-351. á:2, t:4, h:11.

A kockázatelemzés egyik kritikus része a kockázatnak való kitettség értékelése. A közelmúlt közlekedésbiztonsági kutatásai megmutatták, hogy a közúti balesetek száma és a közúti forgalom nagysága közötti összefüggés nem lineáris, ezért az előbbi két adatból számítható egyszerű baleseti ráta nem alkalmas a különböző forgalomnagyságú szakaszok biztonságának összehasonlítására. A probléma megoldására a cikk új megközelítést alkalmaz. A baleseteket típuscsoportokra bontják, melyek: az egy járműves, a több járműves azonos irányú, a több járműves ellentétes irányú és a több járműves keresztező irányú balesetek. Minden baleseti típuscsoportra külön-külön határozzák meg az adott helyszín forgalmától függő kockázati mutatót, amelyet egy típuscsoporton belül lineárisnak tételeznek fel. A cikk szerzői négy USA állam (Michigan, California, Washington és Illionis) baleseti adatait elemezték az adott útszakaszok fizikai jellemzőinek figyelembe vételével. Az elemzés mód-

szere a zérus-érték eltérő nagyságrendjét leíró Poisson regressziós modell, melyet hierarchikus Bayes-bebecslés keretébe ágyaztak be. Markov-láncos Monte Carlo modellezéssel meghatározták, hogyan függ a balesetek száma az átlagos napi forgalom, az útszakasz-hossz, a sebességhatár, a forgalmi sáv és padka szélesség jellemzőitől. Azt találták, hogy a kapcsolat a balesetek száma és az átlagos napi forgalom között nem lineáris, és minden baleseti típus-csoport esetében lényegesen eltér a balesetek száma és a szakasz-hossz közötti kapcsolattól. Nem célszerű tehát a baleseti kockázatot a forgalmi teljesítményre (járműkm-re) vetítve megállapítani és összehasonlítani. Az egyes baleseti típus-csoportok kockázati függvényeinek különbözőségét statisztikai módszerekkel igazolták.

G. A.

A közúti biztonságot segítő döntéstámogató rendszer fejlesztése

Development of Decision-Support System for Managing Highway Safety
Athanasios P. Chassiakos, Christina Panagolia, Dimitrios D. Theodorakopoulos
Journal of Transportation Engineering 2005. 5. p. 364-373. á:3, t:4, h:25.

Görögországban az útfenntartás korábban nem foglalkozott megfelelően a biztonság kérdésével. Egy döntéstámogató rendszert fejlesztettek ki, mely az útfenntartó szervezeteket segíti a biztonságot érintő beavatkozások igazolásában és a megfelelő forráselosztásban. A rendszer a baleseti jellemzők alapján javaslatot tesz a fenntartási beavatkozások sorolására, és az adott biztonsági kockázatot figyelembe véve megadja a szükséges intézkedéseket. Az alap adatbázis tartalmazza a baleseti jellemzőket, az út és környezete adatait, valamint a fenntartási beavatkozásokat. Ez utóbbiakon nem csak a hagyományos burkolati beavatkozásokat (kátyúzás, felületi bevonat, csúszásellenállás-javító réteg stb.) értik, hanem ide tartoznak a geometriai javítások (sávszélesítés, túlelemelés javítás, csomópont átépítés) és az üzemeltetési jellegű tevékenységek (jelzések és festések, világítás, akadálymentesítés, vízelvezetés, korlátok fenntartása, jelzőlámpa telepítés, gyalogos keresztezések) is. A rangsorolást a baleseti és a súlyossági mutatók szerint végzik, emellett számításba veszik egy adott baleset típus gyakori előfordulását is. A javasolt intézkedések egy szakértői adatbázisból származnak, amelyet a korábbi tapasztalatok és szakemberek értékelése alapján állítottak össze. A rendszer által javasolt beavatkozások hatékonyságát előtte-utána vizsgálattal lehet elemezni, és az eredményeket vissza lehet csatolni a szakértői adatbázisba. Az adatbevitel és az eredmények megjelenítése felhasználó-barát módon történik. Az elemző eszközöket részben a baleseti sűrűsödési helyek meghatározására, részben előtte-utána értékelésre lehet használni. A cikk egy 140 km hosszú kétsávos főút példáján mutatja be a döntéstámogató rendszer alkalmazhatóságát.

G. A.

Az M0 keleti szektorának 29+500–42+200 km sz. közötti szakaszán épített betonburkolat technológiai sajátosságai

Kettinger Ottó¹ – Pécsi Zoltán²

1. Bevezetés

Az M0 útgűrű keleti szektorának első szakasza betonburkolatú merev útpályaszerkezettel épült. A hézagokban vasalt 26 cm vastag betonburkolat építése nagy kihívást jelentett mind a megrendelő (NA Rt.), mind a mérnök (Utiber Kft.), mind a kivitelező (Strabag Rt.), mind az építkezésen a minőségellenőrzéshez szükséges méréseket végző laboratóriumok (ÁKMI, KTI, H-TPA, Sztrádateszt, Mérföldkő Kft.) számára. A kihívás oka maga a tény, hogy több mint 30 év után aszfalt helyett újra betonból készült egy közúti pályaszerkezet burkolata. Ezt a döntést a megrendelő azért hozta meg, mert az **R** forgalmi terhelésű kategóriába³ tartozó M0 déli szektorának üzemeltetése során bebizonyosodott, hogy az aszfaltburkolat balesetveszélyes deformációk kialakulása nélkül (nyomvályúk) nem viseli el az intenzív nehézforgalom keltette igénybevételt.

2. A betonburkolat építése

A betonburkolat építésének technológiai sajátosságait az alábbi témák köré csoportosítva mutatjuk be:

- Alapréteg, mint fogadófelület
- Betonkeverék
- Kitűzés
- Burkolatépítés (betonkeverék beépítése, hézagvasalás, felületképzés és utókezelés)
- Vasalt hézagok kialakítása

2.1. Alapréteg mint fogadófelület

A megépült pályaszerkezet felépítése

- 26 cm hézagaiban vasalt betonburkolat CP 4/3-35-kk jelű betonból,
- 20 cm CKt-4 jelű, bitumenemulzióval utókezelt alapréteg.

A földmű pályaszerkezetet fogadó felületén az előírt $E_2 \geq 80$ mPa teherbírás elérése és konzerválása végett a földmű legfelső rétege 50 cm szemcsés védőréteget kapott, aminek felső 15 cm-ét helyszíni cementstabilizációval kellett a terv szerint megerősíteni.

A CKt-4 alapréteg annyiban különbözik a gyorsforgalmi utakra tervezett félmerev aszfaltburkolatú pályaszerkezetek alaprétegétől, hogy itt kraftolással előállított hézagolás nem volt előírva, viszont a réteget a betonburkolatot beépítő gép lánctalpának szélességével szélesebbre kellett építeni, és a felületén elerendő geometriai pontosság szigorúbb követelményű.

¹ Okl. közlekedésepítő mérnök, főtechnológus, Strabag Rt., e-mail: otto.kettinger@strabag.hu

² Okl. geológus, betontechnológiai szakmérnök, területi igazgató Strabag Rt., e-mail: zoltan.pecsi@strabag.hu

³ F100>30x10⁶

Az előírások ugyan mind a CKt-4 szintjére, mind a CP 4/3-kk betonburkolat pályaszintjére +/-20 mm túrést engednek meg, a betonburkolat vastagságának túrése viszont 0 cm, tehát a tervezettnél vékonyabb nem lehet. Ehhez a megszokottnál szigorúbb kitűzést, beépítést és építés utáni ellenőrzést kellett végeznünk, pontosabban az eddig használt 20 m-es keresztmetszében való geodéziai felmérésnél. Ennek az igénynek úgy tettünk eleget, hogy az alapréteg teljes felületét a betonburkolat építés előtt felmértük 3 dimenziós lézercscannerrel, így megkaptuk a réteg felületének milliméteres pontosságú „domborzati térképét”. Ennek ismeretében meg tudtuk határozni azt a kitűzendő beton pályaszintet, amely az előírt túréseken belül van, de követi az alapréteg felületének esetleges magassági változásait, illetve meg tudtuk határozni (szerencsére csak két rövid ilyen szakasz volt) a beavatkozásra ítélt (lecsiszolandó) felületeket.

Így elértük, hogy a beton vastagság mindenütt megfelelő volt, túlzott vastagságok nem adódtak. Ez egyrészt növelte volna a költségeket, másrészt káros feszültségcök kialakulásához vezetett volna.

2.2. A betonkeverék

A betonburkolat anyagának a CP 4/3-35-kk beton követelményeit teljesítő és a választott burkolatépítő géppel beépíthető frissbetonnak kellett lennie. Mivel beépítőgépként csak a csúszózsálas típus jöhetett szóba, viszont a keverék próbagyártásakor a pontos géptípus még nem volt ismert, a keveréknek több kritériumot kellett egyszerre teljesítenie:

- Elég képlékenynek kellett lennie a jó bedolgozhatósághoz és felületképzéshez.
- Szélrokkadás nem lehetett.
- A víz/cement tényező nem lehetett nagyobb 0,42-nél.
- Tartania kellett az előírt légpórus tartalmat úgy, hogy a megszilárdult beton szilárdsági előírásai mellett a távolsági tényező értéke is megfelelő legyen.

A betonkeverék tervezését az alapanyagok kiválasztásával kezdtük. Az alkalmassági vizsgálathoz kétféle cementet, két gyártótól származó adalékszert (légpórus-képző és folyósító), háromféle homok és öt zúzottkő frakciót használtunk fel. Ezekből 12 különböző keveréket terveztünk és vizsgáltunk meg.

A próbakeverések során készített próbatestek szilárdsági eredményei alapján elfogadott betonkeverék (1. táblázat) bedolgozhatóságát az időközben megérkezett burkolatépítő géppel kétszer 300 m-es próbaszakaszon próbáltuk ki. A próbaszakasz építéskor egyértelműen kiderült, hogy bár a keverék szilárdsági

1. táblázat
Az elfogadott keverékterv

Adalékanyagok	m%
OH 0/4	28
UKZ 2/5	14
UKZ 5/12	13
UKZ 12/20	27
UKZ 20/35	18
Cement: CEMII/A-S 42,5(DDCM), 350 kg/m ³ V/C=0,41	
Adalékszer	
Air202 légpórusképző	0,4%
MPFK88 folyósító	1,0%

jellemzői, víz/cement tényezője, légpórus tartalma és konzisztenciája megfelelt az előírásoknak, nagyon nehezen volt bedolgozható. A végleges változat eléréséig további finomításokra volt szükség a cementmennyiség és a finomrész-tartalom tekintetében.

További követelmény volt, hogy az előírt tulajdonságú keveréket a burkolatépítő gép folyamatos haladása által megkívánt megfelelő mennyiségben és minőségben a beépítés helyén kellett biztosítani. Ehhez folyamatosan ellenőrizni kellett a keverőtelepen és a beépítés helyén az előírt frissbeton paramétereit (v/c, légtartalom, konzisztencia stb.) azért, hogy az aktuális beépítési naphoz tartozó szállítási távolsághoz és időjárási viszonyokhoz illeszkedő betonkeveréket adjon ki a betonkeverő telep.

Néhány szó a légpórus-tartalmat leíró távolsági tényezőről. A megszilárdult beton faggyal szembeni ellenálló képességét nem fagyasztási vizsgálattal, hanem a szilárd betonban elhelyezkedő (300 mikronnál kisebb) légbuborékok mikroszkóp alatt vizsgált és szá-

2. táblázat
A véglegesített keverékterv

Adalékanyagok	m%
OH 0/4	28
UNK 2/5	13
NZ 5/12	14
NZ 12/20	20
NZ 20/35	25
m= 7,15	
U= 49,38	
A-I= 0,0%	
Cement: 380 kg/m ³	
Ha a várható legnagyobb napi hőmérséklet	
• 15 °C alatt marad, akkor CEM II/A-S 42,5,	
• 15 °C fölé emelkedik, akkor CEM II/B-S 32,5 R.	
V/C = 0,38	
Adalékszer	
CEM II/B-S 32,5 R esetén:	
Air202 légpórusképző	0,4%
MPFK88 folyósító	0,6%
CEM II/A-S 42,5 esetén:	
Air202 LP-képző	0,5%
MPFK88 folyósító	0,8%

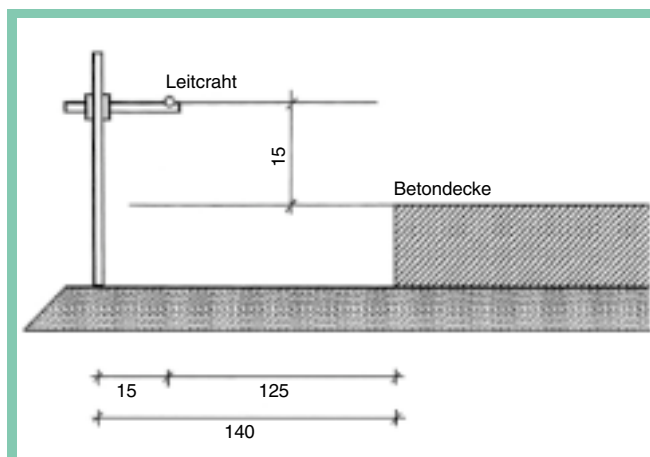
molt elhelyezkedését bemutató távolsági tényező értékkel határozzuk meg. Ha ez kisebb, mint 0,22 mm, a beton fagyálló lesz. A buborékok számának és méretének befolyásolására a légpórusképzőszer adagolása és a beton keverési idejének változtatása az eszköz, de a buborékok száma és mérete függ a beépítési hőmérséklettől, valamint a szállítási időtől is. Elmondhatjuk, hogy fáradozásaink sikeresek voltak, hiszen a betonkeveréket előállító Frissbeton Kft.-nek az M0 munkáihoz vásárolt 2 db, egyenként 105 m³/óra névleges teljesítményű, Schwing-Stetter Baumaschinen gyártmányú keverőgéppel sikerült az előírt paramétereket kielégítő szélrozkadás nélküli, bedolgozható betonkeveréket (2. táblázat) előállítani, és nekünk a beépítéshez kiszállítani.



1. ábra: A pálya vízszintes és magassági vonalvezetését a burkolatépítőgép számára rögzítő referencia huzal

2.3. Kitűzés

Ez a művelet már burkolatépítőgép-specifikus. A legfontosabb sajátosság, hogy a vezető huzal, amiről a burkolatépítő-gép érzékeli az adatokat letapogatják, nemcsak a magassági, hanem a vízszintes vonalvezetés adatait is megadja. Így a kitűzést különös gondal kell elvégezni. Ezt 10 m-enkénti zászlózással, 5 m-enként besűrítve végeztük el (1. és 2. ábra). A huzalt láncos csigasorral feszítettük; naponta többször ellenőriztük, szükség esetén utánfeszítettünk.



2. ábra: A referenciahuzal kitűzési vázlatja

2.4. Szállítás

A betonkeverék szállításához nyitott, íves keresztmetszetű billenőszekrényes teherautókat alkalmaztunk. A billenőszekrény csak acélból lehetett. A járműgyártók által előnyben részesített könnyű alumíniumötvözetből készített billenőszekrények azért nem használhatók a beton szállításához, mert az esetleg kialakuló alumíniumforgács kémiai reakcióba léphet a cementtel.

2.5. Burkolatépítés

A betonburkolat építéséhez használható gépek legfontosabb tulajdonságait az MF-ÉME 1/2004. számú építőipari műszaki engedély szabályozza. Olyan gépet kellett kiválasztani, amely a lehető legnagyobb szélességű beépítést (előző, haladó, leálló, esetleg lassító, gyorsító sávokat együtt) tudja úgy elvégezni, hogy a hossz- és keresztirányú vasakat automatikusan elhelyezi, ugyanakkor biztosítja a megfelelő felületképzést és utókezelést is. A munkaszélesség megváltoztatásához tetszés szerint különböző szélességek állíthatók össze, de tudni kell, hogy az átszerelés több napot is igénybe vehetett. A vibrátorok, illetve a hégzagvasakat elhelyező automaták miatt az aszfaltfinisereknél megszokott hidraulikus „padszélesítés” itt nem alkalmazható. Ezt a pályaépítés tervezéskor is figyelembe kellett venni, és a lehető legkevesebb szélességi változtatással kellett a pályát kialakítani.

Mindezeket figyelembe véve a főpálya burkolatának építéshez a Wirtgen gyártmányú SP 1500 L típusú burkolatépítő gépre, a hozzá tartozó TCM 1600 típusú felület- és utókezelő munkapadra⁴, a kis szélességű pályarészek (csomóponti ágak, lassító- gyorsító-sávok) építéséhez pedig az SP-500-as, ugyancsak Wirtgen gyártmányú csúszó-zsalus betonfiniserre esett a választás a Strabag Konzern betonburkolat építő igazgatósága készletéből.

Az SP 1500 L típusú burkolatépítő gép (3. ábra) egy alsó és egy felső betonréteg beépítésére szolgáló, egymástól különálló finiserből áll. A géplánc kétrétegű, 5,00 – 16,25 m beépítési szélességű és 45 cm vas-



3. ábra: A Wirtgen SL-1500-as betonburkolat építő géplánc

⁴ A repülőtér építésekhez a 80-as években Magyarországon használt, csúszózsalus és formasines beépítésre egyaránt alkalmas CMI géplánc felépítése sok tekintetben hasonló volt ezekhez



4. ábra: A felsőbeton anyagát adagoló segédgép

tagságú betonburkolat előállítására alkalmas. Mindkét egység hidraulikus hajtóművel van felszerelve. Az alsóbeton finisert két, a felsőbeton finisert négy láncalappal ellátott jároműre szerelték fel a betonburkolat állandó felület-egyenletessége, illetve a finiser stabilitásának fokozása érdekében.

