



Ivándy-Somogyi Dénes:

## MŰANYAG SZIGETELÉSEK ÉS BURKOLATOK A HÍDÉPÍTÉSBN

A közlekedés és szállítás növekedése a közúti terhelések, különösen a járműterhelések rohamos emelkedését eredményezte, de a közúti járművek sebessége is fokozódott, sűrűsége is növekedett. Ez az utak, hidak, általában a közúti közlekedés pályaalemeinek mindinkább fokozódó igénybevételével jár. A megnövekedett követelmények új, nagyobb kapacitású, szélesebb és nagyobb teherbírású közlekedési vonalakat kívánnak, lehetőleg szintbeni keresztvezetődések nélkül.

Míndezek a tényezők nemcsak több hidat és a hidaknál nagyobb pályaszélességet, nagyobb teherbírást és sok esetben — mint a szélesebb útpálya áthidalásánál is — nagyobb feszítávolságot jelentenek, hanem ferde vagy ívben épült hídszerkezetet és a hídpálya változó, sőt — ellenívben — változó túlmeletését is megkívánják.

A hídszerkezeteket tehát a forgalmi követelményeknek megfelelően kell át- vagy kialakítani, ami — még a modern szerkezeti megoldásoknál is — úgyszólván mindig a szerkezet súlyának növekedésével jár. A fejlődésnek tehát szükséges velejárója az a törekvés és műszaki fejlesztési célkitűzés, amely a híd önsúlyának csökkentését célozza. Elsősorban azokat a holtterheléseket célszerű csökkenteni, amelyek még a teherviselésben sem vesznek részt: pl. pályaburkolat vagy pályaszigetelés. A második világháborút követően a hídpálya-szigetelés elhagyása volt az irányzat, tartószerkezettel együttműködő „kopóbeton” burkolat épült. Később az aszfaltburkolat alatti szigetelést hagytuk el, feltételezve, hogy az aszfalt önmagában szigeteléseként is hatásos. Mindkét elgondolásról kiderült, hogy hibás. Számos híd felszerkezetét újjá kellett építeni, jó esetben csak a burkolatot kellett kicserélni, de ezt megelőzően a szigetelést is szakszerűen el kellett készíteni. Jobb híján vasbeton hidakon a régi megoldásra: repedés ellen vas-

hálóval biztosított védőbeton alatt 3 vagy több rétegű ragasztott kátránypapír szigetelésre kellett visszatérni. Ez egymagában is tetemes terhelés, ugyanis a kátránypapír szigetelést csak a megfelelő ráterhelés — 5 cm vastag betonréteg — védi meg az idő előtti tönkremeneteltől. Hazánkban a leggyakoribb pályaburkolat az 5—6 cm vastag öntött aszfalt, illetőleg a betonburkolatú utak hídjain legalább 10 cm vastag bazaltbeton. Így a szigetelés és burkolat együtt négyzetméterenként 200—400 kp terhelést jelent, amely több mint fele a megoszló hasznos terhelésnek. Betonburkolat esetén a terhelés még nagyobb, ugyanis 4 cm védőbeton és profilbeton épül a bazaltbeton burkolat alá. Ilyen holt súly a betonhoz képest könnyű acélszerkezeteken ma elképzelhetetlen, sűrgetőbben lépett fel tehát az igény az acélhidakon a szigetelés és pályaburkolat korszerű megoldására. E probléma az egész világon jelentkezett, megoldására számos javaslat is született. E javaslatok közül a műanyagok felhasználása látszik a legcélszerűbbnek, mert igen kis vastagsággal, így kis önsúllyal, egyszerre megoldja a szigetelés és a burkolat kérdését is, bár a szigeteléssel és pályaburkolattal szemben támasztott igényeket kielégítő alapanyag egyelőre még drága.

A műanyagok alkalmazása — különösen a finommechanika, elektrotechnika és gépészet terén — már régóta tért hódított. A közlekedéscsőépítésben mindaddig azért nem használják széles körben, mert igen sok, gyakran egymásnak ellentmondó követelmény kielégítését várjuk alkalmazásuktól. E sajátos követelmények egyrészt a természet állította fizikai, kémiai, leggyakrabban légköri hatások következményei, amelyek az építés mostoha körülményei közt való felhordás vagy bedolgozás velejárói, így nem fordulnak elő a műben való gyártásnál, de a műanyagok

legtöbbjénél szükséges egyéb feltételek (hő-, vegyszer-, mechanikai kezelés stb.), a finom adagolás és megmunkálás is nehezen teljesíthető a mélyépítésben. Még szerteágazóbbak a közlekedés hatásából származó követelmények, amelyek pl. a szigetelőanyagtól jó vízzárást, időjárás- és vegyszerállóságot, tapadást, nagy nyúlást, a védett felület anyagával közel azonos rugalmasságot és hőtágulást kívánnak meg, míg a pályaburkolattal szemben nagy szilárdságot, rugalmasságot, kopás és vegyszerállóságot, nyúlást, emellett alaktartás és csúszásmentes felület a követelmény. A dilatációk esetében pedig szigetelni kell, és a mozgásokat károsodás nélkül kell követni. Minden alkalmazásnál ezeken felül elsődleges követelmény: a műanyag ne öregedjék.

Sok esetben javításra, kisebb hiányok pótlására is használni kívánjuk a műanyagokat, ezért a közlekedési és mélyépítés területén úgyszólván kizárólag a ragasztó, kötőhatású műanyagokat alkalmazzák. A fenti követelményeket legjobban a poliaddíciós folyamattal keletkezett térhálósodó műanyagok elégítik ki. Az ilyen óriásmolekulájú anyagok hálószerkezete ugyanis ma már olyan tág határok közt változtatható, hogy megoldott a rideg filmekről a gumiszerűig, és az acélszerűen keménytől a képlékenyig úgyszólván bármilyen mechanikai tulajdonságú ragasztó előállítására. A fenti anyagok közül különösen kiemelkednek az epoxigyanták és a poliészter gyanták, amelyeknél a kémiai folyamat szobahőmérsékleten, de szükség esetén alacsonyabb hőfokon is lefolyhat, sebessége tág határok közt változtatható és a folyamat igen csekély, gyakorlatilag elhanyagolható zsugorodással jár. E mellett ragasztó hatása, valamint a keletkezett anyag víz- és vegyszerhatással szembeni ellenállása rendkívül nagy. Ez indokolja, hogy az UVATERV Hídirroda érdeklődése e két anyag,

