

## Polimerdiszperziókkal módosított habarcsok és betonok

Ismert, hogy a cementalapú komponenseknél drágább polimerekkel javítani lehet a betonok és habarcsok számos tulajdonságát, pl. szilárdságukat, rugalmasságukat, szigetelőkéességüket, élettartamukat. Az alábbiakban az epoxigyanta habarcsokra kifejtett hatását és a habosított polisztirollal (EPS) módosított betonokról olvashatnak.

*Tárgyszavak: polimerdiszperzió; habosított polisztirol; beton; habarcs; epoxidiszperzió; építőipar; tulajdonságok módosítása.*

### Habarcsok módosítása epoxigyantával és akrilát emulziókkal

A polimerek alkalmazása a betonok készítésében és javításában – akár adalékként, akár kötőanyagként – jól ismert. Ha adalékként használják, akkor polimerrel módosított betonról és habarcsról beszélünk, ha maga a polimer a kötőanyag, akkor polimerbetonról, ill. -habarcsról van szó. *Tekintettel arra, hogy a polimerek jóval drágábbak a szervesetlen komponenseknél, a módosítás a gyakoribb megoldás.* A polimerrel történő módosítás javítja a szilárdságot, az adhéziót, a rugalmasságot, a szigetelőkéességet, a vegyszerállóságot és az élettartamot. Ilyen betonokat szívesen alkalmaznak előre öntött termékekénél éppúgy, mint betonjavításnál, vízszigeteléseknél, bevonatok készítésénél, útburkolásnál stb. A betonok és habarcsok módosítására a legkülönbözőbb hőre lágyuló és hőre keményedő gyantákat, folyékony polimereket, vízoldható polimereket, emulziókat stb. használják. A választott polimer minősége és mennyisége az elérendő céltól és az árártól függ. A polimerek mellett természetesen az adott recept számos egyéb adalékot (pl. felületaktív anyagokat, stabilizátort, habzásgátlót, színezéket stb.) tartalmazhat.

A polimerlátexek (emulziók) 0,05–5 µm átmérőjű polimerrészecskéket tartalmazó vizes diszperziók. A diszperziókban alkalmazott polimerek lehetnek kopolimerek (pl. etilén-akrilát, EVA, sztírol-butadién, többféle akrilát keveréke), de lehetnek pl. epoxigyanták is, amelyek rendszerint nem emulgeálhatók újra, de nagyobb vegyszer- és nedvességállóságot biztosítanak.

Az epoxigyanta-emulziók hatásával eddig viszonylag kevesebbet foglalkoztak, ezért az alábbiakban ezekről lesz szó egy összehasonlító tanulmány kapcsán. A vizsgálatokban biszfenol-A típusú diglicidil-éter-bázisú epoxigyantát és aminoamid típusú térhálósítót használtak, az emulgeáláshoz pedig nemionos tenzideket. A kb. 60% szárazanyag-tartalmú epoxigyanta-emulziók hatását kb. 38% szárazanyag-tartalmú akrilát-emulziók hatásával hasonlították össze. A betonminták készítésekor 43-as portland-

cementet és kvarchomokot használtak szervesen komponensként, amelyek jellemzői az 1. és a 2. táblázatban láthatók. A polimer:cement arányt 0% és 30% között változtatták, a cement: homok arány azonban állandó maradt (1:3). 40x40x160 mm-es próbatestek készültek hárompontos hajlításhoz, majd az eltört minták végeiből 40x40x40 mm-es kockákat vágtak le a nyomószilárdság és vízfelvétel vizsgálatához. Meghatározták még a karbonátosodást és kloridionok behatolását is. A karbonátosodás mérése előtt a mintákat 14 napon át 5% CO<sub>2</sub>-tartalmú gáz hatásának tették ki 30 °C-on, 60% relatív páratartalom mellett. Ezután a mintát kettérepesztették és alkoholos fenolftaleinoldat használatával mérték a behatolás mélységét. A kloridion-behatolást úgy mérték, hogy 7 napra 25 °C-on 2,5%-os NaCl oldatba mártották a mintákat, majd 0,1% fluoreszcint és 0,1 N AgNO<sub>3</sub>-t tartalmazó oldattal színezték meg a kloridion-tartalmazó részeket.