Az elől dolgozó alsóbeton finiserhez a betont billenőszekrényes 25 t hordképességű teherautókkal szállítottuk. A finisher elé leborított betonkeveréket elsődlegesen egy hidraulikus kotró osztotta el. A betonkeverék egyenletes elosztását a finisher elosztólapátja végezte. A felsőbetonhoz szükséges betonkeveréket egy adagoló tölcserből és szállítószalagból álló segédgép juttatta el az alsóbeton finisert követő felsőbeton finiser elé (4. ábra). A felsőbeton betonjának egyenletes elosztását itt is elosztólapát végezte (5. ábra).

Mind az alsó-, mind a felsőbeton finiseren a beton tömörítését tűvibrátorok végezték. Az alsóbeton finisernél a tűvibrátorok 33 cm-enként a pálya hossz tengelyével párhuzamosan, a vízszintessel kb. 15°-os szöget bezárva voltak elhelyezve. A felsőbeton finisher tűvibrátorai 50 cm-enként a pálya hossz tengelyére merőlegesen vízszintesen vannak elhelyezve. Az alsó-



5. ábra: A felsőbeton anyagát elosztó géplapát



6. ábra: A kereszthézagvasak beemelése

és felsőbeton vibrátorok teljesítmény-paraméterei: 110 V, 220 Hz, 540 Kp, 12 000 fordulat/perc.

2.6. A vasalt hézagok vasainak elhelyezése

A kereszthézagok teherátadó vasainak elhelyezésére szolgáló automatát az alsóbeton finiser hátoldalán találjuk. A kereszthézag vasak kötegelve (6. ábra) kerültek a gép két oldalán felszerelt daru segítségével a vasbehelyező automata tárolódobjába, ahonnan a láncos behordó szállította őket a megfelelő helyre. A hosszhézag horgonyvasakat szintén a darukkal emelték be a hosszhézag-horgonyokat elhelyező automata tárolójába. A horgonyvasak kötegelve, párnafákra helyezve voltak előkészítve a munkaterület két oldalán a beépítési mennyiség szerinti elosztásban.

2.7. A burkolatfelület kialakítása

A csúszózsalsus finiserekből álló géplánc a burkolat lemezét végleges méretre helyezi el. A finiser után



7. ábra: Az alsóbetonba bevibrált kereszthézagvasak nyoma a közbenső betonfelületen



8. ábra: A hosszhézag horgonyvasakat elhelyező automata

kapcsolt kereszt-simító a betonfelületen keletkezett milliméteres egyenetlenségeket elsimította. A hézag- és hullámmentes felület kialakítása akkor a legmegfelelőbb, ha a kereszt-simító előtt építés közben egy kis átmérőjű „habarcs hurka” képződik folyamatosan (9. ábra). A hosszsimító körkörös mozgása gondoskodott a sima és zárt felületről. A kereszt- és hosszsimítók együttes alkalmazása a követelményeknek megfelelő felületet garantált. Kézi utómunka csak a hosszsimító által nem elérhető széleken volt szükséges (10. ábra).



9. ábra: A második finiser felületképző simítótagja



10. ábra: Kézi felületképzés

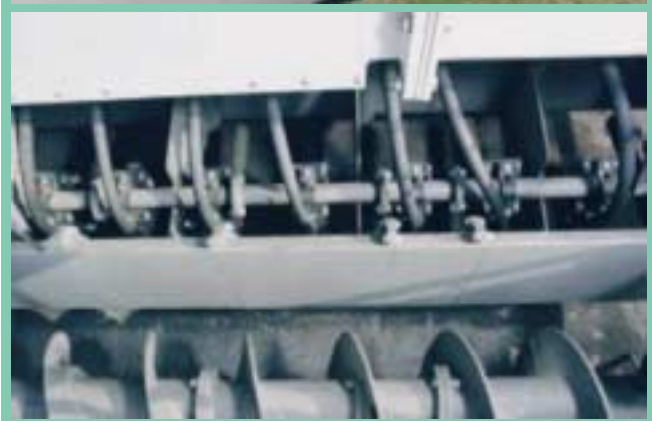


11. ábra: Az utókezelő párazáró anyag felhordása

Az 1 óránál hosszabb betonozási kényszerállás vagy rendszeres munkaleállás esetén az addig elkészített betonburkolat lezárása, munkahézag kialakítása volt szükséges. A betonozást csak a hossztengetyre merőlegesen, függőleges felülettel, illetve a terv szerinti kereszthézag irányának megfelelően volt szabad abbahagyni. A beton lezárásához ezért előre elkészített acél-zárógerendákat használtunk a hézagvasak alatti és feletti betonrészek megtámasztásához.

2.8. Felületképzés és utókezelés

A TCM 1600 munkapad közvetlenül a finiserek után, min 5 m, max. 20 m távolságban, halad. Ez a munkapad az automatikus felületképzésre, a friss burkolat párazáró réteggel való ellátására, valamint a friss betonfelület feletti áthaladásra szolgál. A követelmények-



12. ábra: Az SP-500-as finiser

nek megfelelő érdesség és a minél kisebb zajterhelés érdekében műfüves felületképzést alkalmaztunk. A műfüvet naponta tisztítani, illetve kopás esetén cserélni kellett. A hosszirányú felületképzés – az eddigi tapasztalatok alapján – megfelelő érdesség mellett csendesebb burkolatfelületet eredményezett. A munkapad beépített permetezője diszpergált párazáró utókezelő szer permetezett a beépített betonra, mely megakadályozta a betonfelület és a szélek kiszáradását. A Curing nevű utókezelő szer fehér színű viaszos diszperzió. A felhordandó mennyiség 125-250 g/m². Egy feltöltés az utókezelő padon ~300 liter, ez kb. 300 m hosszra elegendő. Az utántöltéshez a munkapadon 400-600 liter utókezelő szeret tároltunk a folyamatos munka érdekében.



13. ábra: Előre elhelyezett hézagvasalás

A csomóponti ágak és a lassító-gyorsító sávok építéséhez az SP 500 finisert alkalmaztuk (12. ábra), amely 2,50-6,00 m szélességben 40 cm vastagságú képes egyrétegű betonburkolatot építeni. A gép a betonkeverék beépítési módját illetően az SP 1500 L finiser kisebb változatának tekinthető. A beton egyenletes eloszlását és elterítését kettéosztott elosztó csigák végzik, magas frekvenciájú fekvő tűvibrátorok tömörítik a betont. Hossz- és keresztcsimítók kombinált működése eredményezi a sima és zárt betonfelületet. Az SP 500 nincs felszerelve kereszt- és hosszhézagvas elhelyezővel. Ezért a szükséges vasakat menet közben kell az acélkosarakra szerelve, rögzítetten elhelyezni röviddel a betonburkolat építése előtt (13. ábra). Az utókezelést és a felületszerkezet kialakítását manuálisan vezérelt, a finiser után kapcsolt munkapadról lehetett elvégezni. A hosszirányú felületképzés a finiserre rögzített műfü segítségével; az utókezelő szer kipermetezése kézi erővel történt.

Mivel az SP 500 esetében kisebb egységről van szó, össze- és szétszerelése, valamint szállítása nem igényelt nagyobb ráfordítást. Önkiürítő képessége és modul építési mód során a munkaszélesség változtathatósága ennek a gépnek is nagy előnye.

3. A hézagok kialakítása

A keresztirányú vakhézagokat a folyópályán a táblakiosztási tervnek megfelelő távolságonként a beton bedolgozása után 5 m-enként készítettük el. A pálya hossz tengelyére merőlegesen a kitűzési pontokban pontosan a kereszthézag vasak felett 75 mm mélységben fűrészeltük be a kötés kezdeti állapotában levő betont.

A keresztirányú vakhézagokban, valamint tágulási és munkahézagokban 25 mm átmérőjű, 500 mm hosszú, bordázat nélküli, műanyag bevonatú (minimum 0,3 mm vastagságban) kereszthézag-vasakat helyeztünk el a finiser 25 cm-enként a bazaltbeton réteg közepébe. A vasak bevonatára azért volt szükség, hogy a beton ne kössön a vasakhoz, és így a hosszirányú mozgások ne legyenek akadályozva. Olyan esetekben, amikor a gépi elhelyezésre nem volt mód, az előre elkészített kosarakat hiltiszegekkel rögzítettük a Ckt-4 felületére, és ebbe kerültek a kereszt és hosszhézag vasak. A kosarak előre gyártva készültek, és az adott építendő szélességhez alakítva darabolhatóak voltak.

A hosszirányú vakhézagok a folyó pályán a táblakiosztási tervnek megfelelően a beton bedolgozása után készültek. A pálya hossz tengelyével párhuzamosan pontosan a hosszhézag horgonyvasak felett 100 mm mélységben fűrészeltük be a kötés kezdeti állapotában levő betont. A hosszhézagokba a vasalási terv szerinti mennyiségű, 20 mm névleges átmérőjű, 800 mm hosszú, közepén 20 cm szélességben műanyag bevonatú teherátadó vasakat helyeztünk el a finiser a burkolat vastagságának alsó harmadában 1 m-enként. A hosszhézag vasalat célja a teherátadáson kívül a pályalemez eltávolodásának gátlása, emiatt alkalmaztunk bordázott vasat, melyhez a beton hozzákötött. A műanyag bevonatra a korrózió gátlás miatt volt szükség.

A szoros hézagok a hosszirányú vakhézagokhoz hasonló kialakítású, de külön ütemben épült pályarészeket választottak el egymástól. Ilyenkor az első ütemű rávágás nem készült, csak a hézagbővítés és az élék 45°-os lesarkítása. A hézag kitöltése a hosszhézaggal megegyező. A szoros hézag horgonyaiként 60 cm-es utólagosan befűrt és kétkomponensű cementbázisú ragasztóval rögzített bordázott kialakítású vasakat alkalmaztunk 1 m-enként. A 60 cm hosszú vasból 20 cm-t ragasztottunk be.

Munkahézagot kellett kialakítani a napi műszak végén, vagy egy óránál hosszabb leállások esetén, olyan módon, hogy a napi szakasz végét acél zárógerendával le kellett zárni. A zárógerendában a kereszthézag-vasak helyeinél furatok vannak, így a munkahézag kialakításakor a kereszthézag vasak a még friss betonban elhelyezhetőek voltak. A következő napi munka a zárógerenda eltávolításával kezdődött. A hézag

azután minden szempontból megegyezett a keresztirányú vakhézaggal.

A hézagvágás előtt mind a kereszt-, mind a hosszhézagok helyét a táblakiosztási tervnek megfelelően ki kellett jelölni. A hézagrészt három ütemben kellett kialakítani a megszilárdult betonba. Az első ütemben 3-3,5 mm széles rés készült a kereszthézagoknál 75, a hosszhézagoknál 100 mm mélységben. A második ütemben e részt 25-35 mm mélységben 10 mm szélességűre szélesítettük a hézagkitöltő anyaggal való lezárás érdekében. A harmadik ütemben a kibővített hézagrés pályafelületi éleit 45 fokos szögben le kellett tompítani, hogy a hézagkitöltő anyag ne érintkezhesen a járművek kerekeivel.

A hézagvágás első ütemének pontos idejét próbavágásokkal kellett meghatározni. Mindhárom vágást olyan géppel kellett végezni, amely a hézagvágási anyagot magába gyűjti.

Hézagkitöltő anyagként⁵ a betonhoz jól tapadó, hidegen nagy nyúlóképességű anyagok feleltek meg. A hézagokat az anyag betöltése előtt ki kellett tisztítani, és nagy nyomású levegővel portalaníttani, végül oldalfalait kellősítő anyaggal be kellett kenni. Ezután kellett elhelyezni a hézagzsínort, amit a gépi hézagkiöntés követett, hogy ne kerüljön hézagkiöntő anyag a burkolat szintje fölé. A hézagkiöntést a hézagvágás 3. üteme után kellett elvégezni. Annak érdekében, hogy a beton saját nedvességtartalmát ne zárjuk be, a hézagkiöntésre a betonpálya elkészülte után nyáron legkorábban 3, ősszel 4 hét múlva került sor.

A hézagok kialakítása során fontos feladat volt az elhelyezett vasbetétek tényleges helyzetének ellenőrzése. Különösen igaz ez a hosszhézagvasakra, hiszen ezek tényleges erőket kell felvegyenek, és ha elhelyezésük függőleges vagy vízszintes értelemben eltér a tervezettől, káros feszültségek léphetnek fel, akár repedést is okozva a betonban. Ezt az ellenőrzést a próbaszakaszon georadaros módszerrel végeztük el. Így térbeli képet kaptunk a vasak elhelyezkedéséről, amiből megállapítható volt, hogy azok minimális eltéréssel a helyükön voltak.

4. Összefoglalás

Megállapítható, hogy kétségtelen sok eltérés, technológiai sajátosság van az utóbbi időkig egyeduralkodó aszfalt pályaszerkezet építés és a beton burkolat építése között. Ám ezek az eltérések nem teszik nehezebbé az autópálya építését. Sőt, ha azt vizsgáljuk, hogy a pályaszerkezet egyetlen géplánccal, egy fázisban, egy kitűzéssel készül el az aszfaltnál alkalmazott három rétegű, több géplánccal, különböző – több emberi tényezőt magában foglaló – tömörítő géppel készülőhöz képest, az eredmény üzemgazdaságilag is egyértelművé válik.

⁵ Minőségi követelményeit az ÚT 2-3.701.1998. tartalmazza

A betonburkolat átvezetése az M0 29+500–42+200 km sz. szakasz felüljáróin

Kettinger Ottó¹

1. A feladat

Az M0 29+500–42+200 km szelvények közötti szakaszán 11 felüljáró híd épült összesen 1110 m hosszban, 16 000 m² felülettel. Ebből hat híd 7900 m² felülettel az M0/M5, illetve az M0/4 csomópontok műtárgyai. Kezdetben az volt a terv, hogy a hidak betonburkolatait ugyanaz a beépítőgép készíti el egy szélességi fogásban, mint amelyik a főpálya betonburkolatát is építi. Az ellenőrző statikai számítások alapján azonban kiderült, hogy ez nem kivitelezhető. Tovább nehezítette a helyzetet, hogy a főpálya 26 cm-es vastagsága a felüljárókon 21 cm-re csökkent (a szigetelés és a szigetelést védő aszfalt miatt). Ugyanakkor a pályatáblákon Ø10 mm-es 10x10 cm-es hálóvasalást terveztek be.

Mivel a hálóvasalás a beépítés közben nem helyezhető el megnyugtatóan, előre kellett elkészíteni a burkolat kereszt- és hosszézag-vasalásaival együtt. Mindezek alapján egyértelművé vált, hogy a felüljárókon nem alkalmazható sem a főpályán használt betonkeverék, sem a főpályán használt burkolatépítő gép.

Mivel a beépítést egy rétegben formásínek közé lehetett csak tervezni, a megoldást egy más képességű burkolatépítő gép (Walter Heilit VWB) és egy új típusú keverék (CP 4/3-20 KK) jelentette.

Olyan új pályabeton keveréket kellett kikísérletezni, amely:

- megszilárdult állapotban rendelkezik az előírt szilárdsági paraméterekkel,
- mixerkocsival szállítható,
- betonpompával továbbítható,
- bedolgozható úgy, hogy a felületképzés, az érdesítés kivitelezhető legyen.

2. A betonburkolat építése

Számos próbakeverés és több próbabeépítés alapján az 1. táblázatban látható betonkeverék-összetelt fogadta el a mérnök. A keverék beépítése a következő technológiai műveleteket jelentette:

- **A betonkeverék gyártása:** a Frissbeton Kft Illatos úti betongyárában, illetve gyáli keverőtelepén.
- **A betonkeverék szállítása:** mixer gépkocsikkal a beépítés helyén lévő betonszivattyúkhöz, majd a finiserhez.

1. táblázat

A felüljárók betonburkolatának összetétele

Ásványi adalékanyagok	m%
OH 0/4	40,
UKZ 2/5	5
UKZ 5/12	40
UKZ 12/20	15
Adalékszerek	
Air202 légpórusképző	0,4
MPFK88 folyósító	1,2
Cement: CEMII/B-S 32,5 R(DDCM), 380 kg/m ³	
V/C tényező: 0,38	

- **A beépítés:** vezérgépe, a Walter Helit VWB típusú finiser egy alapgépből álló, egyrétegű betonburkolat beépítésére alkalmas, négy lánctalpas futóművel és egy hidraulikus hajtóművel felszerelt betonbedolgozó gép, amely 4,00-16,75 m sáv szélességben 40 cm vastagságig útpálya-burkolatok építésére alkalmas. Munkasebessége 0 – 2,5 m/perc között változtatható. A gép dízel-hidraulikus és dízel-elektromos hajtású. Kétféle típusú vibrátorai egymástól 500 mm-re, váltakozva, vízszintesen vannak elhelyezve; a WR 76 jelű gerjesztő energiája 7,2 kN, a WR 60 jelű pedig 4,0 kN. A vibrátorok teljesítményadatai: 110 V/200 Hz, 12 000 fordulat/perc. A beépítő gépláncot a 2. táblázat foglalja össze.

A felüljárók pályaszélessége szerint a Walter Heilit VWB finiser 7,50 m, 7,00 m, illetve 6,50 m szélességben dolgozott (1. ábra). A pályatábla kiosztási terveknek



1. ábra: A Walter Heilit VWB finiser munka közben egy csomóponti felüljáró betonburkolatának építésekor

¹ Okl. közlekedésépítő mérnök, főtechnológus, Strabag Rt., otto.kettinger@strabag.hu

A felüljárók betonburkolatának építéséhez használt géplánc

A gép megnevezése	Típus	Mennyiség	Feladat
finiser	Walter-Heilit VWB	1	burkolatépítés a hidakon és környezetükben
utókezelő munkapad		1	felületi érdesítés, utókezelés
betonpumpa	Putzmeister típusú, 36 m-es gémmel, 30 m ³ /óra telj., Ø125 mm-es csőátmérő	2 +1 tartalék	beton bejuttatása a finiser elé
mixergépkocsi	Iveco, Mercedes, Volvo típusú, 5-8 m ³ -es,	igény szerint	betonszállítás
bemerülő tűvibrátor	Wacker gyártmányú Irfun 38 és Iren 57	4 + 2 tartalék	tömörítés a terjeszkedési hézagok körül és a kézi bedolgoz. sávoknál
locsoló kocsi	különféle	1	beépítés után finiser tisztítása, hézagvágás
hézagvágó	Lissmac FS Uni-Cut	2	hosszhézag vágás
hézagvágó	Lissmac FS Uni-Cut	1	kereszthézag vágás
hézagvágó kiegészítőgép	Lissmac FS 33-DT	1	
hézagvágó tartalékgép	Lissmac FS 42	2	
kompresszor	különféle	1	hézagok tisztítása
hézagkiöntő	különféle	1	hézagok kiöntése

megfelelően a főpályaburkolat (a forgalmi sávok alatti pályatábla-sávok) a munkába vett hídon finiserrel készült, a szegélyek melletti, különböző szélességű sávok pedig öntöttaszfalból épültek.