elsősorban — a szigeteléseként és pályaburkolathoz alkalmasabb, de egyéb tulajdonságai folytán is előnyösebb — epoxigyanta felé irányult. Mivel a műanyagok alkalmazására a mélyépítésben nem volt hazai tapasztalat, először a KPM Közúti Főosztály elvi irányításával és segítségével kísérletek folytak a Műszaki Egyetem hídtanszékein, az UKI-ban és az ÉTI-nél, később az ÉMI-nél is. Az első kísérletsorozatot 1963-ban az ÉKME Acélszerkezet Tanszéke végezte az UKI bevonásával és az UVATERV megbízottjának közreműködésével. A kísérletek célját tekintve két feladatcsoport különböztethető meg:

adatszerzés a pályaburkolatként alkalmazott epoxigyanta viselkedésére;

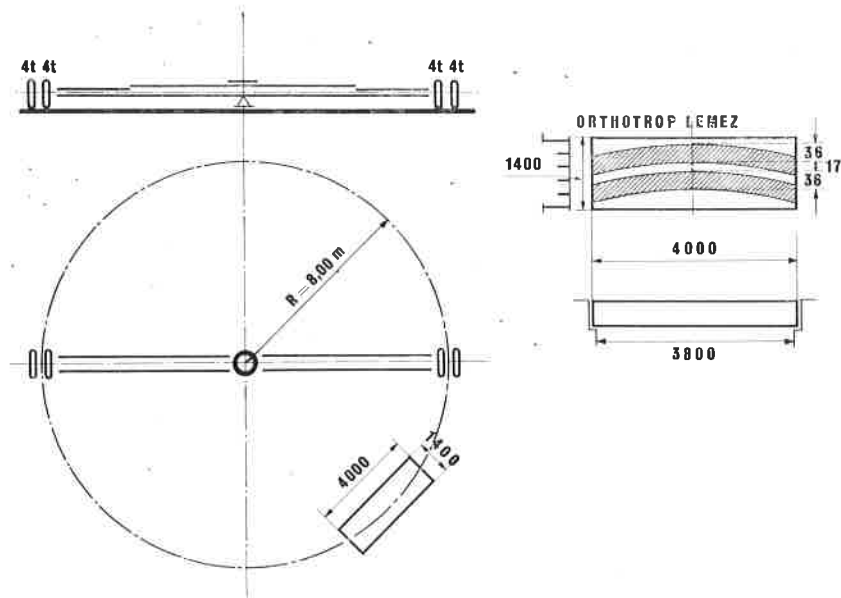
pályaburkolatként használható különböző anyagok és acél pályalemez egyúttal dolgozása, ha a ragasztóanyag epoxigyanta, amely egyúttal szigetelés is.

Elsősorban magyar gyártmányú epoxigyantát (Epamin III) használtunk a kísérleteknél, ellenőrzésre és összehasonlításhoz a magyar gyantához hasonló svájci eredetű (Araldit 106), továbbá angol (Epikote 815 és 828) epoxigyantákkal is folytak kísérletek. E tulajdonságaikban nagyon hasonló gyantatípusok szobahőmérsékleten 24 óra alatt keményednek, teljes szilárdságukat 4—6 nap alatt érik el.

### Kísérletek epoxigyantás pályaburkolattal

A pályaburkolatként felhordott epoxi- és epoxihabarc-s rétegeket körjáró berendezéseken gördülő kerekek forgalmának vetettük alá. Az egyik berendezésen (1. ábra) az epoxiburkolatot 3,80 m fesztávú orthotróp pályalemezre hordtuk fel és kettős, egyenként 4 Mp súlyú gumiabroncsos kereket járatunk körbe. A másik berendezésen (2. ábra) az acélabroncsos kerekek futottak körben és az epoxiburkolatot a 37,21 minőségű, terheléskor hajlításra ( $b = 2600 \text{ kp/cm}^2$ ) igénybe vett acéllemezre kenve, továbbá a betonpályába vésett és cementhabarcscsal kikent sekély fészkekbe öntve (beton pályalemez burkolatának modellje) vizsgáltuk. A burkolatra az 500 kp súlyú acélabroncsos kerék hatása rendkívül kedvezőtlen, 200—400  $\text{kp/cm}^2$  lokális igénybevételt jelent.

Kétféle, Epamin III. epoxigyantával készített bevonatot vizsgáltunk pályaburkolatként.



1. ábra Gumiabroncsos vizsgálat

a) 50  $\mu$  vastag epoxigyanta-réteget Epamin hígítóval 1:1,5 arányban (gyanta : hígító) keverve, ecsettel való mázolóssal felhordva koptatóréteg vagy szórás nélkül (alpmázolás).

b) A fenti bevonatra, felhordása után  $\frac{1}{4}$  óra elteltével, lőműves-simítóval habarcsréteg került. A habarcscs keverési súlyaránya 1:2:7 (gyanta : hígító : adalék). Az adalék száraz kvarchomok, bazaltzúzalék vagy gyöngykavics volt 2,0 mm max. szemnagysággal. Kísérletek folytak 100  $\mu$  alpmázolásra felkent hígító nélküli habarcscsal is, és ezek hozták a gyakorlat számára használható eredményeket.

A fémfelületeket az alpmázolás felhordása előtt homokfúvással fényesre csiszoltuk és kétszeres acetonos lemosással zsirtalanítottuk. A fészkek betonfelületét levegőfúvással portalanítottuk, alpmázolást nem kapott, a habarcscsot közvetlenül a betonfelületre kentük fel.

A kísérletek értékelésénél az alábbi megállapítások születtek.

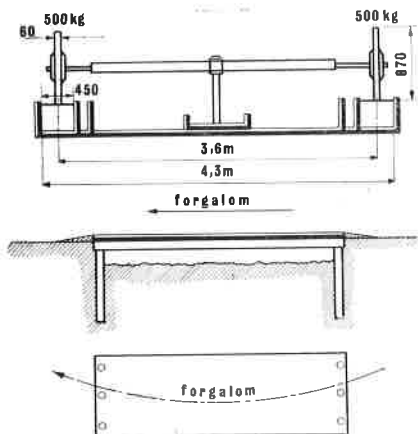
1. Az 50  $\mu$  de a 100  $\mu$ , töltetlen epoxigyantás mázolás is forgalom alá pályaburkolatnak alkalmatlan, azonban mint alpmázolás habarcscs alá és korrózió ellen védőbevonatként igen jól használható.