1. táblázat

A polimerrel módosított beton készítésénél használt portlandcement jellemzői

Tulajdonság	Érték
Sűrűség, g/cm <sup>3</sup>	3,08
Fajlagos felület, cm <sup>2</sup> /g	2540
Kémiai összetétel, %	
Kvarc, SiO <sub>2</sub>	21,40
Mész, CaO	62,25
Alumínium-oxid, Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	8,95
Vas-oxid, Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2,80
Magnézium-oxid, MgO	1,46
Izzítási veszteség, %	1,52

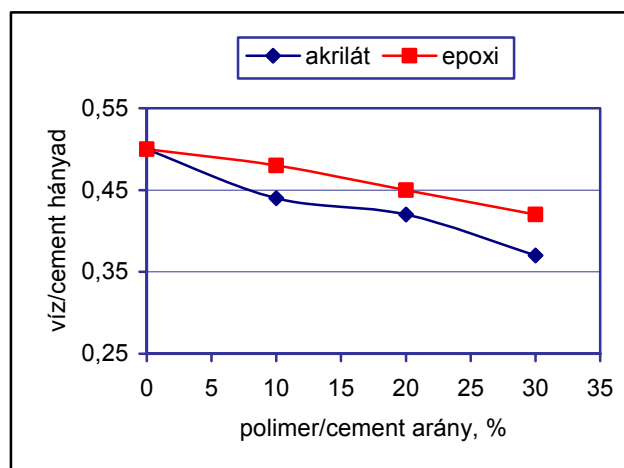
2. táblázat

A polimerbeton minták készítéséhez használt kvarchomokok szitaanalízisének eredménye

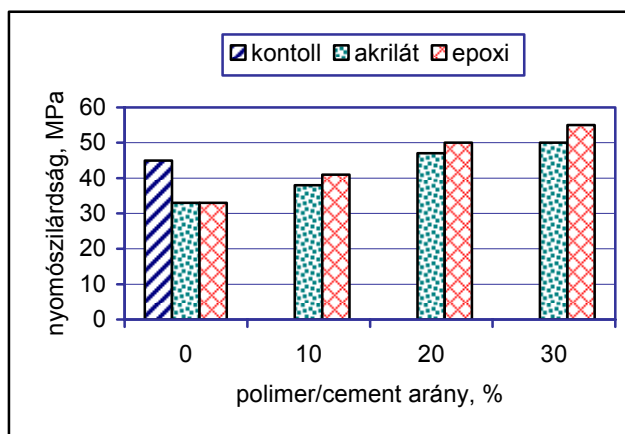
Szitaméret	Visszatartott tömeg %	Kumulatív visszatartott tömeg %
4,75 mm	–	–
2,36 mm	–	–
1,18 mm	–	–
600 µm	40	40
300 µm	30	70
150 µm	30	100

A mintákat először a szerszámban hagyták érni 24 óráig nedves ruhával leborítva és polietilénfóliával védve a kiszáradástól. Ezt követően 27 napig 20 °C-on, 50% relatív nedvességtartalom mellett tárolták őket. Mivel a vizes érlelés a polimerrel módosított betonok szilárdságának nem tesz jót, a mintákat levegőn érlelték, de egy módosítatlan betonmintát víz alatt is érleltek összehasonlítás céljából.

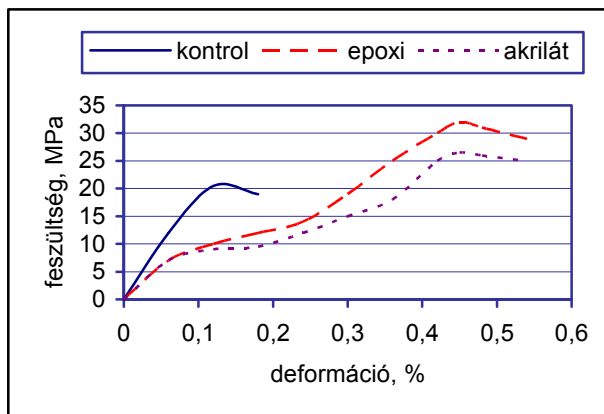
A kívánatos folyási tulajdonságok (110–120 mm) fenntartása miatt a polimer/cement hányad változtatása során változtatni kellett a víz/cement hányadot is (1. ábra). A polimeradalékok tartalmazó rendszerek valamivel kevesebb vizet igényeltek, az akrilátoknál ez a tendencia kifejezettebb volt. Ez nem volt váratlan, hiszen a hozzáadott diszperzió felületaktív anyagokat is tartalmaz, és a polimerek kisebb felületi feszültsége is elősegíti a folyást. A polimeradalékok hatását a 90 napos nyomószilárdságra a 2. ábra mutatja. A levegőn érlelt, polimerrel módosított minták 90 napos értékei csak 20%-kal és csak magasabb adalékanyag-tartalomnál jobbak a nedvesen érlelt mintákénál, de minden esetben jobbak a módosítatlan, levegőn érlelt mintákénál. Az az időpont, ahonnan az adalékanyag javítja a nedvesen érlelt betonhoz képest mért jellemzőket, függ a polimerek és az adalékok anyagi minőségétől és az alkalmazott recepttől. Tekintettel arra, hogy a tulajdonságjavulás időben folyamatos és semmi további beavatkozást nem igényel, jó eséllyel azt lehet állítani, hogy *hosszú távon mindig megéri a polimeradalékok alkalmazása*. Az epoxigyanta-adalék jelenlétében (azonos adalékmennyiséget feltételezve) a nyomószilárdság valamivel jobb, mint az akrilátos mintánál. Jellegében hasonlóak az eredmények a hajlítószilárdság értékeinél is, de ebben az esetben a polimertartalom hatása még kifejezettebb. A polimerrel módosított betonoknak ezt a kedvező tulajdonságát jól lehet hasznosítani javításnál olyan esetekben, ahol a nedves érlelés nem oldható meg. A polimer bekeverése nem csak a szilárdságot, hanem az ütésállóságot is jelentősen javítja, amint az a feszültség-nyúlás görbékről leolvasható (3. ábra).