A gépi bedolgozású betonsávokat a szélességtől függően egy, illetve két ütemben építettük meg. A két-ütemű építés hosszirányú szoroshézagok kialakítását igényelte. Ezek Ø20-as, 600 mm hosszú, terv szerinti (max. 1000 mm) kiosztású B500B minőségű hézagvasalással készültek. A bordás betonacélok középső, 200 mm hosszú szakasza korrózió elleni védőbevonattal (műgyanta) voltak ellátva. A korábban elkészült betonsávba Ø22-es furatot készítettünk 200 mm hosszban. A hézagvasakat HILTI HIT-HY150 típusú ragasztóval ragasztottuk be a furatba. A betonburkolati réteg magassági és vízszintes kitűzését 5 m-enként zászlózással végeztük. A hídon a zászlótartók talpas megoldásúak voltak a szigetelés megóvása érdekében.

A betonkeveréket betonpumpa juttatta a finiser elé, ahol keresztirányban drótkötéssel mozgatott kettős elosztólapátok terítették el azt a kívánt rétegvastagságban.

A beton előtömörítését a finiser nagy frekvenciájú fekvő tűvibrátorsora végezte. Az utótömörítést a keresztirányú lehúzó vibrogerenda adta. A finiser hátoldalán hosszsimító végezte a végső felületkialakítást. Ezek kombinációja tette lehetővé a sima és zárt betonfelület előállítását.

A Walter Heilit VWB finiser nincs felszerelve kereszt- és hosszhézagvas elhelyező automatával, ezért a kereszt- és hosszhézagvas teherátadó vasait és a hosszhézagvas horgonyvasait betonozás előtt kellett az acélkosarakra fektetni és rögzíteni.

Az utókezelést és a felületszerkezet kialakítását manuálisan vezérelt, a finiser után haladó lánctalpas munkapadról lehetett elvégezni. A hosszirányú felületképzést a munkapadra rögzített műfű segítségével; a párazáró utókezelőszer kipermetezését pedig a felszerelt permetezőtaggal végeztük.

2.1. Szigetelés, a feszültségelosztó réteg készítése

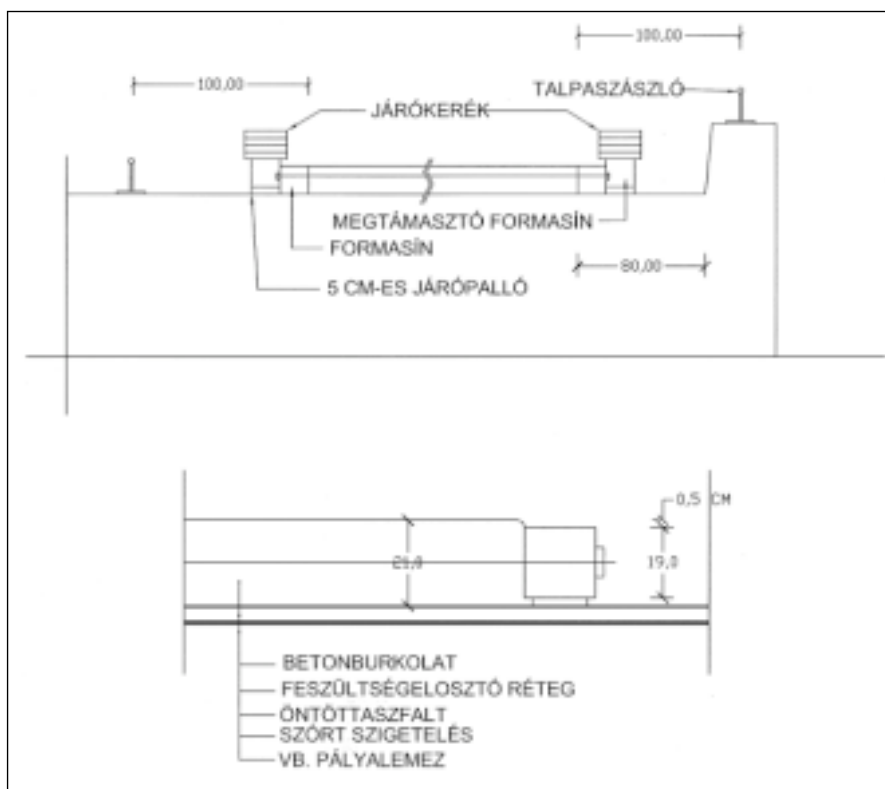
A felüljárók monolit vasbeton pályalemezére műanyag alapú szórt szigetelés került, amelynek védelme 3,5 cm vastagságú öntöttaszfalt védőréteg. Az öntött-aszfaltba 10×3 cm méretű burkolatszivargókat építettünk be a hosszirányú mélyvonalban, amelyet közvetlenül a betonburkolat megépítése előtt terfil csíkkal takartunk le az eltömődés elleni védelmül.

A betonburkolat készítése előtt a szigetelésvédő öntöttaszfalt tetején feszültségelosztó réteget alakítottunk ki. A 68% bitumentartalmú GY-FB70 (70/100) típusú kationaktív emulzióból 2 kg/m² mennyiséget kellett kipermetezni, majd ebbe kellett az egyrétegű, 2 mm vastagságú, 200 g/m² súlyú, nemszövött műszaki textíliát elteríteni. A feszültségelosztó réteg tetején a pályatábla kiosztási tervnek megfelelően a kereszt- és hossz- hézagok pontos helyét kicsapózzsinórral jelöltük meg.

2.2. Formasínek elhelyezése

A betonsávok mellett elhelyezett acélszelvényből kialakított zsaluzat a beton oldalirányú megtámasztására szolgált. Az IPB-L 190 jelű formasínek 3000 mm hosszú és 190 mm magas I szelvényből álltak, amelyek egyik oldala, valamint mindkét véglapja gyárilag acéllemezzel volt lezárva. A formasíneket a teljes betonozandó hosszon végig el kellett helyezni. A formasíneket magasságilag a betonburkolat terv szerinti magasság -5 mm-re kellett beállítani.

A magasságilag beállított formasíneket oldalirányú elmozdulás ellen is rögzíteni kellett. Ennek érdekében Ø6-os betonacélból készített bentmaradó összekötőrudat helyeztünk el a formasínek csatlakozásánál, azaz 3 méterenként, a burkolatvastagság felezőjében. A két formasín csatlakozásánál a betonacél rudat ráhajlítottuk egy Ø16-os betonacél darabra, majd hegesztéssel hozzá is rögzítettük. A két külső oldal felől még egy sor megtámasztó formasínt is lefektettünk. Ez alá 20 cm széles és 5 cm vastagságú fapallót helyeztünk el. A



2. ábra: A formasínek és a szintvezérlő zászlók elhelyezése

finiser lánctalpas futóműve a formasínen haladt, így is leterhelve a megtámasztó formasínt. A kialakítás vázlatja az 2. ábrán látható. Betonozás előtt a formasínek betonnal érintkező felületeit olajmentes leválasztó-szerrel kenték be.

2.3. A hidakhoz tartozó terjeszkedési hézagok

A kiviteli terv szerint terjeszkedési hézagot kellett kialakítani a hidak végén a hídfő vonalában, azzal párhuzamosan (3. ábra). Ez lehetett

- ferde, az úttengellyel hegyesszöget bezáró (1. számú terjeszkedési hézag),
- a kiegyenlítő lemez vége feletti vakhézagot követő első hézagnál (2. számú terjeszkedési hézag) és az attól 10 m-re (két pályatáblányira) lévő hézagnál (3. számú terjeszkedési hézag).

Ez utóbbi két hézagnak minden esetben az úttengelyre merőleges kialakításúnak kellett lennie (3. ábra).

A hídtól legtávolabb eső, 3. sz. terjeszkedési hézagok egyben az útpálya betonburkolatát választották el a hídon átmenő betonburkolattól.

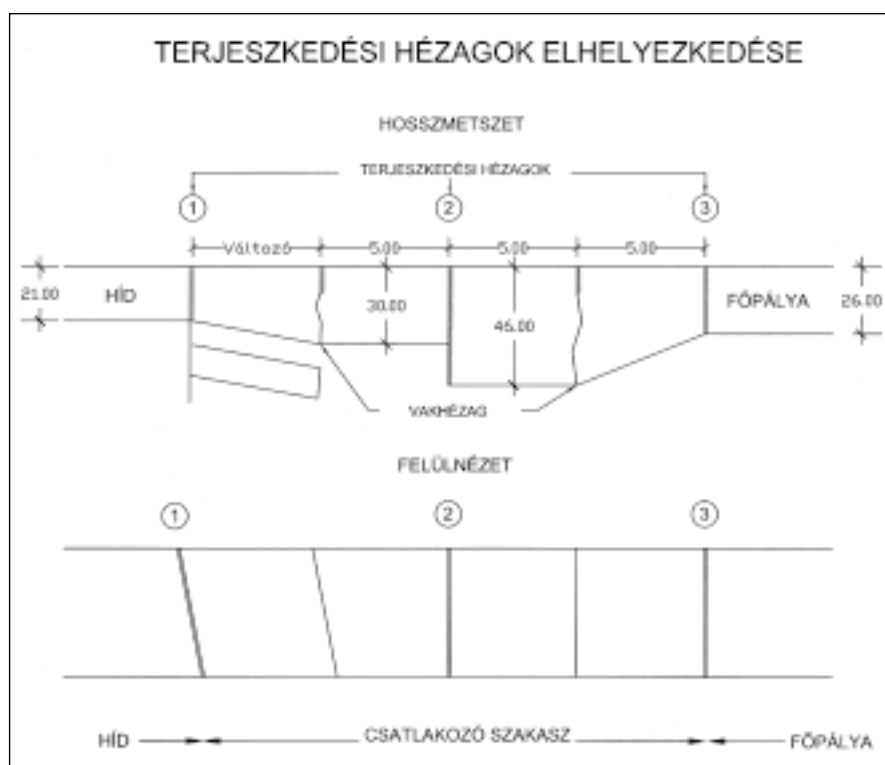
A tervek szerint a terjeszkedési hézagoknál a teljes betonkeresztmetszetet el kellett választani 20 mm vastagságú, egyenletesen összenyomható, 1%-nál kisebb vízfelvételi képességű anyagból készített hézagbetéttel. A hézagbetét

hosszának meg kellett egyeznie az egy ütemben bebetonozandó sáv szélességével, magassága pedig az adott terjeszkedési hézag melletti táblavastagsághoz (26, 46, illetve 21 cm magasságú betontáblák a hézagok számozási sorrendjében) illeszkedett. A hézagbetét tetejét mindkét oldalról le kellett sarkítani, „háztető-szerűen” kialakítani, felső éle szintjének 10 mm-rel a betonpálya szintje alatt kellett lennie.

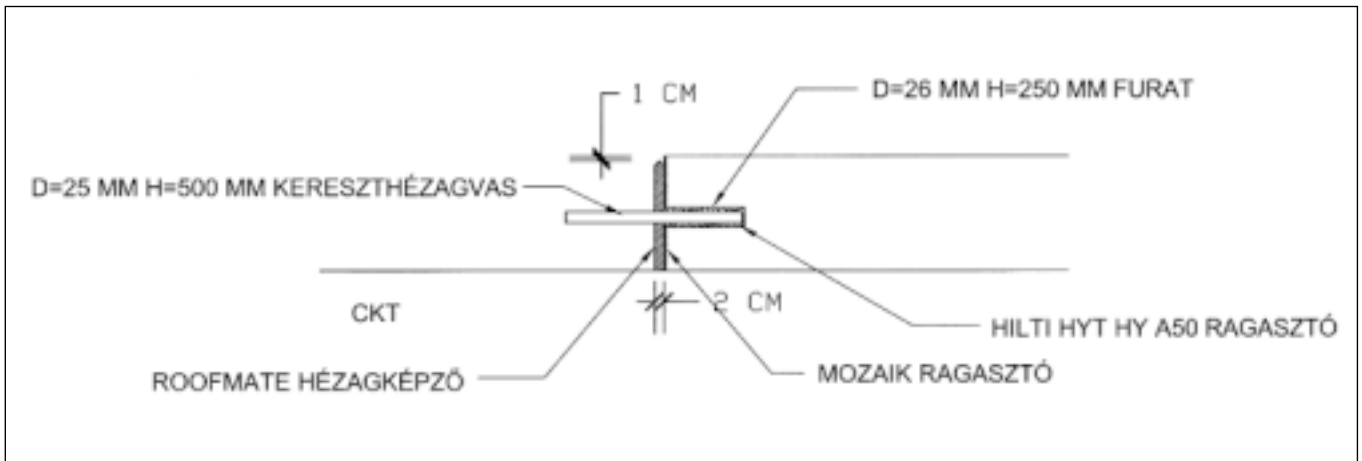
2.4. A terjeszkedési hézagok kialakításának menete

A 3. számú terjeszkedési hézag (4. ábra) az útpályabetont választotta el a hídpályabetontól. Itt csatlakozott a kétféle finiserrel épített pálya. A hézag kialakítása:

- Az elsőként elkészült betonburkolat végét a terjeszkedési hézag vonalában teljes vastagságában átvágtuk, a levágott betonrészt eltávolítottuk.
- A 26 cm vastag meglévő betontábla középvonalába egymástól 25 cm távolságra 26 mm átmérőjű és 250 mm mély lyukakat fúrtunk.
- A lyukakba Hilti HIT-HY150 típusú ragasztóval beragasztottuk a 25 mm- átmérőjű, 500 mm hosszú, bordázat nélküli teflon bevonatú kereszt-hézagvasak egyik felét, amelyet beragasztás előtt szilikon bevonattal láttunk el, hogy a ragasztó csak a hézagvas „kotyogását” akadályozta meg, de kihúzását nem.



3. ábra: A felüljáró hidakhoz tartozó terjeszkedési hézagok



4. ábra: Az 1. számú terjeszkedési hézag kialakítása

d) Ezután az előre kilyukasztott Roofmate SL-A márkanévű polisztirolhabból készült 2 cm vastag hézagképző lapot a kiálló acéltüskékre húztuk, a betonfelülethez Mozaik csemperagasztóval hozzáragasztottuk. A hézagképző lap teteje 1 cm-rel alacsonyabban volt, mint a betontábla teteje.

A 2. és az 1. számú terjeszkedési hézagba acéllemezből készült hézagszerkezet került. Az acélszerelvényt 1 mm vastagságú acéllemezről alakítottuk ki, felső részét „háztetőszerűen” kiképezve. A hézagbetét közepén távtartó lemezzel oldottuk meg a mérettartást, ez azonban nem akadályozta meg a betontábla mozgása során a hézagbetét összenyomódását.

A hézagbetétbe 25 cm-enként lyukakat fúrtunk, és ezekbe helyeztük el az Ø25-ös, 500 mm hosszú, B240B minőségű bordázat nélküli acélból készült és teljes hosszán korrózió elleni és kötéstgátló bevonattal (teflon vagy műgyanta) ellátott kereszt-hézagvasakat. Ezek egyik végére Ø30-as, 60 mm hosszú, PVC csőből készült, mozgást biztosító hüvelyt erősítettünk fel.

Az acélszerelvényt a két oldalára 25 cm-enként felhegesztett derékszögűtrapéz alakú, talpas lemezek tartották függőlegesen. A betonozáskor fellépő betonnyomás okozta elmozdulás ellen ezeket a lemezeket a talpukba fúrt 2 db Ø6-os lyukon keresztül a CKt-hez „szögeltük”. A CKt-be Ø5-ös lyukakat fúrtunk mintegy 10 cm mélységig, és ezekbe Ø6-os betonacéldarabokat vertünk le, majd a kiálló részüket ráhajlítottuk a

talplemezre. Ezt a rögzítést a 3. számú terjeszkedési hézag hídpálya felőli oldalán, a szigetelés felett nem volt szabad elvégezni.

2.5. A pályatáblák vasalásainak elhelyezése

A hézagvasak elhelyezése után, a betonozás előtt szereltük be a betontábla vasalását, amely Ø10 mm-es BHB500B minőségű betonacélból álló 10×10 cm-es hegesztett hálóból készült. A háló mérete oldalirányban körben 6 cm-rel kisebb, mint a táblaméret, ez így 6 cm-es oldalirányú betonfedést adott a hézagoknak.

Ugyancsak betonacélhálót kellett elhelyezni a híd vége, valamint a 3. és a 2. számú terjeszkedési hézag közötti vakhézag által határolt területen. Ezen a részen (ahol a betonburkolat vastagsága, és így a CKt szintje is változó) a távtartók magasságát úgy kellett megállapítani, hogy azok mindenütt biztosítsák a min. 5 cm-es betonfedést.

Fokozott figyelmet kellett fordítani a ferde hidak első, szintén ferdeoldalú pályatábláinál a vasalások pontos méretére és elhelyezésére. Ezeket a vasalásokat egyedileg, terv szerint kellett gyártani.

2.5. Hézagképzés

A hézagvágás, valamint a hézagkiöntés anyaga és módja a főpályával megegyező volt. A különbség, hogy a kereszt-hézag mélysége 70 mm, a hossz-hézagé 80 mm volt az első ütemben.