2. Kerülni kell a hígítók alkalmazását, mert a vékony rétegű bevonat megszakadhat, a vastagabb bevonatokban buborékok keletkeznek, inhomogén lesz, szilárdsága, kopásállósága és ragasztóhatása csökken.

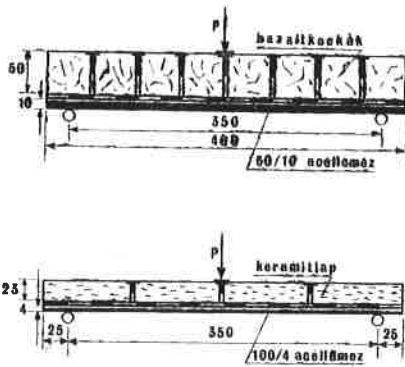
3. Már a 2—3 mm vastag epoxihabarcscs is jó pályaburkolatot képez, mind a gumiabroncsú, mind az acélabroncsú kerekek forgalma esetén.

Tapasztalataink szerint az epoxihabarcscs 152 000 ismétlés után semmiféle változás, repedés, alakváltozás, leválás nem következik be, csak abroncskopásból keletkezett elszíneződés észlelhető. A réteg még erőteljes kalapácsütéseknek is ellenállt, hidegvágóval is csak nehezen lehetett levésni. A levéselt darabok viszont könnyen morzsolódtak. Az epoxihabarcscs kopása — 100 000 igénybevétel után, gumiabroncs esetén — igen kicsi, mérési pontatlanságon (20  $\mu$ ) belül maradt.

Acélabroncs esetén, ha az adalékanyag	A kopás
folyami homok	0,54 mm
bazaltzúzalék	0,42 mm
gyöngykavics	0,22 mm



2. ábra Acélabroncsos vizsgálat



3. ábra Kővel (keramittal) merevített acéllemez próbatest

Későbbi vizsgálatok során kvarcúzalék-töltés esetén kisebb és elektrokorund adalékkal (német vizsgálat) még kisebb (0,05 mm) kopást észleltek. Megállapítható, hogy a jól készített burkolat kopása az adalékanyag kopásától függ.

A burkolat felülete érdes. Fagyott, havas felületen sem csúszik meg a gumiabroncs. Nagy hidegben nem rideg, kánikulában nem lágyul, alakváltozás tartós terhelés esetén sem észlelhető.

Jónak bizonyult az 1:7 (gyanta : adalék) súlyarányú keverék. Nagyobb gyantaadagolás esetén az adalékszemcsék lesüllyednek, soványabb keverék nehezen dolgozható be, a felület nem lesz folyamatos.

4. Egy másik tapasztalatunk az volt, hogy a pályalemez igénybevétele, lehajlása nincs befolyással az epoxihabarc burkolat tönkremenetelére. Aránylag nagy behajlások esetén sem válik el a burkolat a lemeztől.

5. Végül a bevonat jósága nagymértékben függ a pályalemez ragasztáshoz való előkészítésétől; fémtiszta zsírmentes acélfelület, illetőleg por, zsír és laza rétegektől mentes betonfelület esetén biztosított csak a tökéletes tapadás.

### A pályalemez és burkolat együtt-dolgozása

Az a törekvés, hogy az acélanyagú orthotróp pályaszerkezet minél vékonyabb lemezből legyen építhető, illetőleg a merevítőbordákat ritkábban lehessen elhelyezni, vezetett arra a gondolatra, hogy a pályalemez és burkolat együtt-dolgozva, biztosítsa a szükséges merevséget és teherbírást. A rugalmas együtt-dolgozás elmélete alapján kétrétegű tartószerkezet méretezésére elméleti megoldást is kidolgoztak,

melynek ellenőrzésére a számos kísérlet eredményei jó lehetőséget adtak.

A szokásos burkolatfajták közül csak a megfelelő szilárdságúak alkalmazhatók: kő, keramit, fa és epoxihabarc. A betonnal együtt-dolgozó acél elméletileg is, kísérletileg is ismertebb, ezért erre a kísérletsorozat nem terjedt ki. Kísérletek folytak az alanti acéllemezre ragasztott burkolatokkal:

1. bazalt kocka (3. ábra);

2. keramittlap;

3. bükkfa

a) kocka (5. ábra),

b) palló rosttal párhuzamosan és arra merőlegesen (4. ábra),

c) faburkolat (kocka, palló) erre felhordott műgyanta habarcsréteggel (5. ábra);

4. műgyanta habarcs 1:3—1:5 (gyanta: adalék) keverési aránnyal. Adalékanyag: bazaltúzalék, homok, gyöngykavics vagy ezek keverten (6. ábra).

A kísérletek csak részben jártak sikerrel, mert a különféle anyagok hőtágulási együtthatója és rugalmassági modulusa nagyon megnehezíti az együtt-dolgoztatást. A kísérletek idején ugyanis még nem volt ismert annak a módszere, hogyan lehet az epoxihabarc hőtágulási együtthatóját és rugalmassági modulusát úgy alakítani, továbbá a ragasztóhabarcs fajlagos nyúlását és vastagságát megválasztani, hogy a nagyon különböző fizikai tulajdonságokkal rendelkező építőanyagok együtt-dolgozása a legjobban legyen biztosítva.

Ennek tulajdonítható, hogy a kövek (bazalt, keramit stb.) együtt-dolgoztatása még nagy habarcsfelhasználás mellett sem növelte hathatósan az együtt-dolgozó szerkezet acéllemezhez viszonyított merevségét vagy teherbírást. Jó eredmények születtek az acéllemez és fa, továbbá az acéllemez és epoxihabarc együtt-dolgoztatásának vizsgálatánál.

A kísérletek során azonos elrendezésű, kéttámaszú, középen koncentrált erővel terhelt hajlított tartót vizsgáltunk, a lehajlást a teher alatt mérve. Teherbírásként az alábbi összehasonlításoknál a törőnyomaték értendő.