1. ábra A polimeradalékok hatása az állandó folyási tulajdonságok fenntartásához szükséges víz/cement hányadra



2. ábra A polimer módosítóanyag hatása a beton 90 napos szilárdságára. Az összehasonlító (kontroll) minta nedvesen érlelt, a polimerrel módosított minták érlelése levegőn történt

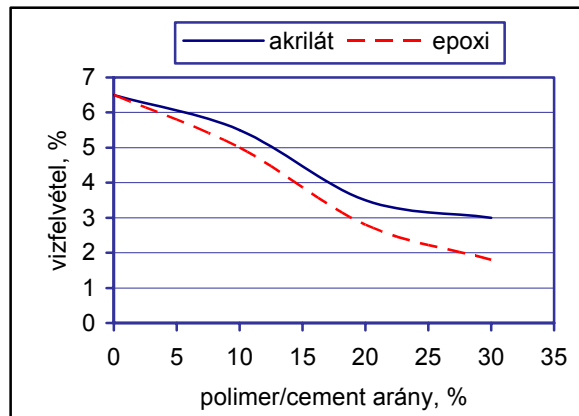


3. ábra 10% polimeradalék hatása a betonminták feszültség/deformáció görbéire nyomó igénybevétel során

A polimeres módosítás igen jelentős mértékben csökkenti a karbonátosodást és a kloridionok behatolását. A javulás mindkét jellemzőnél határozottabb az epoxigyantadiszperzió alkalmazásánál. Például 20% epoxi/cement aránynál a karbonátosodás mértéke mintegy negyedére, a kloridionok behatolási mélysége pedig a harmadára csökken a kontrollhoz képest. A pozitív hatás megmutatkozik nemcsak a penetrációs mérésekben, hanem a vízfelvételnél is (4. ábra). Az észlelt hatás nyilván azzal van kapcsolatban, hogy a polimeradalék eltömi a beton pórusait, amit más vizsgálatok is kimutattak. Ez nyilván igaz nemcsak a betonra, hanem a betonalapú habarcsokra is.

Összességében az epoxiadalék kedvező hatást gyakorolt a beton legtöbb mért jellemzőjére és mivel az epoxigyanta (szemben az akriláttal) nem diszpergálható újra,

*nem áll fenn annak a veszélye, hogy nedves környezetben leromlanak a beton tulajdonságai.* A vizes epoxigyantával módosított cementalapú habarcsok alkalmazásánál nem kell a befedendő felületet sem teljesen kiszárítani, mint ahogy az oldószeres epoxigyanta adalékok esetében kellett. A vizes epoxigyanta-diszperziót az eszközökről könnyebb letisztítani, és a vizes rendszereket környezetvédelmi okokból is előnyben kell részesíteni az oldószeresekkel szemben.



4. ábra A polimeradalékok minőségének és mennyiségének hatása a betonminta vízfelvételére

### **Polimerdiszperzióval módosított, habosított EPS tartalmú könnyűbetonok**

A habosított polisztirolt szívesen alkalmazzák könnyűbetonokban, elsősorban jó hőszigetelő tulajdonságai miatt. Ilyen betonokat alkalmaznak járdák alapozásához, vasútépítésben, tengerre telepített olajkutaknál és egyéb szerkezeteknél, hangszigetelésekben stb. Tekintettel arra, hogy az expandált polisztirolgyöngy (EPS) hidrofób és sűrűsége rendkívül kicsi ( $10\text{--}20\text{ kg/m}^3$ ), nehéz a szétválás veszélye nélkül belekeverni a cementpasztába. A hidrofobitás rontja az EPS és a beton vagy habarcs közti tapadást is. A tapadás javítására több módszert is kidolgoztak:

- vizes polimeremulziók [pl. epoxigyanta-emulzió, SBR-emulzió vagy poli(vinil-propionát-emulzió)] hozzáadása,
- az EPS gyöngyök felületkezelése,
- kvarc aerogél hozzáadása a rendszerhez.