A mérnök tapasztalatai az M0 keleti szektor első szakaszán

Vállas Csaba¹ – Vörös Zoltán² – Kenderesy Koppány³

1. A mérnök feladatai

Az M0 körgyűrű 29,5–42,2 km szelvények közötti szakasza munkáinak teljes körű mérnöki felügyeletét, műszaki ellenőrzését a Keleti Szektor Mérnöki Konzorcium látta el, melynek vezetője az Utiber Kft., tagja pedig a Metróber Kft. volt. A konzorcium feladata kiterjedt a 4. sz. főút Vecsést és Üllőt elkerülő szakaszának mérnöki felügyeletére is. A szakasz mérnöki felügyeletét szinte teljes egészében az Utiber Kft. látta el. Kivétel ez alól a közművek építése volt, ahol az elektromos közmű munkák műszaki ellenőrzését a Metróber Kft., a szénhidrogén közmű munkák ellenőrzését pedig az Utiber Kft. végezte. A mérnök irodáit a vállalkozó gyáli telephelyén különálló épületben helyezték el.

A szakasz építési munkáit a vállalkozó több organizációs szakaszra bontotta. Ehhez igazodva határozta meg a mérnök a lebonyolítói és műszaki ellenőrzési feladatokat. Az útépitési munkák ellenőrzését az Utiber Kft. három műszaki ellenőre látta el, akik közül ketten az autópálya két organizációs szakaszát, harmadik társuk pedig a keresztező és párhuzamos utak építését felügyelte. Az útépitési műszaki ellenőrök feladata volt a szakaszukhoz tartozó földmunkák, vízepítési munkák, pályaszerkezet-építés, valamint az ezekhez csatlakozó befejező munkák teljes ellenőrzése. A híd-építési munkák ellenőrzését az Utiber Kft. két műszaki ellenőre látta el szakaszonkénti megosztás nélkül, akik a helyszíni és az adminisztrációs feladatokat közösen végezték a beruházás során megvalósult huszonegy műtárgy építésének felügyelete mellett. A híd-építési műszaki ellenőrök feladata volt az útpálya-szerkezet hidakon való speciális átvezetésének a felügyelete is. A geodéziai munkák ellenőrzésére, valamint az elkészült szerkezetek és építmények mérnök geodéziai felmérésére külső alvállalkozó kapott megbízást. A beruházás megvalósításán felmerülő talajmechanikai problémák megoldásában a mérnök oldaláról az Utiber Kft. geotechnikai szakértője vett részt. A napi lebonyolítói feladatokat a mérnöki szervezet az Utiber Kft. gyáli kirendeltségén, illetve onnan kiindulva végezte és koordinálta.

2. Új műszaki szabályozás

A betonburkolat építésének megkezdéséhez szükség volt az érvényben lévő szabályozási dokumentumok

felülvizsgálatára, illetve átdolgozására. A betonburkolatok építésére vonatkozó érvényben lévő ágazati előírás, az ÚT 2-3.201 Útügyi Műszaki Előírás több ponton átdolgozásra szorult, ami viszont a rövid határidők miatt nem volt megvalósítható. Ezért neves hazai szakemberekből, a megbízó, a kivitelező és a mérnök képviselőiből alakult munkabizottság kidolgozta a fenti technológiai és technikai körülményeknek is megfelelő műszaki szállítási feltételeket, amelyet az ÁKMI Kht. 1/2004. sz. ÉME engedélyként léptetett hatályba. Ezt az előírást, a már említett próbaszakasz építési tapasztalatai alapján 2005-ben módosította az eredeti előírást készítő bizottság, és az ÁKM Kht. 1.1/2005 sz. ÉME engedélyként ugyancsak hatályba léptette. Ez az ÉME engedély érvényes az E, a K és az R forgalmi terhelésű kategóriába tartozó utak hézagaiban vasalt betonburkolatú merev pályaszerkezeteinek építésére mindaddig, amíg az említett, de már átdolgozás alatt álló új Útügyi Műszaki Előírás helyébe nem lép.

3. A mérnökkel szemben támasztott új követelmények

A lebonyolítói tevékenységben újdonságot jelentett az országos közúthálózaton először alkalmazott csúszózsals betonburkolat-építési technológia ellenőrzése. A mérnöki szervezetnek jelentős szerepe volt az új építési technológia részletes kidolgozásában és elfogadásában, valamint az ehhez szükséges műszaki előírások véleményezésében és összeállításában is. Az új technológia alkalmazása szinte folyamatos, a vállalkozói munkavégzéshez igazodó műszaki ellenőri jelenlétet igényelt a betonpálya építés első időszakában. Ezt követően a műszaki ellenőrzés során mind a helyszíni beépítést, mind a telepi keverékgyártást, mind a beton helyszínre szállítását rendszeresen ellenőrizte és felügyelte a mérnök, így az elrendelt közbeső vizsgálatok elvégzésével jelentősen javítani lehetett a betonpálya minőségének egyenletességét.

A vállalkozónak is sok és újszerű feladatot kellett elvégeznie. Nevezetesen a hézagaiban vasalt betonburkolat megépítését, hidakon való átvezetését és a hidak új, magasabb biztonsági előírásoknak megfelelő korlátrendszerének elhelyezését. Az Európai Unióhoz való csatlakozás a vállalkozónak könnyebbé tett jelentett, mert nem kellett hazai alkalmazási engedélyt kérnie abban az esetben, ha a terméknek már volt CE igazolása. Ugyanakkor a mérnöknek új feladat volt a dokumentumok ellenőrzése, illetve annak az átmeneti állapotnak a kezelése, amikor a korábban (2004. május 1. előtt) kiadott hazai alkalmazási engedélyk érvényüket veszítették, az új engedélyeket azonban még nem adták ki. A mérnök minőség-ellenőrzési munkáit támogatta és segítette az ÁKMI Kht., amely a Nemzeti Autópálya Zrt.-vel (megrendelő) kötött szerződés-

¹ Okl. mérnök, beruházási főmérnök Utiber Kft., email: vallas@utiber.hu

² Okl. mérnök, létesítményi főmérnök technológus Utiber Kft., email: voros@utiber.hu

³ Okl. mérnök, létesítményi főmérnök Utiber Kft., email: kenderesy@utiber.hu

se keretében ellenőrző méréseket és vizsgálatokat végzett, részben a mérnök helyszíni kijelölése és kérése alapján. A folyamatos minőség-ellenőrzés a már korábbi autópálya és elkerülő utak projektjein alkalmazott számítógépes háttér segítségével folyt. Az elvégzendő vizsgálatok fajtáit és gyakoriságát a kiviteli tervek alapján határozták meg.

4. A betonburkolat építésének előkészítése, próbaszakasz építése

Az előkészületek a pályaépítéshez a betonkeverék előzetes vizsgálataival, illetve az alkalmazni kívánt építési technológia kiválasztásával már 2004-ben megkezdődtek. A vállalkozó javaslatai közül a megrendelő és a mérnök az úgynevezett „friss a frissre” építési technológiát fogadta el, vagyis a CP 4/3-35 típusú betonkeverékből a 26 cm vastag betonburkolat két egymásra kerülő rétegben épült meg.

Az 1/2004 sz. ÉME előírja a betonburkolat építésének megkezdése előtt próbaszakasz építését, aminek az a célja, hogy a megbízó helyett és nevében eljáró mérnök is meggyőződhessen az alkalmazni kívánt betonkeverék, a beépítő géplánc, az irányító és kezelőszemélyzet megfelelőségéről. A gépi berendezéseknek, a keverőgépeknek, a szállító kapacitásnak, a beépítő és utókezelő gépláncnak mind műszaki állapotát, mind teljesítményét tekintve alkalmazni kell lennie a szerződött feladat előírt minőségű és határidőre való elvégzésére. A próbaszakasz készítése során nyílik alkalom annak ellenőrzésére, hogy a javasolt keverékterv, vagy keveréktervek közül melyik az optimális a választott gépi berendezéssel az előírt felületi jellemzők teljesítésére. 2005 tavaszán a szerződés feltételeinek megfelelően több próbaszakaszt épített a vállalkozó, így lehetőségünk volt a felsorolt ellenőrzések elvégzésére, és egyebek mellett a felület érdesítéséhez alkalmazott módszer kiválasztására is az itt szerzett tapasztalatok alapján került sor.

A tervezett pálya geometriai adottságai legalább 2, egyes esetekben 3 betonbedolgozó géplánc alkalmazását tették szükségessé. A választott keverék összetételére a vállalkozó kétféle cementtel, többféle szemeloszlással készített alkalmassági vizsgálatot. A kétféle cement használatát azért irányozták elő, mert az építés tervezett ütemezése alapján számítani lehetett arra, hogy a határidő betartása érdekében a nyári hónapokban is betonozni kell. Az áttérés az egyik cementfajtáról a másikra a napi középhőmérséklet alakulásától függött. Így csökkenteni lehetett a nyári hónapokban a bedolgozás során a friss beton repedésérzékenységét.

Az első próbaszakaszból vett fúrt mintákon látható léghézagokból arra lehetett következtetni, hogy a beton bedolgozása során bevitt tömörítő munka nem volt elegendő. Ezért a mérnök új próbaszakasz építését rendelte el, melyet a vállalkozó a vibrátorok magasabb hatásfokúra történt cseréjét követően épített meg. Ennek a próbaszakasznak a fúrt minta vizsgálati eredményei tömörség és szilárdság szempontjából is megfelelők voltak. Különleges technológiai kihívást jelen-

tett a felüljárókon átvezetett betonburkolat megépítése. Mivel a burkolat sűrű, Ø10 mm 10x10 cm kétrétegű hálós vasalást kapott, ezért a folyópályán alkalmazott $D_{max} = 35$ mm keverék nem volt alkalmazható. 20 mm-re kellett a megengedett legnagyobb szemcseméretet csökkenteni, és a betonnak szivattyúzhatónak kellett lennie. Talán az egyik legnehezebb feladat volt a zúzott kő alkotta kőváz, az adott víz/cement tényező és a rokadási határérték olyan szintű összehangolása, amely pumpálható, de majdhogynem földnedves betonkeveréket adott a bedolgozó géplánc számára. A beépítési tapasztalatok azt mutatták, hogy nagyon szűk az a tartomány, amely között a konzisztencia ingadozhat ahhoz, hogy a beton bedolgozható legyen.

A próbaszakaszokon georadaros méréssel ellenőrizték, hogy a vaselhelyező automaták által beépített teherátadó keresztézag-vasak és hosszézag-horgonyok pozíciója megfelel-e a műszaki előírásoknak. Ugyanakkor kipróbálták a burkolat-csatlakozásoknál a vasbetétek előzetes, a friss betonba való elhelyezésének technológiáját is. Ez utóbbi esetben a mérnök a vasbetétek fúrással és ragasztással való elhelyezése mellett döntött.

A próbaszakaszok építése során többféle felületképzési technológiát próbáltak ki, és a különböző felületeken mért homokméltség, SRT-mérések eredményei alapján választotta ki a mérnök a megfelelő technológiát. A jutavászonnal végzett felületképzés nem hozta meg a várt érdességet. A keresztirányú seprűs érdesítés megfelelő érdességet mutatott ugyan, a csúszó súrlódás is megfelelő volt, de az ily módon érdesített felületnek a legnagyobb a zajemissziója. Várható, hogy idővel a keréknyomokban a keresztirányú mikro-bordák a forgalom hatására lekopnak. Mind érdesség, mind csúszásellenállás szempontjából megfelelő volt a hosszirányú műfüves érdesítés. Zajemissziója is kisebb a seprűs érdesítésű felület zajemissziójánál.

A betonburkolat-építés megkezdéséhez szükséges engedélyt a mérnök a próbaszakaszok kiértékelése, az alkalmassági vizsgálatok és az építés technológiai utasításának elfogadását követően 2005. június 20-án adta meg. A több mint 100 ezer m³ betonburkolat építését megnehezítette, hogy az építendő pályaszélességek 11,5 és 6 m között változtak, ami a szakaszon található csomópontok gyűjtő-elosztó pályáinak, a lassító-gyorsító sávjainak a csomópontok közelsége miatti változatos elrendezéséből, valamint a túlemelt pályaszakaszok geometriájából adódott.

5. Többszintű minőségbiztosítási és minőség-ellenőrzési rendszer

Az M0 autópálya minőségellenőrzési rendszere háromszintű volt. Az első szintet a vállalkozó minőség-ellenőrzési rendszere alkotta. A vállalkozó által bevont vizsgáló laboratórium a H-TPA Kft. volt, amely a szerződéses feltételeknek megfelelően akkreditációval és közúti jártasságot igazoló engedélyekkel rendelkezett. A kihelyezett laboratórium a gyáli betonkeverő-telepen működött. A felállított laboratórium az utépítési munkákhoz kapcsolódó vizsgálatokat végezte. A többi szak-

ági munkával, elsősorban a hídépítéssel kapcsolatos minőség-ellenőrző vizsgálatokat a kivitelező Strabag Zrt. és a Hídépítő Zrt. saját, ugyancsak akkreditált laboratóriumában végezte. A vállalkozó tevékenységének ellenőrzésére a megrendelő is működtetett a projekt megvalósítása során minőség-ellenőrző rendszert. Ezt a munkát az ÁKMI Kht., majd jogutódja, a Magyar Közút Kht. látta el. Az ÁKMI Kht. az alépítményi munkák ellenőrzésével a Sztrádateszt Kft.-t, az aszfalt burkoltok ellenőrzésével a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Út- és Vasútépítési Tanszékének laboratóriumát, a betonburkolat építésével kapcsolatos vizsgálatok elvégzésével a KTI Kht.-t bízta meg. Az ellenőrző laboratóriumok a mérnökkel szorosan együttműködve végezték munkájukat. A mérnök az elkészült szerkezeteken, rétegeken a továbbbépítési, illetve eltakarási engedély kiadását megelőzően – nem megfelelés gyanúja esetén soron kívül – kérte fel az ellenőrző laboratóriumot kontrollvizsgálatok elvégzésére. Eltakarási engedélyt a vállalkozó minden esetben csak az ellenőrző laboratórium vizsgálati eredményeinek megfelelése esetén kaphatott. Amennyiben az ellenőrző laboratóriumok hibát állapítottak meg, a mérnök elrendelte annak kijavítását. A javítás utáni mérést vagy a kontrolllaboratórium, vagy a vállalkozói laboratórium végezte el. Ennek eredménye ismeretében született döntés a továbbbépítésről. A megbízó által ellenőrző tevékenységet végző laboratóriumok havi jelentésekben tájékoztatták mind a megbízót, mind a mérnököt az előző hónapban végzett mérésekről. A mérnök folyamatosan ellenőrizte a munkák terv szerinti és a műszaki előírásoknak megfelelő kivitelezését. A folyamatos helyszíni ellenőrzés mellett a megrendelővel és a vállalkozóval együttműködve alakította ki azokat a feltételeket, amelyek ahhoz kellettek, hogy a kockázati és bizonytalansági körülményeket a minimálisra csökkentve egy adott technológiai folyamat a minőségi követelményeknek a lehető legjobban megfeleljen. Ugyanakkor a mérnök folyamatosan kapcsolatot tartott a megbízó minőség-ellenőrzést végző kontroll-laboratóriumával is. Ott, ahol a mérnök nem megfelelést tapasztalt, vagy erre utaló jelet észlelt, a kontroll laboratórium szerződése alapján lehetősége volt közvetlenül is ellenőrző mérést megrendelni. Egymásnak ellentmondó vállalkozói és ellenőrző-laboratóriumi vizsgálati eredmények esetén a mérnök ismételt mérést, vizsgálatot, vagy harmadik laboratórium bevonását rendelte el, amelynek az eredményét fenntartás nélkül elfogadták az érintettek. A mérnök az eltakarási engedélyek kiadása előtt az elkészült réteg részminősítési dokumentációja alapján adott továbbbépítési engedélyt. A minőség-ellenőrzéssel kapcsolatos teendőket a megvalósításban résztvevők heti, majd kétheti rendszerességgel, a betonburkolat építésével kapcsolatos kérdéseket az építés időszakában heti rendszerességgel tekintették át. A mérnök az előfordult hibákról és azok kijavításáról, majd az ismételt ellenőrzés eredményéről nyilvántartást vezetett. Havonta minőségügyi megbeszéléseken és az előrehaladási jelentésekben tájékoztatta a megbízót a minőséggel kapcsolatos kérdésekről.

6. A minőség-ellenőrzés folyamata, tapasztalatai

Az alépítményi munkákat a védőréteg szintjéig alvállalkozók, jellemzően olyan fuvarozó cégek végezték, amelyeknek megvolt a szükséges kitermelő, szállító és bedolgozó gépi kapacitása. Az eltérő érdekeltségi rendszer miatt azonban a mennyiségi szemlélet volt tevékenységükre jellemző a minőséggel szemben. Egy merev útpályaszerkezet alatti földmű homogenitása, egyenletes minősége viszont a betonburkolat élettartama szempontjából kiemelt jelentőségű. A térségben fellelhető és töltéscélpítés céljára megszerezhető földanyagok talajmechanikai besorolás alapján jellemzően szemcsés vagy átmeneti talajok voltak. Mivel a földművet építő alvállalkozóknak nem volt autópálya földmű építésben tapasztalt irányító személyzetük, ezt a kulcsfontosságú személyzetet a fővállalkozó Strabag Zrt. – a mérnök intézkedését követően – adta.

A vállalkozó a betonburkolat minőségbiztosításával, illetve minőség-ellenőrzésével kapcsolatban három feladatot végzett: az alapanyag vizsgálatokat a keverőtelepen, a friss beton vizsgálatokat a keverőtelepen és a beépítés helyén, valamint a bedolgozott kész réteg vizsgálatait.