A 8 mm vastag acéllemezre ragasztott 4 cm vastag bükkfapalló (rostok tengelyirányban) a teherbírást tízszeresére növeli, a lehajlást  $1/20$ -ára csökkenti, mind pozitív, mind negatív nyomaték hatására, egy irányban teherviselő szerkezet esetén.

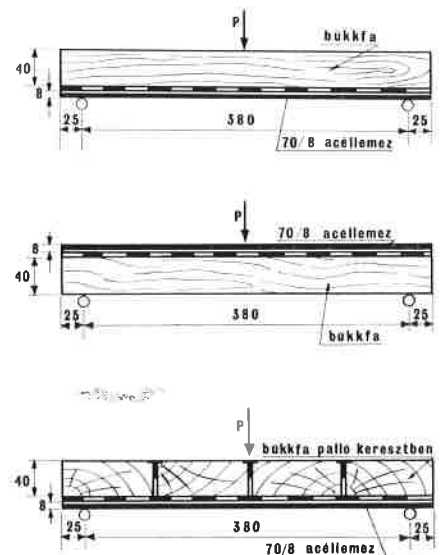
Minthogy a fa rugalmassági modulusa szálakra merőlegesen a szálirányú rugalmassági modulusnak kb.  $1/20$ -a, tartó-

tengelyre merőleges száliránnyal 8 mm vastag vaslemezre ragasztott 4 cm vastag falemez esetén az együtt-dolgozó szerkezet teherbírása csak négyszerese és a lehajlás  $1/6$ -a a 8 mm vastag acéllemeznek pozitív nyomaték hatására, negatív nyomatékra még kisebb a teherbírást. Kétirányban teherviselő lemezek esetén az alátámasztások elrendezésénél e jelenségre figyelemmel kell lenni, vagy több rétegű szendvicslemez alkalmazandó; kétrétegű falemezeléssel (szárelrendezés egymásra merőlegesen) vagy a falemezre 1,0—1,5 cm vastag habarcsréteg alkalmazásával.

Acéllemezre a szokásos elrendezéssel (farostok az acéllemezre merőlegesen) ragasztott fakockaburkolat nem ad jó együtt-dolgozó szerkezetet, a szálirány fentebb említett kedvezőtlen elhelyezkedése miatt.

A farost irány párhuzamos legyen a pályalemezzel, az ebből eredő nagyobb és főként egyenlőtlen kopás ellensúlyozására célszerű a fára felül műgyanta védőburkolatot készíteni, amely szigetel, korhadás ellen véd és kicsi a kopása. A vastagabb (1,0—1,5 cm) epoxihabarcsréteg az együtt-dolgozás folytán még igen számottevő teherbírásnövekedést is eredményez.

Az acéllemezrel együtt-dolgozó műgyanta habarcsréteg is merevebb tartószerkezetet ad, amelynek teherbírása a habarcsréteg vastagságának növelésével nő, de a műgyanta habarcs összetételétől is függ. A 8 mm vastag acéllemezre ragasztott, 1,2 cm vastag gyantahabarcs a teherbírást pozitív nyomaték esetén 9-szeresére növeli, a lehajlást  $1/6$ -ára csökkenti, negatív nyomaték



4. ábra Fával együtt-dolgozó acéllemez

esetén a teherbírás csak kétszeresére növekszik. 1,7 cm vastag epoxihabarc alkalmazásával a teherbírás az előzőnek duplájára növekedett.

A legjobb eredményt gyöngykavics-homok 4 : 1 keverésű adalékanyaggal, 1 : 5 (gyanta : adalék) súlyarányban kevert habarccsal sikerült elérni. Alacsony (−15 °C) és magasabb hőmérsékleten (+55 °C) is végeztünk vizsgálatokat, ezekben az epoxigyanta habarcsréteg nem veszített jó tulajdonságai-ból.

A kísérleti eredmények hasznosítására az Erzsébet-hídnál idő híján nem volt mód, de kivitelezőt sem sikerült találni és az új anyag fáradására nem voltak még beépített elemeken végzett megfigyelések, csak — bár igen jó eredményt mutató — kísérleti adatok. Azóta már ismeretes, hogy az epoxigyanta ragasztásokon, bevonatokon, burkolatokon nem látszik nyoma a fáradásnak, külföldi adatok alapján 25 éves, hazai tapasztalatok szerint 6 éves használat után sem.

### Ideiglenes hidak burkolata

Az első gyakorlati próbálkozás ideiglenes híd burkolataként készült. Régióta megoldásra váró kérdés ugyanis az ideiglenes hidak, provizoriumok burkolatának korszerűsítése. Az eddig használt fapalló koptatópallóval is igen drága, mert a nagy keréksúlyú és vegyesforgalom a fapallózat egyre sűrűbb alátámasztását és vastagságának növelését kívánta meg. E mellett már közepes forgalom esetén is 3 havonként, erős forgalom alatt pedig — különösen, ha lánctalpas járművek, traktorok is járnak a hídon — havonta fel kell újítani a faburkolatot, ami fában szegény országunkban nagy tehertertel.

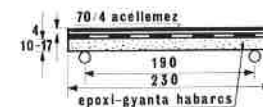
A forgalom és az időjárás hatásának jobban ellenálló burkolatok (pl. vasbeton) pedig nagy súlyuk miatt nem jöhetnek számításba a provizoriumokon.

Már a kísérletek ideje alatt elkészült az UVATERV-ben az ideiglenes hídként leggyakrabban használt Herbert-rendszerű összerakható rácsos hídra olyan elemekből összerakható acélszálú orthotróp pályalemez terve, amely a már amúgy is elégtelen teherbírású hossztartókat feleslegessé teszi és könnyebb, mint a régebben használt pályaszerkezet. E pályalemezek járófelületére epoxihabarc bevonatot terveztünk, egyelőre az acéllemez és epoxiréteg együttdolgozásának számításba vétele nélkül, 2—3 mm vastagsággal. A pályaelemekre az epoxigyantás burkolatot előre, a gyártó műben lehetett felrakni és a burkolat kiépítése után is, véglegesen a pályaelemen maradt volna.

A legyártott pályaelemek, éppen az epoxigyanta burkolat készítésének elhúzódása miatt jóval később, csak 1967 kora tavaszán kerültek beépítésre és csak félsiker született. A pályalemez előkészítése, nevezetesen a homokfúvás, nem történt meg és a zsírtalanítás sem volt megfelelő, ezért az epoxigyantás burkolat a forgalom hatására már az első héten több helyen kezdett feltöredezni. Tervezői intézkedésre az epoxiburkolat fölé 2 cm vastag kevert aszfaltot hordtak fel melegen, ami az epoxiburkolatra jól rákötött és megvédte azt a közvetlen kerékhatástól. A burkolaton 2 éven át igen erős forgalom bonyolódott le, amely úgyszólván teljesen lekoptatta az aszfaltréteget. Újabb beépítés előtt az epoxigyantás burkolatot szakszerűen újból el kell készíteni.

### A pályaburkolatok legkedvezőbb összetétele és technológiája

1964. évtől kezdve a Műszaki Egyetem vasbetonszerkezetek tanszéke is közreműködött az UVATERV megbízásából műgyanta alapú anyagokkal folytatott kísérletsorozataival, amelyekben az UVATERV megbízottai is részt vettek. Az UVATERV mérnökei — szerteágazó feladataiknak megfelelően — többféle kísérletet folytattak különféle céllal és szinte valamennyi kísérlet hozott olyan eredményt, amely a hídburkolatok és szigetelések kérdését előbbre vitte, vagy kiindulási alapot szolgáltat. Több kísérlet folyt

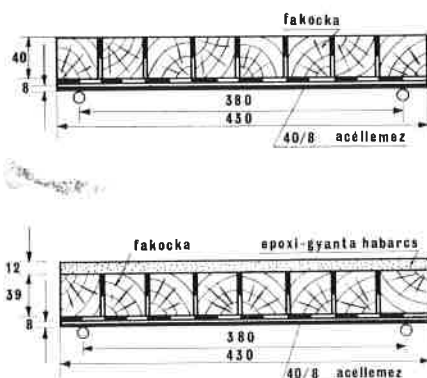


6. ábra Vaslemezrel együttdolgozó epoxigyanta habarcspályaburkolat

1965-ben, ezek feladata a hídpálya-burkolás és egyben szigetelés céljára legmegfelelőbb keverék tulajdonságainak meghatározása volt. E keverék összetételét az előző évben útjavítás céljára meghatározott legkedvezőbb keverékkel azonosra vettük.

Gyanta: A : B = 5 : 1	súlyszázalék
„A” komponens:	
Epikote 828 vagy 815	80,0
Fenyőgyanta olaj	16,0
Fenol	4,0
	<hr/>
	100,0
„B” komponens:	
Dietiléntriamin (DTA)	52,5
Fenyőolaj	47,5
	<hr/>
	100,0

Adalékanyagok: különféle szemcseösszetétellel végeztünk vizsgálatokat, a legrosszabb eredményt az 50—50 százalékos finom-durva szemcsekeverékekkel kaptuk, a legjobb eredményt az alábbi összetételű adalékokkal nyertük, ezek közül is a homokos kavics adalék bizonyult jobbnak, 10% gyantaadagolás mellett.



5. ábra Vaslemezrel együttdolgozó fakocka burkolat, védőbevonat nélküli és epoxihabarc védőbevonattal

	százalék
Homokos kavics:	
homok 0—0,02 mm átmérőjű	20
homok 0,2—1,0 mm átmérőjű	20
kavics 1—3 mm átmérőjű	60
	<hr/>
	100
Bazalt zúzalék:	
liszt	40
zúzalék	60
	<hr/>
	100

A vizsgálatok a legjobb keverékből készített 3—3 próbatést átlagára a következő értékeket adták:

Szilárdság	kp/cm <sup>2</sup>
Nyomó (törő)	603
Hajlító, húzó	203
Test	620
Húzó	84
Rugalmassági modulus E	150 000
Nyúlás (törési) ε	ε,6
Zsugorodás	0,1
Lassú alakváltozás (kúszási tényező)	E rugalmas ~3 E lassú

Kopás: 25 g = 3,2 mm forgó acélkorongon karborundum porral 440 fordulat után 30 kp nyomóerő alkalmazásával.

Vízfelvétel: 1,5 súly% 24 órán át elárasztva.

Gyanta fajsúly: 1,108 kp/l.

Epoxi egyenérték: 154 g.

Gyanta illóanyag tartalom: 8%.

Vízszigetelésre vonatkozóan ecsettel felkent egyszeres gyantabevonatot 3 att nyomásra vizsgálva semmiféle vízáteresztés nem volt észlelhető.

Vasbetonhídra országunkban az első epoxiburkolat a fenti gyantaösszetétellel (2,3 kg/m<sup>2</sup> gyantafelhasználás mellett) 1967. július 4-én készült, 12 óra alatt. További 24 óra múlva a hidat át lehetett adni a forgalomnak. A terv az UVATERV Hídirodáján készült és a kivitelezés is a Hídiroda irányításával folyt. A kereken 120 fm hosszú híd 1200 m<sup>2</sup> felületére készített burkolat költsége nem haladta meg a hagyományos szigetelés és burkolat árát.

Az alkalmazott felhordási technológia a következő volt: a gyantakeveréket nyeles kefékkel egyenletesen szétterítették, arra — még megkötése előtt — 2—4 mm szem nagyságú, rostált, mosott és szárított bazalt zúzalékot szórtak és könnyű hengerekkel tömörítették. Így 0,5—0,8 cm vastag burkolat készült.

A hídon igen erős, vegyes (gumi- és acélabroncsos) forgalom folyik. Mindaddig a burkolaton — pár m<sup>2</sup> kivételével —, amely már eredetileg nem készült megfelelően, semmiféle meghibásodást nem észleltek, a pályalemezen nincs nyoma az átázásnak, ez a jó szigetelést bizonyítja. A burkolat felületén a járművek közlekedését tekintve, az UKI folyamatosan végzett súrlódásra vonatkozó méréseket. Az eredmény kiváló; mind száraz időben, nagy melegben, mind nedves, nyálkás felület esetén, vagy havas téli időben, minden

másfajta burkolathoz képest biztonságosabb a közlekedés.