A keverék minősége, a minőség egyenletessége – legyen akár aszfalt-, akár betonkeverékről szó – nemcsak az alapanyagok minőségének az egyenletességétől, hanem annak keverőtelepi fogadásától, tárolásától, kezelésétől is függ. Különösen igaz ez a betonkeverékek alapanyagaira, mivel annak pillanatnyi állapota – pl. víztartalma, hőmérséklete, vízfelvevő képessége, a homokfrakciók agyag-iszap tartalma, ezek napközbeni változása mind-mind – befolyásolja a friss beton paramétereit, bedolgozhatóságát, a felületképzést és ezen keresztül a kész burkolat minőségét. A betonkeveréket a Frissbeton Kft. gyártotta. Ez a cég volt felelős a jóváhagyott alkalmassági vizsgálatban és keveréktervben szereplő alapanyag fogadásáért és minőségük folyamatos vizsgálatáért. Az anyagfogadás módját, a mintavételek rendjét, a vizsgálati eredmények kiértékelését a keverőtelepi működési szabályzat tartalmazta a felelősök megnevezésével. A betonkeverék megfelelését mind a keverőtelepen, mind a bedolgozás helyszínén vizsgálták. A keverék kiszállítása minden esetben csak akkor kezdődhetett meg, ha a frissbeton jellemzői – levegő tartalom, roskadás, v/c-tényező, testsűrűség – a tűrésekkel figyelembe vett határértékeken belül voltak.

Ismert a homokfrakció víztartalmának a frissbeton konzisztenciájára gyakorolt hatása. A 0/4 mm-es frakció nedvességtartalmának mérésére nedvességmérő szondákat kellett a keverő behordó szalagjára telepíteni. Helyszíni tapasztalatai alapján – bár az adagolás kisebb mennyisége miatt hatása mérsékeltebb – a 2/5-ös zúzott frakció víztartalmának mérését is elrendelte a mérnök. A frissbeton konzisztenciáját jelentősen képes befolyásolni a zúzott frakciók kőanyagának vízfelvevő képessége is. A szakaszon használt andezit vízfelvevő képessége eltér az útpályabetonok építé-

sére szintén használatos bazalt vízfellevő képességétől. Részben a konzisztencia egyenletessége érdekében, részben az adalékanyag hűtése céljából a keverőtelepen öntöző hálózatot építettek ki, amelyet különösen nyári melegek idején kellett üzemeltetni.

A keverőtelep fekvése miatt a betonkeverék szállítása az építési szakasz két végére eltérő volt. A keverőtelephez közelebbi vége néhány percre volt, az építési szakasz másik végét azonban csak jelentős forgalomban, vasúti átjárókkal nehezített útvonalon lehetett megközelíteni. Ilyen körülmények között is a beton eltarthatósági idején belül lehetett tartani a szállítási időket. A keverőtelepen az ismertetett paramétereket négy óránként vizsgálták.

A frissbeton konzisztenciájában tapasztalt ingadozások miatt a mérnök elrendelte minden szállítmányon a beton konzisztenciájának a mérését. A beépítés helyén már csak konzisztencia mérést végeztek azzal a céllal, hogy a nem megfelelő konzisztenciájú keveréket ne lehessen beépíteni. A nem megfelelő konzisztenciájú keverék így nem épült be. A keverék vizsgálatához kapcsolódott még a 28 napos nyomó- és hajlító-húzószilárdság vizsgálata és ellenőrzése kocka, illetve gerenda próbatesteken. Az elkészült rétegen végzett vizsgálatok a következő jellemzőkre terjedtek ki: 63 napos szilárdságok fűrt mintákon (nyomó- és hasító-húzó szilárdság), felületi jellemzők (érdesség, csúszó súrlódás, felületi egyenetlenség, utazáskényelem, hullámosság), geometriai paraméterek (vastagság, pályaszint, szélesség, oldalesés), fagyállóság (távolsági tényező, nátrium-klorid oldat behatolás).

A vállalkozói és az ellenőrző laboratóriumok vizsgálata alapján a betonburkolat szilárdsági paraméterei többféle kiértékelési módszer alapján is megfeleltek az előírásoknak. A felületi jellemzők tekintetében a nem megengedett hullámokat csiszolással javították. Az utazás kényelmi vizsgálat (BUMP integrátor) eredménye a ma alkalmazott aszfalt kopórétegek utazás kényelmi követelményeit is kielégíti. A felületi érdesség és a csúszásellenállás (homokmélység, SRT-értékek) mérés eredményei nemcsak a magyar, de – az utóbbi tekintetében a mért értékek kis szórása mellett – a szigorúbb német előírásoknak is megfeleltek.

7. Újabb szakaszon tapasztaltabban

2005 szeptemberében a közbeszerzési eljárást követően a megrendelő szerződést kötött az Utiber Kft.-vel az M0 útgyűri további szakaszának – az új 4. sz. főút és az M3 autópálya között – mérnöki feladatainak ellátására is. A kivitelezési munkák ez év tavaszán a keleti szektornak az M3 autópályáig terjedő szakaszain is megkezdődhetnek. Az újabb betonpálya-építés sikeres megvalósításához a megbízó, a mérnök és a vállalkozó mellett a leendő üzemeltető is támaszkodhat már az előző szakaszon szerzett tapasztalatokra, és reményeink szerint az országos közúthálózaton jó ideig szüneteltetett építési technológiának újjáélesztése révén jobb minőségű és tartósabb pályaszerkezetű körgyűrűn utazhatunk majd.

Nemzetközi szemle

Az útfelület egyenetlenségének wavelet elemzése

Wavelet Analysis and Interpretation of Road Roughness

Liu Wei, T. F. Fwa, Zhao Zhe

Journal of Transportation Engineering 2005. 2. p. 120-130, á:9, t:5, h:15.

Az útfelület egyenetlenségét jellemző indexek (az IRI Nemzetközi Egyenetlenségi Index és más indexek) hasznos segítséget adnak a burkolatok teljesítményének értékelésében. Ezek az összegzett egyenetlenségi statisztikák alkalmasak a burkolatok időbeli leromlásának megfigyelésére, de nem mutatják meg a tényleges hibákat. Az egyenetlenség részletes ismerete a fenntartási munkák tervezését, az egyes útfelületi hibák helyének meghatározását, a leromlási trendek részletesebb elemzését eredményezi. A wavelet (hullámocskák) elemzés egy olyan matematikai módszer, mellyel az útfelület hosszirányú profilja és egyenetlensége részletesen leírható a frekvencia és a távolság

függvényében. 15 cm és 60 m hullámhossz között 6 eltérő tartományra bontják a hosszirányú profil adatokat, és az összetevőket külön-külön ábrázolják, így kirajzolódik a tényleges felületállapotnak megfelelő helyzet. A mérési eredményekből így további értékes információ nyerhető a burkolat-gazdálkodás számára. A cikk ismerteti a wavelet elemzés módszerét, az alkalmazásra javasolt átalakításokat és vizsgálati eljárásokat. A Hosszú-távú Burkolatviselkedési Adatbázisból vett számpéldákon bemutatják a kinyerhető különböző hasznos információkat. Megállapítható az azonos IRI értékkel rendelkező útfelületek eltérő hibaelemzése, amely eltérő fenntartási beavatkozásokat igényelhet. Azonosíthatók a helyi burkolathibák, mint a kátyúk, kipergéses szakaszok, süllyedések, fagypúpok, egyéb deformációk. Elemezhető a forgalomcsillapító eszközök hatása az IRI index alakulására, és az ilyen ismert akadályok kihagyhatók az IRI index számításából, realisabb képet biztosítva. Több év mérési adatainak 3 dimenziós grafikus megjelenítése lehetőséget ad a leromlási folyamat tulajdonságainak meghatározására.

G. A.

Az M0 autópálya 29,5–42,2 km közötti szakaszának építés közbeni minőség-ellenőrzése

Dr. Karsainé Lukács Katalin¹

1. Bevezetés

A gyorsforgalmi utak elmúlt évtizedben tapasztalható meggyorsult kiépítése még indokoltabbá és időszerűbbé tette a gondoskodást arról, hogy a nagy értékű infrastrukturális létesítmények hosszú távon is jó minőségben készüljenek. Az állam – ezzel az egész társadalom – érdekeit képviselő megbízók (építtetők) ezért a korábbiaknál is nagyobb súlyt fektetnek a független minőség-ellenőrzésre [1].

Az M0 jelű körgyűrű keleti szektorában a 29,5–42,2 km szelvények közötti szakasz hézagaiban teherátadásra vasalt betonburkolatú merev pályaszerkezettel, a Strabag Zrt. kivitelezésében, 2004–2005-ben épült meg. A betonburkolat alkalmazását az M0 körgyűrűn egy 2003-ban hozott kormányhatározat rendelte el. A döntést számos kutatási téma kidolgozása, kísérleti és próbaszakasz építése és azok hosszú távú állapot-megfigyelése előzte meg [2].

Az előkészítő műveletek egyik aktív közreműködője a Közlekedéstudományi Intézet Kht. (KTI) volt. Ezért az intézet igen fontos feladatának tekintette, hogy az M0-s autópálya e szakaszának építésében – a tárgykörben szerzett tapasztalatait hasznosítva – részt vegyen.

2. Az autópálya építés minőség-ellenőrzési rendszere

Hazánkban a minőség-ellenőrzés szerkezeti struktúrája – a felek közötti szerződéses kapcsolatok alapján – háromszintű [3].

Az első lépcső a vállalkozói minőség-ellenőrzés. A minősítés elve a kivitelezői öntanúsítás, melynek alapja jelenleg is a vállalkozó által adott – a vállalkozó saját vagy valamely külső szervezet akkreditált laboratóriumában végzett minősítő vizsgálatok és mérések eredményeit tartalmazó – megfelelőségi tanúsítvány [4].

A minőség-ellenőrzés középső szintjén lévő független mérnök két irányban fejti ki tevékenységét. Egyrészt folyamatosan figyelemmel kíséri az épülő projekt minőségével összefüggő tevékenységeket, folyamatokat. Ide tartozik a kivitelezői minőség-ellenőrzés eredményeinek nyomon követése is. Másrészt az elévített munka megfelelőségének megítélése kérdésében támaszkodik a kivitelezés során – a megrendelő által finanszírozott – független minőségvizsgáló laboratórium (kontroll-laboratórium) szűrőpróbaszerű vizsgálati eredményeire.

A minőség-ellenőrzés harmadik szintje a tényleges állami minőség-ellenőrzés. A gazdasági és közlekedési miniszter 2004. július 27-én megjelent, 100/2004. GKM számú rendelete [5] országos közutak építésével kapcsolatos minőségi követelmények és az országos közutak üzemeltetésére és építésére szolgáló anyagok, szerkezetek, berendezések megfelelősége igazolásának az ellenőrzésével foglalkozik. A korábban több intézmény által is végezhetőnek tekintett független (megrendelői) ellenőrzés elvégzésére kizárólag az ÁKMI Kht.-t, majd jogutódját, a Magyar Közút Kht.-t és az általa megbízott, akkreditált és ágazati jogosultsággal rendelkező vagy különleges felkészültséget igénylő vizsgálatok elvégzésére alkalmas szervezeteket nyilvánította jogosultnak a rendelet. A független ellenőrző szervezet a szerződés teljesítése során a kivitelező által beépített vagy beépíteni szándékozott termékeket szűrőpróbaszerűen ellenőrzi. Ennek eredményei és a kivitelezői minőség-tanúsítás alapján vizsgálja, hogy az építőanyagok és azok keverékei, valamint a késztermékek a követelménynek megfelelnek-e [6].

Az ÁKMI Kht. által annak idején meghirdetett közbeszerzési pályázat nyerteseként a KTI végezte az M0 autópálya szóban forgó szakaszának betonburkolatával összefüggő független minőség-ellenőrzési tevékenységét.

3. Műszaki szállítási feltételek (MF 1/2004)

A betonburkolatú pályaszerkezetek minőségi követelményeit és építési előírásait az ÚT 2-3.201. számú útügyi műszaki előírás szabályozza.

Az Európa Unió előírásai, a dinamikusan növekvő nehézgépjármű-forgalom, valamint a gyorsforgalmi úthálózat kiépítésének fejlődése miatt szükségessé vált egy újabb – nevezetesen a rendkívül nehéz „R” ($TF_{100} > 30 \times 10^6$) – forgalmi terhelési osztály bevezetése.

Az új forgalmi terhelési osztály kialakítása szükségessé tette a hézagaiban vasalt betonburkolattal készülő merev pályaszerkezeti rétegek követelményeinek, építési előírásainak, vizsgálati módszereinek a felülvizsgálatát, illetve korszerűsítését. A Nemzeti Autópálya Rt. (NA Rt.) megbízásából szakmai bizottság dolgozta ki a „Rendkívül nagy forgalmi terhelésű utakhoz alkalmazható, hézagaiban vasalt betonburkolattal épített, merev útpályaszerkezet közútépítési alkalmasságáról” szóló 1/2003. 10.31. számú Közútépítési Alkalmassági Tanúsítványt [7] és az „E, K és R forgalmi terhelésű utakhoz alkalmazható, hézagaiban vasalt betonburkolatú merev útpályaszerkezet építésére” vonatkozó Műszaki Szállítási Feltételeket [8]. Ez utóbbit az ÁKMI Kht. 1/2004. számú Építőipari Műszaki Engedélyként kiadta [9].

¹ Okl. vegyész üzemmérnök, tagozatvezető, Közlekedéstudományi Intézet; karsai@kti.hu

Alapanyag- és betonvizsgálatok

A vizsgálatok megnevezése	Követelmény	Vizsgálati módszer	A vizsgálat gyakorisága	
			tervezett	tényleges
Cement tulajdonságok • nyomószilárdság • kötési idő • térfogat-állandóság	MSZ EN 197	MSZ MSZ EN 196-3 MSZ EN 196-3	2	2
Az ásványi anyag szemeloszlás vizsgálata	ÚT 2-3.601	MSZ 18 288-2	8	8
A frissbeton • konzisztenciája ◦ roskadással mérve ◦ területtel mérve • testsűrűsége • légtartalma	A ± 10 mm A ± 30 mm A ± 40 kg/m ³ A ± 2,5 %, de min. 3,5 %	MSZ EN 12350-2 MSZ EN 12350-5 MSZ EN 12350-6 MSZ EN 12350-7	10 10 10 10	10 1 10 10
A megszilárdult beton • nyomószilárdsága vegyes tárolás mellett • hajlító-húzószilárdsága	Jellemző érték ≥ 31 N/mm ² Jellemző érték ≥ 4 N/mm ²	MSZ EN 12390-3 MSZ EN 12390-5	30 26	31 30

A: alkalmassági vizsgálat

Az 1/2004. néven ismertté vált szabályozás számos előremutató elemet hordozott:

- a pályaszerkezetek élettartama növelhető a hatékony vízvezetéssel és a földmű egyenletes minőségű megépítésével,
- a beépíteni kívánt betonösszetétel megfelelőséget, valamint a beépítő géplánc alkalmasságát próbaszakasz építésével és vizsgálatával kell igazolni,
- az alapanyagok, a frissbeton és a megszilárdult beton vizsgálati módszereihez az új európai szabványokat írták ki.

A próbaszakasz építési tapasztalatai alapján a műszaki szállítási feltételekben számos ponton módosításra volt szükség, és azt az MF 1.1/2004. számon adták ki[10].

4. Minőség-ellenőrző vizsgálatok

A minőség-ellenőrzés összetett tevékenység, mert része a kiviteli terv felülvizsgálatától kezdődően, a beépített anyagok megfelelőség vizsgálatán keresztül az elkészült építmény végellenőrzése is.

A KTI ellenőrző tevékenysége az M0 29–42 km közötti szakaszán is több részfeladatból állt. Első lépés-

ként a független mérnök kérésére az intézet véleményezte a következő dokumentumokat:

- alkalmassági vizsgálatok, keveréktervek,
- technológiai utasítások,
- mintavételi és minősítési tervek,
- próbaszakaszok értékelése.

A betonburkolat építésének kezdetétől, 2005 márciusától a KTI Kht. Út- és Hídügyi Tagozat Betonlaboratóriuma folyamatos – szűrőpróbaszerű – mintavételekkel ellenőrizte a beépítésre kerülő alapanyagok, a frissbeton és a megszilárdult beton tulajdonságait. Az 1. táblázat összefoglalja a vizsgált tulajdonságokat, a követelményeket, a vizsgálati módszereket, valamint a független minőség-ellenőrzés tervezett és a tényleges vizsgálati darabszámát.

Az elkészült betonburkolat minősítése a geometriai adatok ellenőrzésével, a beépített betonkeverék vizsgálatával, valamint a felületi tulajdonságok mérésével történik. Az intézet ellenőrző tevékenysége a megszilárdult beton szilárdsági tulajdonságainak és a betonburkolat felületi jellemzőinek a vizsgálatára terjedt ki. A vizsgált tulajdonságok megnevezését, a követelményeket az 1. táblázat, a vizsgálati módszereket és a vizsgálati gyakoriságokat pedig a 2. táblázat tartalmazza.

2. táblázat

Betonburkolati jellemzők vizsgálata

Vizsgálatok	Követelmény	A vizsgálati módszer	A vizsgálat gyakorisága	
			tervezett	tényleges
Nyomószilárdság 63 napos korban, fűrt mintán mérve	Jellemző érték: ≥ 28 N/mm ²	MSZ EN 12390-3	14	14
Hasító-húzószilárdság 63 napos korban, fűrt mintán mérve	Jellemző érték: ≥ 3 N/mm ²	MSZ EN 12390-6	14	14
Beépítési vastagság	Jellemző érték: ≥ 260 mm	tolómérővel, 2 mm-es pontossággal	14	14
Homokmélység	Jellemző érték: ≥ 0,5; ≤ 1,0 mm	ÚT 2-2.111	15	27
A felület egyenletessége		ÚT 02-vel vizsgálva	720	726

5. Minőség-ellenőrző vizsgálatok értékelése

A betonösszetétel alapanyagai közül a cement tulajdonságait két alkalommal ellenőriztük. Az építéskori időjárástól függően felhasznált CEM-II/A-S 42,5 és CEM II/B-S 32,5 R jelű cementek az MSZ EN 197 szabvány előírásainak megfeleltek.

A betonkeverék kővázát alkotó ásványi anyag frakciók vizsgálatára nyolc esetben került sor. A betonösszetétel tulajdonságait befolyásoló szemeloszláson kívül vizsgáltuk a homokfrakció agyag-iszaptartalmát és a zúzott kövek lemezességét is. Az elkövetkező betonburkolat építések szempontjából igen fontos a felhasznált frakciók minőségének az egyenletessége.