Eddig — a már említett néhány m<sup>2</sup> kivételével — javításra és karbantartásra nem volt szükség. A burkolat javítása, felújítása — az irodalmi adatok és hazai kísérletek alapján — könnyű, és főleg rövid idő alatt elvégezhető.

A laboratóriumi kísérletek kiterjedtek a kátrányepoxi ragasztók vizsgálatára is, így a magyar gyártmányú „Nerolin”-ra és a külföldi gyantákból készített keverékekre, pl.

A : B = 1 : 1 keverék	százalék
„A” komponens:	
Epikote 815	80
Fenyőolaj	16
Fenol	4
	<hr/> 100

„B” komponens:	
Kőszénkátrány	88
DTA	12
	<hr/> 100

Az ilyen kötőanyaggal készült burkolatok szilárdsága kisebb, mint a fentebb ismertetett epoxigyantás keverékeké, de vízfelvételük és kopásuk is kisebb. Fő előnyük az, hogy a kátránytartalom biztosítja a keverék bitumenhez való tapadását, ugyanis az epoxigyanták az olajtartalmú bitumenhez nem kötnek. E keverékek tehát a fekete burkolatok javításához és a fekete burkolatokhoz csatlakozó burkolat készítéséhez igen előnyösen használhatók. Epoxikátrány kötőanyagot az UVATERV Hídirodája által tervezett endrődi Hármas-Körös-híd medernyílása burkolatának építésénél alkalmaztunk, 1968. májusában, kizárólag magyar anyagok felhasználásával. A híd meder feletti szakasza 50 m nyílású feszített öszvérszerkezet, 8,5 m kocsiút szelvényű. A vasbeton pályalemezre először 1,0—1,2 kg/m<sup>2</sup> anyagfelhasználással alapmázolás került korongecsettel felhordva. A húzásban (szilárdulás kezdetén) levő alapmázolásra simítóval kenték fel a műgyanta habarcstól 0,8 cm vastagságban.

Az alapmáz összetétele:	százalék
Eporezit F 17	50
Kőszénkátrány	40
T-2	10
	<hr/> 100

A műgyanta habarcs	kötőanyaga:
A : B = 5 : 1	
„A” komponens:	százalék
Eporezit F 17	80
Fenyőolaj	20
	<hr/> 100

„B” komponens:	százalék
DTA	52
Fenyőgyanta	48
	<hr/> 100

Adalékanyag: zúzott kvarchomok 3 mm max. szem nagysággal.

Keverési arány; kötőanyag : adalékanyag = 1 : 6.

Az endrődi Hármas-Körös-hídon igen nagy a vegyesforgalom, a burkolat kitűnő állapotban van.

Aszfalt helyett készült műgyanta-burkolat a simontornyai Sió-hídon 400 m<sup>2</sup> alapterületen aszfaltburkolathoz csatlakozóan, 0—6 cm vastag perlitbeton kiegyenlítő rétegre. A műgyanta alapú burkolat ugyancsak kifogástalan állapotban van, az igen intenzív vegyesforgalom ellenére.

Az alapmázolás ugyanaz, mint a Körös-hídon. Az 1 cm vastag habarcs kötőanyaga az alapmáz anyagával azonos, az adalék örölt kvarcliszt volt. Keverési arány 1 : 6 (kötőanyag : adalék). A tapasztalat azt mutatta, hogy jobb az 1 : 5—1 : 4 keverési arány, jobban tapad és könnyebb bedolgozni.

#### Műgyanta szigetelés és védőréteg

A híd pályalemezének vízzel szembeni szigetelése igen fontos és minden esetben visszatérő feladat, mégis a hidak pályalemezén található meghibásodások legtöbbször szigetelési hibákra vezethetők vissza. E kérdés tehát megnyugtatóan még nincs megoldva. Így van ez egyes tisztántúli Keleti Főcsatorna hidakon is, melyeken a fekete burkolat alá egyáltalán nem épült szigetelés. A Tiszavasvári melletti (2. számú) híd régi aszfaltburkolatát le kellett bontani, a szigetelést és erre az öntött aszfalt burkolatot újból meg kellett építeni, de hasonlóan a munkálatokat még másik három (11., 16. és 22. sz.) hídon is el kell végezni.

A kísérleti credmények, a szakirodalom adatai és a hazai — bár kevés — tapasztalat alapján az itt alkalmazott, 1,8 kg/m<sup>2</sup> anyagfelhasználással épített két rétegű kátrányepoxi bevonat és a második rétegbe max. 3 mm-es bazalt zúzalékszórás, az aszfaltburkolat jobb tapadásának biztosítására várhatóan minden szempontból meg fog felelni.

Ugyanezen híd megrepedt pályalemezének injektálással való javításához is epoxigyantát használtunk.

Az UVATERV által tervezett televíziós tornyok vasbeton erkélylemezeinek burkolata egyúttal szigetelés is. A 2 kg/m<sup>2</sup> gyanta felhasználásával épülő

burkolat első, korongcsettellel vagy nyeles kefével felhordott rétege töltetlen epoxigyanta alapmázolás. A második, gumifésűvel egyengetett réteg régebben örölt bazalt, újabban örölt kvarcit adalékkal készül 1 : 5 (gyanta : adalék) keverési aránnyal. Így készült nemrég a hármashatárhegyi torony, de ilyen a debreceni, a hortobágyi, a gercsei, a gallyai stb. televíziós torony erkélylemezeinek burkolata is.

Nemcsak a hídpályára, hanem gyakran más hídelemek védelmére is szükséges a szigetelés. A bőnyrétalapi Bakonyér-híd tartószerkezetének feszítésére szabadon vezetett kábelek szolgálnak. A híd építésénél az 50-es évek elején, a kábelek védelmére szigetelésként kátrányos juta bandázs készült, amely azóta elkorhadt. Itt is a legjobb és legegyszerűbben kivitelezhető, egyben legtartósabb szigetelés epoxigyanta (magyar Eporezit) ragasztóval készült. Alapos letisztítás és zsírtalanítás után a kábelek először egy réteg töltetlen gyanta alapmázolást kaptak, amit üvegszövetrel fásliztunk. Az alapmázolás megkötése után újabb epoxigyantás védőbevonat készült, két rétegben.