A frissbeton tulajdonságok vizsgált jellemzői – a konzisztencia a roskadással mérve és a légtartalom – az előírt követelményeknek megfeleltek.

A megszilárdult beton nyomószilárdságát 150 mm-es élhosszúságú kockán, a hajlító-húzószilárdságát 150x150x600 mm-es élhosszúságú gerendán vizsgáltuk 28 napos korban. A kockákat 7 napig vízben, majd a vizsgálatig laborhőmérsékleten (vegyes tárolási mód), a gerendát pedig végig víz alatt tároltuk. A nyomószilárdság – egyedi vizsgálati eredményeiből számított – átlagértékeit az 1. ábra mutatja be. A 2. ábra az egyes gerendákon mért hajlító-húzószilárdság átlagértékeit szemlélteti.

A frissbeton keverékből készített próbatesteken 28 napos korban nyert nyomó- és hajlító-húzószilárdsági értékek az MF 1/2004. előírásainak megfeleltek. A mért értékek variációs tényezője nyomószilárdság esetében 8%, és hajlító-húzószilárdság esetében is 8%. Mindkét érték a keverékgyártás egyenletességét bizonyítja.

Az elkészült betonburkolat minősítő paraméterei közül a szilárdságot a burkolatból kifűrt 150 mm-es átmérőjű hengereken 63 napos korban vizsgáltuk. A nyomószilárdság mért értékeinek átlagát az 1. ábra mutatja be. A hasítószilárdság eredményeit a 2. ábra szemlélteti. Mindkét szilárdsági jellemző mérési értékeiből számított variációs tényező a gyártás és a beépítés minőségi egyenletességét igazolja.

A betonburkolat vastagságát a kifűrt hengereken ellenőriztük. A 84 vizsgálati eredményből egy minta vastagsága 5 mm-rel kisebb volt, mint az előírás, ez az eltérés azonban nem befolyásolja kedvezőtlenül a betonburkolat teljesítőképességét.

A betonburkolat forgalmi sávonkénti egyenletességét ÚT-02 berendezéssel vizsgáltuk. Az elvégzett mérések a betonburkolat megfelelőségét igazolták. Ez a vizsgálat viszont nem alkalmas az utazáskényelmet kedvezőtlenül befolyásoló hosszú hullámok kimutatására.

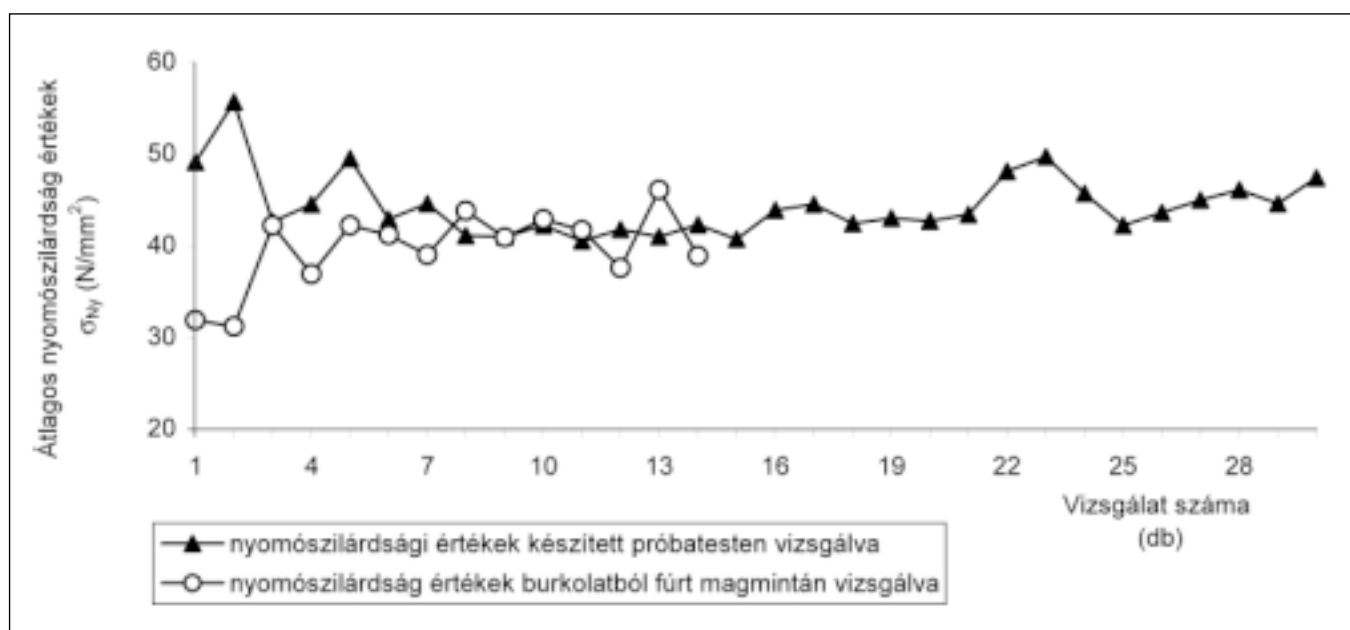
Az elkészült betonburkolat érdességét a mérnök kérésére – a tervezett darabszámtól eltérően – nagyobb gyakorisággal ellenőrizte az intézet. Ennek oka, hogy a folyamatos burkolatépítési technológiában a próbaszakasz építésénél nem tapasztalható, kedvezőtlen jelenség mutatkozott. A folyamatos műfüves érdesítés a beépítés napi előrehaladtával nem biztosította az előírt, 0,5 és 1,0 mm közötti homokmélységet. Az ellenőrző vizsgálatok 78 egyedi mért értéknek 65%-a volt kisebb, mint a 0,5 mm-es alsó határ. A nem-megfelelőséget a vállalkozó különböző érdesítési technikák alkalmazásával javította ki.

Az elkészült betonburkolat érdességét a mérnök kérésére – a tervezett darabszámtól eltérően – nagyobb gyakorisággal ellenőrizte az intézet. Ennek oka, hogy a folyamatos burkolatépítési technológiában a próbaszakasz építésénél nem tapasztalható, kedvezőtlen jelenség mutatkozott. A folyamatos műfüves érdesítés a beépítés napi előrehaladtával nem biztosította az előírt, 0,5 és 1,0 mm közötti homokmélységet. Az ellenőrző vizsgálatok 78 egyedi mért értéknek 65%-a volt kisebb, mint a 0,5 mm-es alsó határ. A nem-megfelelőséget a vállalkozó különböző érdesítési technikák alkalmazásával javította ki.

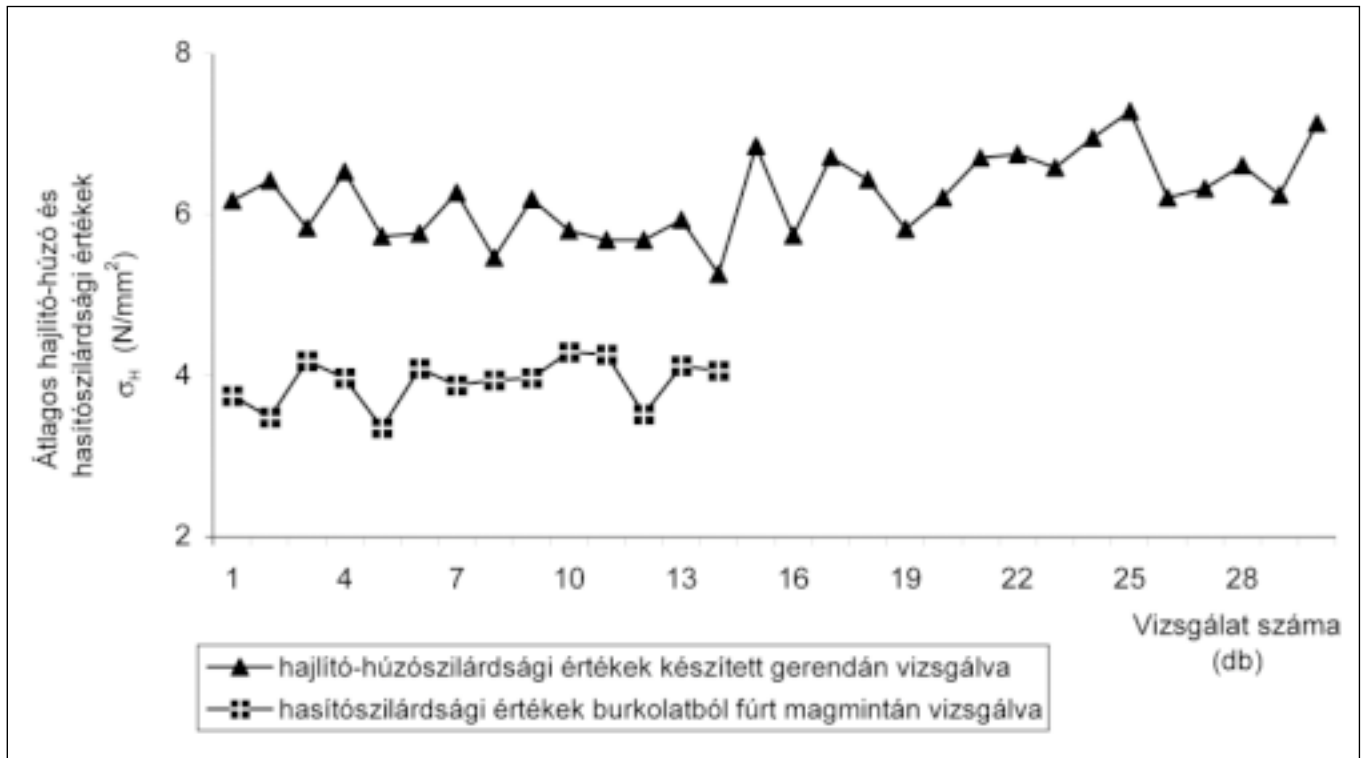
6. Összefoglalás

Közel harminc év telt el, hogy a hazai gyorsforgalmi úthálózaton ismételtelen betonburkolat épült. Számos tényező segítette (a forgalom, a nehéz gépjárművek arányának a növekedése, a globális felmelegedés hatása az aszfaltburkolatok nyomvályúsodásának kialakulásában, a csatornázott gépjárműforgalom) a megrendelő szemléletváltását „a megfelelő teljesítőképességű burkolat alkalmazása a megfelelő helyen” elv messzemenő figyelembevételével.

Összességében a vizsgálati eredmények megfelelősége állapítható meg annak ellenére, hogy egész mérnökgeneráció nőtt fel a betonburkolatok építésének ta-



1. ábra: A nyomószilárdság mért értékei



2. ábra: A hajlító-húzó és hasítószilárdság mért értékei

pasztalatai nélkül. Ennek hiánya számos területen észrevehető volt a folyamatos építés közben, de a bizonyítani akarás összefogásra készítette a megrendelőt, a kivitelezőt és az ellenőröket (mérnök, vizsgáló laboratórium).

Az M0 keleti szektorában soron lévő betonburkolatú szakaszok építése előtt a – következőkben csak címszavakban felsorolt – problémák részletes vizsgálatát tartjuk szükségesnek:

- Nagyobb technológiai fegyelem tartása a betonkeverék gyártása és a burkolat építése közben.
- A szállítás jobb szervezése az egyenletes minőség elérése érdekében.
- A burkolatérdesítési technológia továbbfejlesztése.
- Már a betonburkolat tervezésének a fázisában arra kell törekedni, hogy minél nagyobb burkolatszéllességben, minél nagyobb hosszúságú szakaszon, folyamatos („éjjel-nappal”) legyen a kivitelezés, a hullámmentes burkolatfelület érdekében.
- A „fiatal” betonburkolat sózással nem jégmentesíthető, erre alkalmassá tehető bizonyos technikákkal vagy pedig a beton e tulajdonságát figyelembe vevő fenntartási technológia kidolgozása szükséges.

Irodalom

- [1] Péliné Fülöp Gy., Gáspár L., Bartha G.: Az M3-as autópálya legújabb szakaszának minőségbiztosítási rendszere. Közúti és Mélyépítési Szemle, 2003/3. pp. 94–97.
- [2] A 44. út Békéscsaba–Gyula (133+175–134+325 km szelvények) közötti kísérleti szakaszok élettartam vizsgálata. A Közlekedéstudományi Intézet Kht. 245-303-3-4 számú témájának zárójelentése, 2005. (Témafelelős: dr. Karsainé Lukács Katalin)

- [3] Vörös Z.: Vállalkozói és kontroll laboratóriumok – azaz a hazai minőségvizsgálat a független mérnök szemével. Közúti és Mélyépítési Szemle, 2005/3. pp. 29–32.
- [4] Tóth Cs.: Néhány gondolat az állami útügyi minőség-ellenőrzésről. Közúti és Mélyépítési Szemle, 2005/3. pp. 22–24.
- [5] A gazdasági és közlekedési miniszter 100/2004. (VII. 27.) GKM rendelete az országos közutak építésével kapcsolatos minőségi követelmények és az országos közutak üzemeltetésére és építésére szolgáló anyagok, szerkezetek, berendezések megfelelősége igazolásának ellenőrzéséről
- [6] Gáspár L., Hargitai J.: Független minőség-ellenőrzés útépítési munkákban. Közúti és Mélyépítési Szemle, 2005/3. pp. 19–21.
- [7] Farkas Gy., Ódor P., Liptay A., Karsainé L. K., Gáspár L.: Rendkívül nagy forgalmi terhelésű utakhoz alkalmazható, hézagaiban vasalt betonburkolattal épített merev útpályaszerkezet közútépítési alkalmasságáról. 1/2003. 10. 31. számú Közútépítési Alkalmassági Tanusítvány
- [8] Farkas Gy., Ódor P., Liptay A., Karsainé L. K., Gáspár L., Dr. Keleti I.: Műszaki Szállítási Feltételek E, K és R forgalmi terhelésű utakhoz alkalmazható, hézagaiban vasalt betonburkolatú merev útpályaszerkezet építésére. MF/2004.
- [9] 1/2004. Építőipari Műszaki Engedély; Merev útpályaszerkezet hézagaiban vasalt betonburkolattal közútépítési célú felhasználására
- [10] Farkas Gy., Ódor P., Liptay A., Karsainé L. K., Gáspár L., Dr. Keleti I.: Műszaki Szállítási Feltételek E, K és R forgalmi terhelésű utakhoz alkalmazható, hézagaiban vasalt betonburkolatú merev útpályaszerkezet építésére; MF 1.1/2004.

A betonburkolatok helye a magyar közúthálózaton

Dr. Keleti Imre¹

1. A beton útburkolatok Magyarországon

Magyarországon 1911-ben kezdtek kísérletezni beton útburkolatokkal, majd 1927 óta építenek betonburkolatú utakat. 1975-ig mintegy 1880 km ilyen út épült. Ezek közül ki kell emelni a népszövetségi kölcsönből épült I. rendű főutak (pl.: 1., 5., 6., 7., 8.) betonburkolatú szakaszait, a II. világháború után épült, ugyancsak ilyen burkolatú főútszakaszokat (pl.: 6., 21., 37., 41., 44.) és végül, de nem utolsósorban az M1–M7 közös szakaszát (8 km autópálya), valamint az M7-es Törökbálint–Balatonaliga (78 km autópálya) és Balatonaliga–Zamárdi (22 km félautópálya) közötti szakaszait.

1965-ben az akkor kereken 29 000 km-es országos közúthálózaton a betonburkolatú útszakaszok aránya mintegy 5%-volt. 2004-ben², amikor már az M7-esen a teljes körű aszfaltburkolatú rekonstrukció befejeződött, a kereken 30 500 km-es országos közúthálózaton ez a részarány 0,2%-ra csökkent (1. táblázat). A csökkenés okai:

- Az 1927–45 között épült útszakaszok javított földmútükörre fektetett (13-18 cm) betonburkolatai a II. világháború alatt megrongálódtak, és az elmaradt fenntartás miatt a 60-as évek elejére tönkrementek. A forgalom fenntartása melletti megerősítésük, kiszélesítésük és a forgalomhoz alkalmas állapotba hozásuk csak aszfaltszőnyeggel volt lehetséges.
- Az 1945 és 1970 között épült közúti betonburkolatok az útbeton gyártásra alkalmatlan gyorsan kötő cementek, az útbetonokhoz szükséges tiszta ásványi adalékanyagok, a fagyállóságot biztosító légpórus-képző szerek, a tartós hézagtomító

1. táblázat

Az országos közúthálózat burkolatfajtánkénti összetétele

Burkolatfajta	1965	2004
Beton	5,0	0,2
Hengereltaszfalt	13,0	61,2
Portalanított és itatott makadám	23,0	33,4
Makadám	55,0	4,2
Kő	1,0	0,1
Burkolt út összesen	97,0	99,1
Földút	3,0	0,9
Hálózat összesen	100,0	100,0

¹ Okl. mérnök, okl. gazdasági mérnök, egyetemi dr., az ORKA Mérnöki Tanácsadó Kft. ügyvezetője.

² A betonburkolatot akkor az országos közúthálózaton nehézgépjárművek határátkelőhelyi parkolósávjai, a 7538 számú Lenti–Letenye összekötő úton Csörnyföldre mellett 3 db 400 m hosszú alszakaszból álló kísérleti útszakasz és egy-egy próbaszakasz a 44-es út Békéscsaba–Gyula szakaszán (400 m), illetve a 4-es út ceglédi elkerülőszakaszán (1000 m) képviselte.

tó anyagok hiánya, és nem utolsósorban a II. világháború előtti korból megmaradt keverékgyártási és beépítési technika miatt rossz minőségűek voltak. Nem álltak ellen a téli útüzemben használt jégmentesítő sók korrodáló hatásának, kezelhetetlen zsugorodási repedésekkel voltak szabdálva, hézagaik a teherátadó vasalás hiányában lépcsőssé váltak. Az útfenntartásnak nem voltak megfelelő hézagfenntartási és repedésjavítási anyagai és technológiái. Mindezek együttes hatásaként ezek a betonburkolatok is fenntarthatatlanok voltak³, és nem útbeton-rendszerű szélesítésüket követően aszfaltszőnyeget kaptak a forgalombiztonság és a megfelelő szolgáltatási színvonal helyreállítása érdekében.

- Az M7 autópályán – aminek építéséhez a téli útüzem igénybevételeit is elviselő betonkeverék, alkalmas keverékgyártási és beépítési technika csak 1970-től volt – a betonburkolat hézagaiból hiányzott a teherátadó vasalás, a hézagkiöntő anyagok alkalmatlanok voltak. Mindezek és a megfelelő színvonalú fenntartás hiánya megtették a magukét. A burkolaton a táblák között kialakult lépcsők, az 1970 előtt épült szakaszokon a beton fagyérzékeny volta miatti kátyúsodás tűrhetetlen állapotokhoz vezettek. Az 1968-ban forgalomba helyezett balpályát Martonvásárig 1977-ben, az 1965-ben forgalomba helyezett M1–M7 bevezető szakaszt a 2x3 forgalmi sávra való kibővítéssel egybekötött rekonstrukció során, 1978-ban aszfaltburkolatúvá kellett átépíteni, majd a balpálya majdnem teljes hosszában vékonyaszfalt szőnyeget kapott a 80-as évtizedben. Az M7 teljes körű aszfaltburkolatú átépítésére a 2000–2002-ben végrehajtott rekonstrukcióval került sor.

Az országos közúthálózaton 1975-től, az M7 építésnek abbahagyásától – leszámítva néhány kamionparkoló sávot és az autópályák útdíjszedő kapuihoz tartozó burkolatfelületet – nem épült betonburkolatú útpályaszerkezet⁴. 1973-tól, amikor már volt az országban az autópálya-építéshez is megfelelő aszfaltgyártási és beépítési felkészültség, a nagysebességű forgalomra alkalmas kopóréteg típus, a gyorsforgalmi utak (M0, M1, M15, M3, M5,) aszfaltburkolatú félmerev pályaszerkezettel épültek. A kopóréteg 1994-ig érdecsített homokaszfalt (ÉHA) volt, amit a zúzalékűdűs

³ Az ötvenes években épült repülőtéren betonburkolatok ugyanakkor megfeleltek a követelményeknek, mert azokon a téli üzemben nem használtak korrozív jégmentesítő szereket.

⁴ A magyar útépítő-ipar betonburkolat-építési tudását az 1980-as, 90-es években katonai repülőterek és a Ferihegyi repülőtér bővítési és rekonstrukciós munkáin, az akkori legmodernebb betonkeverési és beépítési technológiákat és felszereléseket használva őrizte meg.

masztixaszfalt (ZMA) kopóréteg váltott fel. Ez maradt 2004-ig a járatos megoldás azzal a fejlesztéssel, hogy a ZMA kopóréteghez modifikált bitument kezdtek használni a nyomvályú képződéssel szembeni jobb ellenállóképesség és a jobb hidegviselkedés reményében.

2. Visszatér a betonburkolat az országos közúthálózatra

A gyorsforgalmi úthálózat aszfaltburkolatú szakaszain a csatornázottan mozgó nehézforgalom okozta nyomvályúk a 1990-es évek elején jelentkeztek először (M1 Tatabánya–Győr jobbpálya, M0 déli szektor). Ez a jelenség más főutakon is felütötte a fejét. A jelenség okait illetően – mások mellett – a szerző is kifejtette annak idején az álláspontját [1] [2]. Az 1996-os Egri Útügyi Napokon dr. Liptay Andrással közös előadásában hívta fel a figyelmet az intenzív nehézforgalom igénybevételeinek tartósan ellenálló útburkolatok haladéktalan alkalmazásának fontosságára [3]. A felhívásnak akkor nem volt fogantaja.

Az ezredfordulón a meglévő gyorsforgalmi úthálózat akkor 2-25 éves aszfaltburkolatú félmerev pályaszerkezetein többféle hatásra

- a földművek elégtelen minőségére, a rossz víztelepítésre, a félmerev pályaszerkezetben testidegen M50-es alaprétegekre (hosszirányú repedések),
- a vákuumdesztillációs bitumenekkel, illetve a plasztomerrekkkel modifikált bitumenekkel készített ZMA típusú kopórétegek csekély téli termikus ellenálló-képességére (hálós repedések),
- az elégtelen aszfaltréteg vastagságokra (korán megjelenő reflexiós repedések),
- a nagynyomású, ún. „super single” gumiabroncsokat használó, csatornázottan, konvojban mozgó, 1+1+3 kerék-képletű nehéz-tehergépkocsik tömeges megjelenésére a nehézforgalomban (nyomvályúk)

visszavezethető, aggodalomra okot adó jelenségek kezdtek sokasodni. Az M0 autótú déli szektorában a nyomvályús burkolatszakaszok állandósuló javítása már nehezen tűrhető forgalmi torlódásokat okozott.

A gyorsforgalmi hálózat állami részének kezelője előtt világossá vált, hogy vannak olyan forgalmi igénybevételek, amelyeknek aszfaltburkolatú pályaszerkezetű utakkal nem lehet kellő színvonalon megfelelni. A közúti főosztály intenciói alapján a betonburkolat nyújtotta lehetőségek vizsgálatára a KTI Rt. tervei szerint négyrészes kísérleti útszakasz (hézagaiban vasalt, hézagaiban vasalt mosott felületű, vasalt hézagnélküli betonburkolatú merev, valamint nagymodulusú aszfaltburkolatú félmerev pályaszerkezet mint kontrollszakasz) épült a nehézforgalommal erősen terhelt 7538 számú úton [4].

A Nemzeti Autópálya Rt. (Na Rt.) által 2002 nyarán létrehozott és a szerző által vezetett alkalmi munkabizottság⁵ a gyorsforgalmi utak aszfaltburkolatainak jelent-

kező leromlási jelenségeket elemezve – figyelemmel az ország EU-hoz csatlakozásának útpályaszerkezeti szempontjaira⁶ – ésszerűnk ítélte azt az üzemeltetői igényt, hogy a legalacsonyabb életciklus költségű pályaszerkezet az egyedül elfogadható megoldás a gyorsforgalmi utakon.

A munkabizottság – számba véve a nemzetközi gyakorlatot, a 7538 számú úton a kísérleti szakaszok tapasztalatait [5] – 2003 őszén benyújtotta zárójelentését, melyben

- bevezette a gyorsforgalmi utak pályaszerkezeteinek tervezése során eddig használatos nehéz (**E**) és különösen nehéz (**K**) forgalmi terhelési kategóriákon túl a rendkívül nehéz (**R**, $F100 > 30 \times 10^6$) forgalmi terhelési kategória fogalmát;
- megállapította, hogy a 2015-ig megvalósítani tervezett gyorsforgalmi úthálózatból 2015-ben várhatóan ~10% az **E**, ~70% a **K** és ~20% az **R** forgalmi terhelési kategóriába tartozik;
- életciklus elemzések és próbaszakaszok építési tapasztalatai alapján az **E**, a **K** és az **R** forgalmi terhelésű utakon alkalmazandó pályaszerkezeteket illetően javasolta
 - a betonburkolatú merev pályaszerkezetek újbóli alkalmazásba vételét, valamint a nagymodulusú aszfaltburkolatok használatát a félmerev pályaszerkezetek esetében;
 - az **R** kategóriájú pályaszakaszokon a hézagaiban vasalt betonburkolatú merev pályaszerkezet előtérbe helyezését;
 - élmerev pályaszerkezetek esetében a **K** kategóriájú útszakaszokon a nagymodulusú aszfaltok kizárólagos használatát, az **E** kategóriájú útszakaszokon pedig a félmerev pályaszerkezetek aszfaltburkolatában elegendőnek ítélte, hogy csak a kopóréteg készüljön nagymodulusú aszfaltból.

Az **R** forgalmi terhelési kategóriába tartozó utak 35 évre számított életciklus-költségei⁷ a hézagaiban vasalt betonburkolatú merev pályaszerkezet előnyét mutatták a nagy-modulusú aszfaltburkolatú félmerev, illetve a nagymodulusú aszfalt kopórétegű kompozit pályaszerkezetekkel szemben [6].

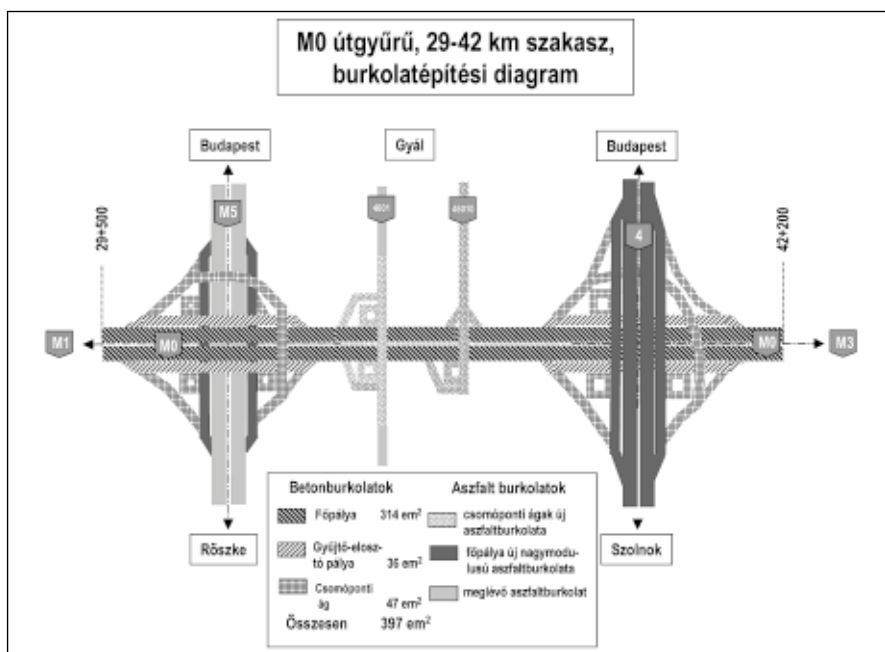
Az NA Rt. és az ÁAK Rt. a javaslatokkal egyetértett. Az NA Rt. tervezési diszpozícióiban a továbbiakban ennek megfelelően rendelkezett. A kormány 2003 decemberében úgy határozott, hogy a továbbiakban autópályaként kiépülő M0 – beleértve az autótú kiépítésű déli szektorának autópályává fejlesztését is – betonburkolattal épüljön.

A határozatnak megfelelően az M0 keleti szektorában az M5 autópálya és a 4-es főút közötti 13 km-es

⁵ A munkabizottság a KTI Kht., a BMGE Út-, Vasútéptérségi Tanszéke, valamint Hidak- és Szerkezetek Tanszéke vezetőiből és kutató mérnökeiből állt.

⁶ Az EU 96/53/ EK számú irányelvének megfelelően 2008-tól Magyarországon is engedélyezett lesz a 115 kN-os egyes tengely és 180 kN-os kettőtengely terhelés használata a jelenleg szabványos 100 kN-os egyes és 160 kN-os kettőtengellyel szemben

⁷ Az építés, valamint a pályaszerkezet élettartama idején a fenntartás és az üzemeltetés felmerülő költségeinek az építés évére diszkontált összege



1. ábra: Az M0 keleti szektor 29–42 km szakaszának burkolatépítési diagramja

nehézforgalommal terhelte utakon hosszú élettartamú, moderált élettartam-költségű útpályaszerkezeteket alkalmaznak. Az európai országok pályaszerkezet tervezési és építési gyakorlata szerint a csatornázottan mozgó nehézforgalom hatásait akár nagymodulusú aszfaltburkolatú hajlékony vagy félmerev, akár betonburkolatú merev, akár kompozit burkolatú merev pályaszerkezettel ki lehet védeni. A betonburkolat a nemzeti kezelésű közúthálózat ilyen igénybevételű útjain Ausztriában, Belgiumban és Németországban jelentős, más országokban (pl. Csehország, Egyesült Királyság Franciaország, Hollandia, Spanyolország, Svájc) az aszfaltburkolatú utak részaránya a domináns (3. táblázat).

2. táblázat

Az R forgalmi terhelési osztályú útpályaszerkezetek áráránya az M0 keleti szektorában

Pályaszerkezet	M0 keleti szektor		M6	M0 keleti szektor		M6	
	szakasz						
	29–42 km sz.	31-es főút-M3	M0-Érdi tető	29–42 km sz.	31-es főút-M3	M0-Érdi tető	
	Bizottsági kalkuláció	A győztes ajánlat			Győztes ár / Bizottsági ár		
A 2003-as bázisra redukált árak arányai							
26 cm vtg. hézagaiban vasalt betonburkolatú, 20 cm CKT-4 alaprégű merev	1,00	1,00	1,00	1,00	0,72	0,59	0,96
20 cm vtg. nagymodulusú aszfaltburkolatú, 20 cm kraftolt C12 + 1 cm SAM alaprégű, félmerev	1,16	1,37	1,78		0,84	0,90	
18 cm nagymodulusú aszfaltburkolatú, 20 cm repesztett CKT-4 + 1 cm SAM alaprégű, félmerev				0,96			0,91

szakasz tenderét hézagaiban vasalt betonburkolatú pályaszerkezettel írták ki 2004 elején. A betonburkolat az M0 szóban forgó szakaszának 2005. december 17-i forgalomba helyezésével 397,5 em²-es mennyiségben⁸ (1. ábra) visszatért az országos közúthálózatra [7]! A győztes árajánlat igazolta a munkabizottság árbecslésének helyénvalóságát. Ezt megerősítette a keleti szektor 4-es főút–M3 közötti szakaszára 2005-ben tartott két további versenytárgyalás eredménye is, ahol már az EU-s finanszírozás jótékony hatása is érvényesült az árakban (2. táblázat). A betonburkolatú merev pályaszerkezet látnivalóan olcsóbb volta miatt így tervezik az M0-ást az M3-assal összekötő M31-es autópályát is.

3. Betonburkolatok a magyar közúthálózaton

A Magyarországhoz hasonló éghajlatú országokban egyre inkább tért nyert az a gyakorlat, hogy az intenzív

Az európai gyakorlat szerint az intenzív nehézforgalmú, tradicionális anyagokat használó hajlékony vagy félmerev pályaszerkezetek tervezési élettartama⁹ 20 év, a nagyerevségű vastag alaprégű nagymodulusú aszfaltburkolatú pályaszerkezeteké akár 40 év is lehet [8]. A betonburkolatú merev pályaszerkezetek élettartamát 45-50 évre teszik, tervezési élettartamukat 40 évre veszik fel, bár hangsúlyozzák az ilyen távra szóló forgalombecslés bizonytalanságait [9].

Az üzemeltetési tapasztalatok szerint a nehézforgalom és a téli üzem igénybevételei a kiváló tulajdonságú modifikált bitumenekkel készített aszfalt kopórétegek üzemi élettartamát is 8-12 évre korlátozzák. Ebből következően az ilyen pályaszerkezetek kopórétegeit, esetleg kötőrétegük egy részét is ilyen ciklu-

⁸ Ez a mennyiség kerekén 18 km 2x2 sávú autópályára folyó főpályai és leállósávjai burkolata felületével egyenlő.

⁹ Ez az időtartam, aminek a végén az adott pályaszerkezet meg kell erősíteni vagy újra kell cserélni, mert mint szerkezet elfáradt, és a megkívánt szolgáltatási színvonal a rutin fenntartási módszerekkel már nem érhető el.

A betonburkolatok aránya néhány európai ország közúthálózatán

Ország	A nemzeti kezelésű közúthálózat hossza 2002-ben [ekm]			A betonburkolatú utak	
	autópályák	a többi nemzeti út	Σ	hossza [ekm]	részaránya [%]
Ausztria	1,6	10,3	11,9	5,04	42,3
Belgium	1,7	12,6	23,3	2,25	9,6
Csehország	0,5	20,7	21,2	0,43	2,0
Egyesült Királyság	3,4	48,2	51,6	1,07	2,0
Franciaország	12,0	26,1	38,1	1,86	4,9
Hollandia	2,2	6,7	8,9	0,26	3,9
Lengyelország	0,4	17,6	18,0	0,18	1,0
Németország	11,7	41,3	53,0	12,5	23,6
Spanyolország	11,2	24,5	35,7	1,43	4,0
Svájc	1,7	18,1	19,8	0,15	0,8

Források: European Longlife Pavement Group, Dr Gáspár László közlése; Highway Agency UK, FEBELCEM Belgium.

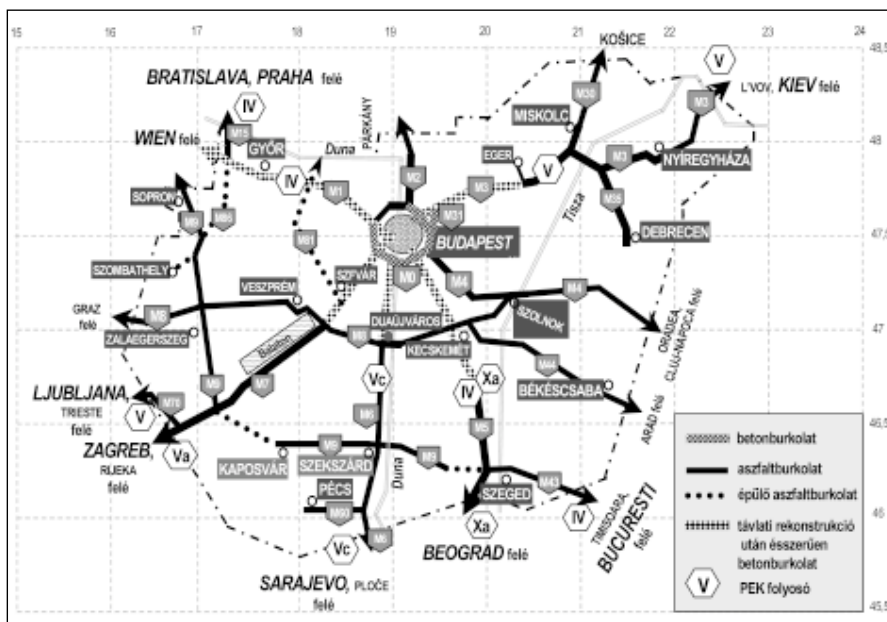
sokban ki kell cserélni, függetlenül attól, hogy a teljes pályaszerkezet teherbírásai kondíciói megfelelőek-e ebben az időpontban.