### **Pályadilatáció és egyéb javítások**

Igen gyakori a hidakon a pályadilatáció meghibásodása. Ennek szakszerűs tartós javítása hosszú ideig még igen

körültekintő munka esetén sem volt biztosított, ugyanis nemcsak rögzítési, hanem szigetelési problémák is felmerültek.

A makói Maros-hídon kettérepedt a szerkezeti kő, saru- és dilatációcsere (rejtett), sőt a saruknál alóntésre is szükség volt. Az ilyen munka elvégzéséhez a hidat általában hosszú időre, legalább részlegesen le kellett zárni.

A javítást az UVATERV epoxigyanta felhasználásával tervezte. A kivitelezés bravúros munkával 8 óra alatt elkészült, a hidat át lehetett adni a forgalomnak. A gyors kötés és a rövid idő alatt elérhető nagy szilárdság utolérhetetlen előnye a műgyanta alapú kötőanyagoknak. Epikote 815 epoxigyantával készült a szerkezeti kő összeragasztó injektálása, az alóntésre folyami homokkal 1 : 4 keverési arányú habarcsot használtunk és a dilatációt is hasonló habarcsba ragasztottuk.

Epoxihabarcsba ragasztott dilatáció készült az abdai Rábca-hídra, továbbá magasításként epoxigyantás habarcsot terveztünk a mosonmagyaróvári Lajta-híd neoprén sarui alá is.

Teljesen új és igen érdekes, külföldön jól bevált megoldás a függőnyantennához üvegszállal merevített poliésztergyanta anyagú tartókábelek tervezése. Ez ideig megoldhatatlan volt, hogy az antennákat tartó drótkötelek a rövidhullám sugárzását ne zavarják. A jelenleg tervezés alatt álló megoldás-

ban csak a torony és kikötése acél és a sugárzók készülnek bronzból, a több kilométer (36 db 100 m-es mező) hosszú tartókábelek poliészterből, így nincsenek hatással az adásra és az eddig szükséges nagy mennyiségű porcelán szigetelés is elmarad, sőt a végek szorító kapcsolata is egyszerű.

A bemutatott példák — a legutolsó kivételével — a hídépítés elhatárolt kis részfeladatai műszaki szempontból jelentős előnnyel járó megoldására vonatkoznak. A hídépítésben számos más területen (előregyártott elemek összeragasztása, védőbevonatok stb.) kínálkozik lehetőség a műgyanták, és még egyéb műanyagok alkalmazására. Az UVATERV szerteágazó feladatainak úgyszólván minden ágában jelentős az előrehaladás a műanyagok sikeres alkalmazásában és a műszaki fejlesztés újabb és újabb feladatokat tűz ki. Talán legsürgősebb volna a műanyagok felhasználásánál jelentkező hátrányos költségreklációk és gyártási kérdések olyan megoldása az összes érdekelt iparágak összefogásával, amely csökkentené a műanyagok árát, ezzel a felhasználás lehetőségeit kiterjesztené és ugyanakkor az építéshez a követelményeknek mindenben megfelelő anyagok akadálytalan beszerzését is lehetővé tenné. Ily módon nyílnának meg valójában azok a műanyagok adta lehetőségek, amelyek ma még a műszaki fejlődésnek csak jelzett, de nem járt irányai.

**Dénes Ivándy-Somogyi:**

### **SOLATIONEN UND FAHRBAHNDECKEN AUS KUNSTSTOFF IM BRÜCKENBAU**

Die Verminderung des Selbstgewichtes der Brücken und hierdurch die Steigerung des Nutzlasttragvermögens derselben ist ein zwecks Lösung dieses technischen Entwicklungsthemas durch Anwendung von Kunstharzen verrichtet wurde, die Vorstellungen des Unternehmens UVATERV, Pläne, Versuche und Resultate, ferner die Erfahrungen, welche an den realisierten Objekten erworben wurden.

An der Budapester Technischen Universität wurden im Wege der mit Mitwirkung von UVATERV angestellten Versuche in- und ausländische Kunstharze untersucht. Als Ergebnis dieser Versuche ist es gelungen, für Strassenreparaturen, Brückenverkleidungen und Isolation gegen Wasser sehr gut verwendbare Harzmischungen, Mörtel, Belagstoffe und Klebmittel Rezepturen zu finden. Es wurde die Steife und Tragfähigkeit einer Tragkonstruktion untersucht, die durch das Zusammenarbeiten von Stahlblech und Fahrbelagmaterialien: Holz, Stein, Keramit und Kunstharzmörtel mit Epoxiharzklebstoff entstand, mit dem Zweck, dass die Stärke der Stahlfahrbahnplatte als Fahrbahndecke vermindert werden kann.

Das Resultat des Versuches wurde zuerst an der orthotropen Fahrbahnkonstruktion einer provisorischen Brücke erprobt, dann

wurde die erste Stahlbetonbrücke mit Epoxiharzdecke in einer Länge von 120 m über den Koponyás-Bach in Kám erbaut. Eine Fahrbahndecke mit Grundbelag aus Epoxiharz wurde bei der Brücke über den Hármas-Körös bei Endröd und bei der Brücke über den Sió bei Simontornya in Anwendung gebracht. Sämtliche Fahrbahndecken sind im ausgezeichneten Zustand.

Als Isolation wird ein Teer-Epoxiharzbelag bei der Erneuerung der Fahrbahndecke der 4 Brücken des Östlichen Hauptkanals im Gebiet von Tiszántúl angewendet. Zum Schutz der frei geleiteten Spannkabeln der Brücke über den Bakonyér bei Bönyrétalapi wird ein Korrosionsschutzbelag benützt. Bei mehreren Brücken wurde bei dem Umbau der sich gelockerten Dilatationsvorrichtung Epoximörtel mit gutem Resultat angewendet. Im allgemeinen wurde bei jenen Arbeiten, wo wenig Zeit zur Verfügung stand, Epoxiharz zur Reparatur oder zum Umbau mit sehr gutem Ergebnis angewendet. (Ausgießen von Lagern, Verpressung, Höhenkorrektur, usw.)