Mai ismereteink szerint úgy becsülöm, hogy 2015-ben a magyar gyorsforgalmi úthálózat kb. 20%-a (2. ábra) pályaszerkezetét első életciklusa lejártakor, tehát 2025–2050 között, kedvezőbb életciklus költségű pályaszerkezetekre kell cserélni. Ma nem tudjuk, de valószínűsítjük, hogy a betonburkolatok alkalmazása akkor is gazdasági előnyökkel járhat az aszfaltburkolatokkal szemben. Úgy vélem, hogy az aszfaltburkolatoknak a betonburkolatokéhoz mért aránya – a napjainkban tapasztalhoz hasonlóan – a betonburkolat előnyét fogja mutatni a bitumen és a tüzelőolaj árának a cementnél gyorsabb növekedési üteme miatt (4. táblázat). Úgy gondolom továbbá, hogy tűzvédelmi okokból minden közúti alagútban¹⁰ betonburkolatot kell tervezni, és célszerű az ilyen burkolat minden olyan útpályán, ahol az álló, a lassú, a lassan kanyarodó nehézjármű forgalom a mértékadó igénybevétel. Tehát: nehézjármű parkolóban, konténer terminálokban, nagy nehézforgalmú körforgalmakban,

buszöblökben és nehézforgalom által intenzíven használt szintbeli csomópontok csomóponti járműosztályozóiban.

4. Új szemlélet a pályaszerkezet-méretezésben

Az előbbi gondolatmenet azonban túlságosan leegyszerűsíti és egyben merevvé teszi a probléma kezelését. Alkalmaz-e a ma szabványosított pályaszerkezet-méretezés arra, hogy gazdaságilag is megfelelő választ adjon a következő kérdésre: mi a szükséges és elégséges megoldási módja annak, hogy a lehető legkisebb kezdeti beruházási értékkel hozzunk létre olyan útpályaszerkezetet, amely a



2. ábra: A betonburkolatok célszerű és lehetséges alkalmazási kiterjedése a magyar gyorsforgalmi úthálózatán 2015-ben

forgalom igényei szerinti szolgáltatási színvonalat nyújtja a tervezési élettartamon belül – feltételezve a megfelelő fenntartási és üzemeltetési, tehát útvagyonkezelési módszerek arányos alkalmazását?

Tudományosan is megalapozott útpályaszerkezet méretezést az aszfaltburkolatú hajlékony és félmerev pályaszerkezetek esetében az AASHO¹¹ kísérletek

A kötőanyag ára 1 m³ nagymodulusú aszfaltban és 1 m³ CP4/3 jelű betonban

4. táblázat

Megnevezés		2003	2004	2005	2006
A kötőanyag ára [eFt], 1 m ³	nagymodulusú aszfaltban (NMA)	11,4	11,8	10,1	11,8
	CP4/3 jelű betonban	7,6	8,2	8,8	9,6
	CP/NMA	0,67	0,70	0,87	0,82
1 m ³ aszfalt gyártásához szükséges fűtőolaj árának változása		1,00	0,98	1,08	1,25

¹⁰ Ilyen műtárgyak létesítése során van az M6 Bátaszék–Bóly szakaszán, és pl. az M0 budai oldali szektorai sem képzeltethők el nélkülük.

¹¹ American Association of State Highway Officials= Amerikai Állami Közúti Hivatalok Egyesülete.

1962-ben publikált eredményei nyomán világszerte elterjedt szemléletre alapozva az 1970-es évek elejétől alkalmazunk¹². A manapság használatos méretezési utasításunk¹³ típus-pályaszerkezetek gyűjteménye. A tervezési élettartamok: autópályákon és kiemelt jelentőségű önkormányzati utakon 20 év, országos és/vagy önkormányzati főutakon: 15 év, országos és/vagy önkormányzati mellékutakon 10 év.

A betonburkolatok méretezését ugyancsak típus-pályaszerkezetekre egyszerűsített utasítás szabályozza¹⁴, amely a rugalmas ágyazású lemezek méretezésre Westergaard által kidolgozott, majd többek által továbbfejlesztett összefüggések és egyenletek alapján áll. A tervezési élettartamok: autópályákon és főutakon 40 év, egyéb utakon 30 év.

Mindkét szabályzat sajátja, hogy az új út új pályaszerkezetének tervezési élettartamára határozza meg az egységtengely áthaladásban kifejezett tervezési forgalmat, mondván, ennyi forgalmat legalább el kell viselnie a pályaszerkezetnek, mielőtt teherbírását elvesztve tönkremenne, és ezért megerősítésre szorulna. Aszfaltburkolatú pályaszerkezet esetén az új tervezési időszakhoz tartozó tervezési forgalomnak megfelelő rehabilitált pályaszerkezetet a régi pályaszerkezet részben vagy egészben alapréteggként való számításba vételével, erősítő aszfaltrétegek felhordásával tervezzük meg. Betonburkolatú merev pályaszerkezet esetére egyelőre nincs elegendő tapasztalat olyan burkolatrehabilitációs módszerrel, amely a teherbírását vagy a felületi tulajdonságait vagy mindkettőt veszített betonburkolatot hézagaiban, repedéseiben, felfekvésében kijavítva, vékonybeton réteg ráépítésével betonburkolattá újítaná fel. A betonburkolatok rehabilitációja terén jelenleg is járatos nemzetközi gyakorlattal egyező hazai gyakorlat lényege: a leromlása miatt tönkrementnek minősített betonburkolatot összetörve merev alapréteggé minősítjük vissza, majd SAMI réteg + vékonyaszfalt avagy többretegű aszfaltburkolat ráépítésével félmerev útpályaszerkezetté építjük át. Másként járnak el Ausztriában: a korábbiakban különféle vékonyaszfalt technikákkal fenntartani próbált kiszolgált autópálya betonburkolatot keverőtelepi újrafelhasználással az újonnan épülő kétrétegű betonburkolat alsó rétegében adalékanyagként hasznosítják. Ez követendő módszer lehet nálunk is.

Akár az új pályaszerkezetek, akár a pályaszerkezetek rehabilitációjának tervezési gyakorlatát vizsgáljuk, meg kell állapítsuk: a túlzott biztonságra való törekvéssel a kezdeti beruházási költségeket a szükségesnél és elégségesnél magasabbra állítják be, tehát drága megoldásokat okoznak. Mindeközben a gyakorlat tulajdonképpen csak pályaszerkezet méretezés, és nem tervezés. Gyakorlatunk indokai közismertek: a közúthálózatért felelősséggel tartozó szervezetek nem

kockáztathatják meg, hogy a nehézforgalom fejlődésével arányosan fejleszhető pályaszerkezeteket tervezzenek, mert az állami költségvetéstől függő útfenntartási források sohasem akkorák, hogy az úthálózaton – akár csak a főutakon is – a beépített pályaszerkezeti anyagok elfáradásának ciklusában beavatkozzanak¹⁵, akár csak egy felújítás erejéig is, nem is beszélve az adott útszakasz esedékes rehabilitációjáról. Lényegesen más volt pl. az M5 autópálya Kecskemét–Kiskunfélegyháza szakaszát 1995–96-ban koncesszióban megépített AKA Rt.¹⁶ gyakorlata. A társaság vastagabb hidraulikus alaprétegű és vékonyabb aszfaltburkolatú pályaszerkezetet alkalmazott az első ütemben 10 éves forgalomból számítható F100-t figyelembe véve. Az aszfaltburkolaton már az utóbbi néhány évben megjelentek a fáradásra utaló repedések. A jelenség kezelése tavaly megkezdődött, és folyamatosan tanúi lehetünk annak a burkolat-felújításnak és megerősítésnek, ami a matricás útdíj bevezetése óta (2003) megnövekedett nehézforgalmat figyelembe véve, a következő tíz évre megfelelő színvonalú kis fenntartásigényű pályát eredményezhet.

Az állami kezelésű gyorsforgalmi útjainkon az elmúlt 30 évben a mindenkor méretezési utasítás szerint tervezett, jó minőségű földművön megépített félmerev útpályaszerkezeteinken a következőket tapasztaltuk. Teherbírás elvesztésére visszavezethető tönkremennel nem fordult elő, annak ellenére, hogy a tényleges nehézforgalom mindig meghaladta a tervezettet. Viszont a pályaszerkezetek aszfaltburkolatai, elsősorban azok kopórétegei moderált költségeket igénylő fenntartással megtartható jó állapotukat legjobb esetben csak a tervezési élettartam feléig, azaz tíz évig őrizték meg¹⁷. Az okok sokfélék, elemzésük nem e tanulmánynak a feladata. Viszont aláhúzzák, hogy indokolt olyan teljesítményelvű pályaszerkezet méretezési és erre alapozott pályaszerkezet-tervezési eljárások bevezetése,

- amelyek a tervezési forgalmat nem az önkényesen felvett tervezési élettartamra, hanem a tapasztalatok alapján ma már jól becsülhető életciklus forgalomfejlődésre állapítják meg, figyelemmel a fejlődés dinamikájára;
- amelyekhez alkalmas költség-előny analízis kapcsolódik, amelynek használata révén megfontolhatóak a pályaszerkezetek lépcsőzetes kiépítésének lehetőségei.

Ilyen szemléletű pályaszerkezet tervezéssel tudja a tervező mélyrehatóan megvizsgálni a lehetséges megoldásokat, és ezek alapján terjeszthet megfontolt döntési változatokat a megrendelő elé. Ebben az eljárásban

- a forgalmi modellezésnek választ kell adnia arra a kérdésre, hogy milyen az F100-at meghatározó

¹² Hajlékony útpályaszerkezetek méretezési utasítása (HUMU). A KPM Közúti Főosztály rendelete 1971-ben, majd utóda.

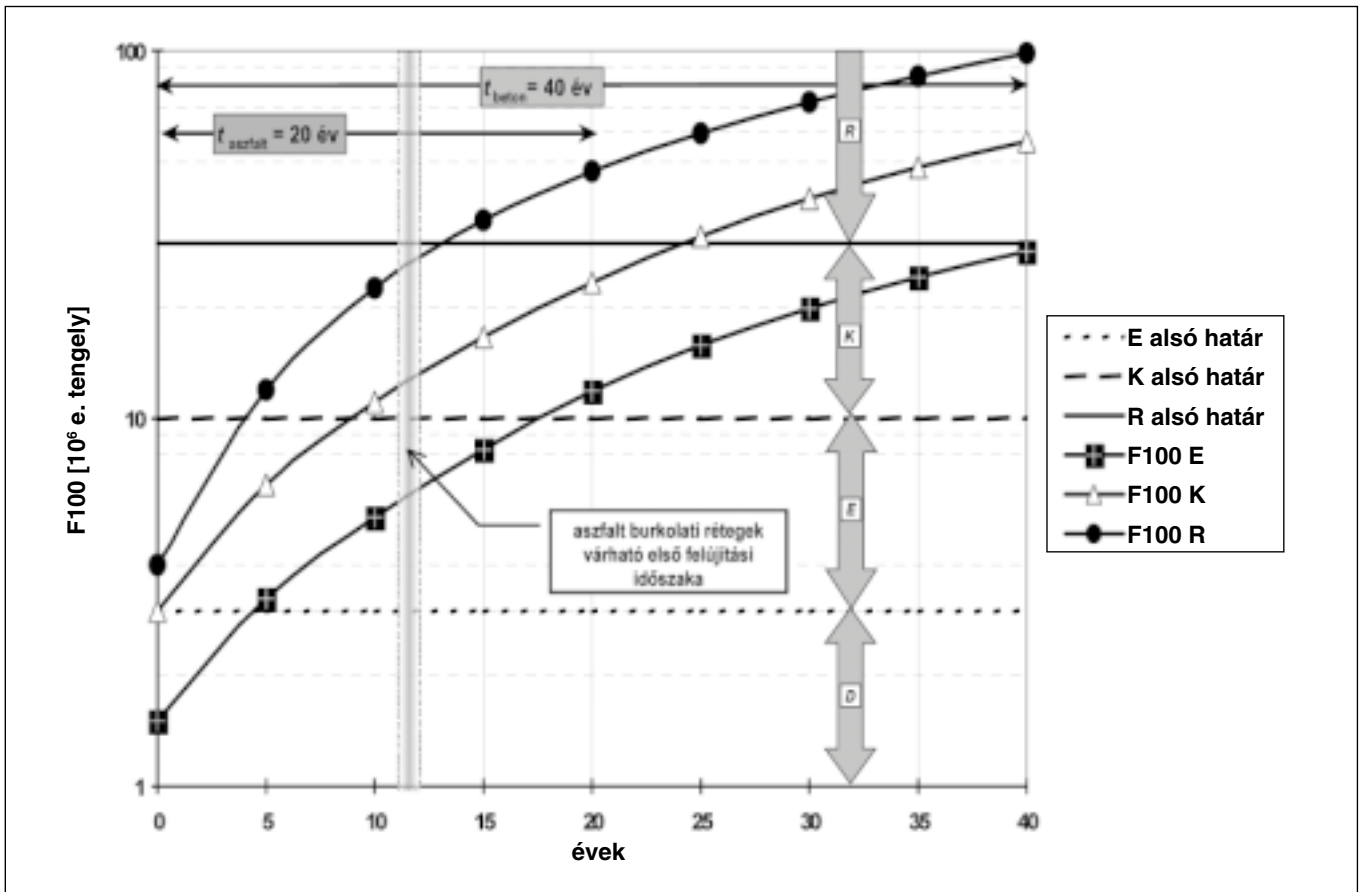
¹³ ÚT 2-1.202:2005 „Aszfaltburkolatú útpályaszerkezetek méretezése és megerősítése” megnevezésű Útügyi Műszaki Előírás.

¹⁴ ÚT 2-3.211:2000 számú „Betonburkolatú útpályaszerkezetek méretezése” megnevezésű, jelenleg korszerűsítés alatt álló Útügyi Műszaki Előírás.

¹⁵ Az UKIG adatai szerint az országos közúthálózaton – a hálózat átlagában – a pályaszerkezeti beavatkozások ciklusideje az 1993-as 16 évről 2005-re 40 év körülire növekedett [10].

¹⁶ Alföld Koncessziós Autópálya Rt.

¹⁷ Ezen belül az ÉHA kopórétegek 20 évet is megéltek, a vákuumdesztillációs bitumennel vagy plasztomerrel modifikált bitumennel készített ZMA kopórétegek egyes szakaszokon már öt év után is cserére szorultak.



3. ábra: A pályaszerkezet-méretezés alapját adó F100 érték kialakulásának elvi lehetőségei

nehézforgalom fejlődési dinamikája és természetesen. A válaszból levezethető, hogy van-e lehetőség, és gazdaságilag ésszerű-e a pályaszerkezet lépcsős méretezésére. Enyhe dinamikájú nehézforgalom fejlődésnél bizonyosan van, tehát kihasználhatók az aszfaltburkolatú pályaszerkezetek ilyen értelemben adott előnyei. Erős dinamikájú fejlődésnél valószínűleg nincs, mert az egységtengely áthaladások száma már a tervezési élettartam korai szakaszában akkora, hogy mai tudásunk szerint a betonburkolatú pályaszerkezetek tervezését indokolják. A 3. ábra a vázolt lehetőségek vizsgálatának szemléletéről tájékoztat.

- olyan pályaszerkezet-tervezési módszerek használata indokolt, amelyek életciklus elemzéssel egybekötve mutatják be a lehetséges pályaszerkezetek előnyeit és hátrányait. Mai pályaszerkezet méretezési előírásaink nem ilyenek. Továbbfejlesztésük halaszthatatlan.

Úgy gondolom, a vázolt szemléletű tervezési gyakorlat adhat csak választ arra, hogy az országos közúthálózat fejlesztése és hálózati elemeinek rekonstrukciója során az egyes forgalmi kategóriákban melyek a hatékonyan alkalmazható útpályaszerkezetek.

Irodalom

- [1] *Dr. Keleti Imre:* Az aszfaltutak minőségéért vállalható felelősség. Teendők a plasztikus deformációknak ellenálló aszfaltkeverékek tervezése terén. *Az Aszfalt.* 1995. 1.
- [2] *Dr. Keleti Imre:* A nyári burkolatkárok jelensége. Javaslat a probléma komplex kezelésére. *Közúti és Mélyépítési Szemle.* 1995. 1. Bp.
- [3] *Dr. Keleti Imre – dr. Liptay András:* Gondoljuk újra útpályaszerkezet tervezési és építési gyakorlatunkat. *Közúti és Mélyépítési Szemle.* 1997. 2. Bp.
- [4] *Dr. Boromisza Tibor – Dr. Liptay András:* Az útbetonburkolatok építésével szerzett hazai tapasztalatok. *Közúti és Mélyépítési Szemle.* 2000. 5.
- [5] *Dr. László Gáspár – Dr. Katalin Karsay:* Cement concrete pavements in the Hungarian road policy. *Proceedings of International Conference on Concrete Pavements.* August 14–18, 2005. Colorado Springs, Colorado, USA
- [6] *Dr. Keleti Imre:* Rendkívül nehéz forgalmi terhelésű utak pályaszerkezetei. *Az Aszfalt.* 2003. 4. Bp.
- [7] *Dr. Keleti Imre:* Egy újabb évtized eredményei a gyorsforgalmi úthálózat fejlesztésében. II. A hálózatfejlesztési program megvalósítását támogató műszaki fejlődés. 2006-ban leadott kézirat a *Közúti és Mélyépítési Szemlének*
- [8] *European Asphalt Pavement Association (EAPA):* Heavy Duty Pavements 1996. Breukelen, The Netherlands
- [9] *J. Söderquist – J. Silfwerbrand:* Design of Concrete Pavements. Comparison between Swedish and U.S. Methods. *Proceedings of International Conference on Concrete Pavements.* August 14–18, 2005. Colorado Springs, Colorado, USA
- [10] *Simon Attila:* Az országos közúthálózat burkolatállapota. Előadás a MAUT akadémián 2006. 04. 04-én