Der Verfasser hat sein Diplom als Bauingenieur an der Budapester Technischen Universität erworben und wirkte ebendort als Assistent. Nach dem zweiten Weltkrieg arbeitete er an dem Wiederaufbau des Verkehrs in Westungarn. Seit dem Frühling

des Jahres 1946 leitete er in Budapest Ausführungsarbeiten und wirkte auch als Projektant. Er nahm an dem Wiederaufbau, bzw. Aufbau der folgenden Objekte teil: Szabadság-, Lánç-, Margit-, Árpád-Donaubrücke in Budapest, Donaubrücke in Dunaföldvár, Tisza-Brücken in Tiszafüred, Tiszaföldvár, Szolnok, Überführungen in Polgárdi, Üllő, Monor, Brücke über den Fluss Zagyva bei Selyp.

Von 1952 an war er bei dem Unternehmen MÉLYÉPTERV, von 1953 an bei dem Brückenbüro des Unternehmens UVATERV Fachabteilungsleiter und leitete dann als leitender Projektant die Projektierung von provisorischen Brücken, Gerüsten, Bölzungen, Stützwänden und der Bautechnologie. Seine grösseren Arbeiten waren: Die Talbrücken bei Mecseknádasd, Varasd und Bolondut. Die Brücken des Östlichen Hauptkanals, Tiefensicker in Rudabánya, Brücken über die Flüsse Zagyva und Tisza bei Szolnok, Strassenbrücke über die Tisza bei Tiszafüred, Elisabethbrücke in Budapest, usw.

Wissenschaftliche Arbeit leistete er als Leiter des Arbeits-

ausschusses für Gerüste im Verband der Vereine für Technische Wissenschaft. Er nahm teil an der Zusammenstellung der Landesbauordnung und der Strassenbrückenordnung, an den Klebversuchen mit Kunstharz an der Technischen Universität, an Operationsforschungen. Er ist Verfasser des grössten Teiles vom „Handbuch für Werkmeister“ und Lektor des Fachbuches „Stahlrohrgerüste“.

Zur Zeit ist er Kontrolleur an der Abteilung für Güteinspektion bei dem Unternehmen UVATERV.

#### Abbildungsverzeichnis

- Abb. 1. Prüfung mit Gummireifen
- Abb. 2. Prüfung mit Stahlreifen
- Abb. 3. Mit Stein (Keramik) versteifter Stahlblech-Versuchskörper
- Abb. 4. Mit Holz zusammenwirkender Stahlblech
- Abb. 5. Mit Stahlblech zusammenwirkende Holzwürfeldecke ohne Schutzbelag und mit Epoxiharzschutzbelag
- Abb. 6. Mit Stahlblech zusammenwirkende Epoxiharzmörtel Fahrbahndecke

### Dénes Iványi-Somogyi:

#### PLASTIC INSULATIONS AND PAVEMENTS IN BRIDGE CONSTRUCTION

The reduction of dead load of bridges, thus increasing their useful load capacity, is an age-old endeavour. The article describes the work carried out to realize this theme of technical development by application of synthetic resins, the conceptions, plans, experiments and results of UVATERV as well as experiences gained through the realized establishments.

With the co-operation of UVATERV, the Technical University conducted experiments on Hungarian and foreign synthetic resins. As a result, formulas have been found for resin mixtures, mortars, coatings and adhesives useful for road repair, bridge deck pavement and water insulation. The rigidity and load capacity of supporting structures arising of and interworking by steel plate and paving materials as wood, stone, ceramite, synthetic resin mortar have been examined with the reduction of deck plate thickness in view.

The results of the experiments were tried first on the orthotropic deck structure of a temporary bridge, then the first reinforced concrete bridge with epoxy resin paving has been constructed in a length of 120 m across the rivulet Koponyás at Kám. Pavements with epoxi resin base have been constructed on the bridges of the Hármás-Körös at Endrőd and the river Sió at Simon-tornya. All of these pavements are in excellent condition.

Tar epoxy resin coating will be constructed as insulation at the resurfacing of four bridges of the East Main Channel east of the river Tisza. Anticorrosive coating will be applied to protect the exposed guy wires of the Bakonyér bridge at Bönyréta. The epoxy mortar has been used successfully at several bridges at repair work of loosened expansion structures. The application of epoxy resin was successful in particular with such work where the time at disposal was short (undercasting of bearings, injection, correction of elevation, etc.).

In conclusion, the author points out the fact, that the widespread use of synthetic resins as construction materials is hindered by their high price and difficulties of obtaining them and the solution of the problem is hoped to be achieved by the co-operation of those interested in this field.

The author took his degree in engineering at the Technical

University of Budapest and worked later also as assistant. After World War II he co-operated in the reconstruction of transportation in West-Hungary. From 1946 he conducted directing and designing activity in construction and reconstruction work in Budapest: the Danube bridges Szabadság, Lánç, Margit, Árpád and Dunaföldvár, the Tisza bridges at Tiszafüred, Tiszaföldvár, Szolnok, the fly-overs at Polgárdi, Üllő, Monor and the bridge of the river Zagyva.

From 1952 he worked with MÉLYÉPTERV, then from 1953 with UVATERV as Section Manager, Chief Design Engineer, respectively, directing the design work of temporary bridges, scaffolds, timberings abutments, and the constructional technology of afore-mentioned. Main designing works of the author: viaducts at Mecseknádasd, Varasd and Bolondut. Bridges of the East Main Channel, east of the river Tisza, deep-drain at Rudabánya, bridges of the rivers Zagyva and Tisza at Szolnok road bridge of the Tisza at Tiszahíd, the Elisabeth bridge in Budapest etc.

He performed scientific work as leader of the Working Committee on Scaffolding of the Technical Scientific Association, co-operated in the compilation of the National Constructional Regulation and Road and Bridge Regulations, in the experiments conducted by the Technical University on synthetic resin adhesives, in operation research, he is fellow-author of the Manual on Technical Management and reader of the technical book "Steel-Tube Scaffolds".

At present he is supervisor of the Quality Control Section of UVATERV.

#### List of figures

- Fig. 1. Tyre test
- Fig. 2. Steel band test
- Fig. 3. Steel plate test piece strenghtened with stone (ceramite)
- Fig. 4. Steel plate interworking with wood
- Fig. 5. Blockwood pavement interworking with iron plate; without protecting coating and with epoxy mortar protecting coating
- Fig. 6. Epoxy mortar deck pavement interworking with steel plate