Az SBR (sztírol-butadién kaucsuk) emulziók jól ismert beton- és habarcsadalékok, amelyekkel javítható a tapadás, valamint a beton húzó- és hajlítószilárdsága, ezért várható, hogy hozzáadása az EPS tartalmú könnyűbetonokhoz is pozitív hatással van a beton tulajdonságaira. Egy vizsgálatban a BS12:1991 szabványnak megfelelő portlandcementhez 2,85-ös finomsági modulusú folyami homokot és max. 20 mm-s szemcséket tartalmazó zúzott gránitot használtak, valamint kétféle EPS-t. Az egyik

(„A”) főként 3 mm-s, a másik („B”) főként 8 mm-s átmérőjű expandált polisztirol-szemcséket tartalmazott. Diszperzióként a **BASF Shanghai Coatings** 47% szárazanyag-tartalmú, 9,5-es pH-jú, 11 °C-os üvegesedési hőmérsékletű SBR latexét használták, amely a szárazanyag-tartalomhoz képest 0,5% habzágatlót is tartalmazott.

A vizsgálatokhoz használt alaprecept összetétele (tömegarányban) a következő volt:

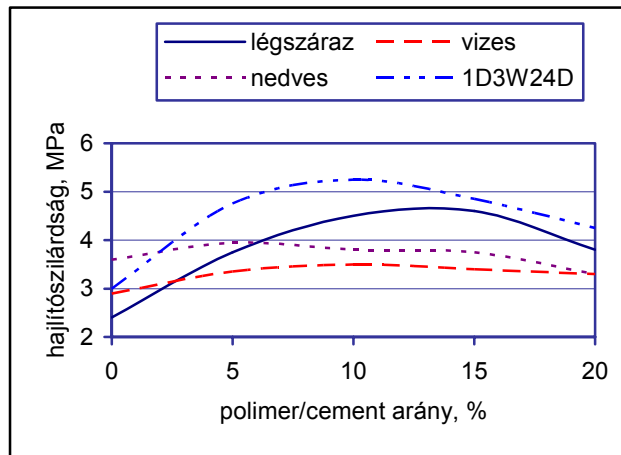
cement: kavics: homok: EPS (A): EPS (B) = 472: 455: 2,8: 2,21. Az EPS tartalom a 40%-ot nem lépte túl. Az SBR polimer/cement hányad 0, 5, 10, 15 és 20% (a % alatt a diszperzió szárazanyag-tartalmának a polimerrel módosított beton cementtartalmához viszonyított mennyisége értendő). A mintákon nyomó és (négyponos) hajlítószilárdsági értékeket mértek. A mintákat 24 óra után vették ki az öntőszerszámból, majd különböző érlelési körülményeknek tették ki:

- légszáraz érlelés: 20 °C, 60–70% relatív páratartalom („D”),
- vizes érlelés, 20 °C-on („W”),
- nedves érlelés: 20 °C, 90% relatív páratartalom („M”).

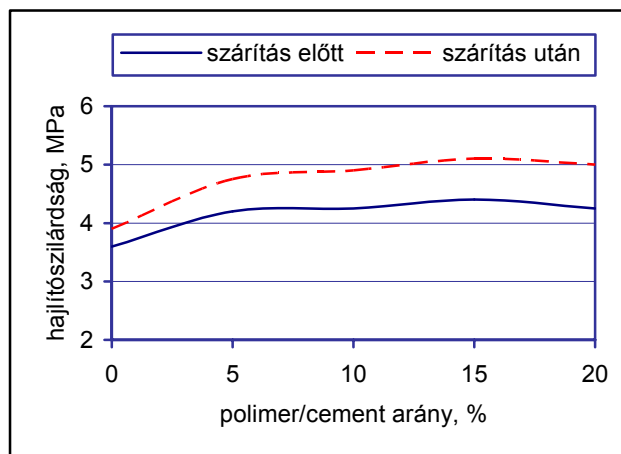
A beton érleléséhez általában bőséges, elegendő vizet kell biztosítani, hogy a cement teljesen hidratálódhasson, az SBR diszperzió viszont csak viszonylag száraz körülmények között képes dehidratálódni és megkötni. Ezért érthető, hogy az *érlelési körülményeknek (elsősorban a rendelkezésre álló víz mennyiségének) jelentős hatása van a beton tulajdonságaira*. Az SBR mentes EPS tartalmú betonmintáknál a nedves érlelés adja a legnagyobb hajlítószilárdságot, ha azonban SBR is van jelen, a túl nedves körülmények között az SBR pozitív hatásai nem tudnak teljesen kialakulni. Száraz érlelés mellett az SBR tulajdonságai optimálisak, de a hajlítószilárdság kisebb az optimálisnál. Ezért szükség van arra, hogy a nedves és száraz érlelési ciklusokat egymással kombinálják – különböző hosszúságú időtartamokkal. Általában *a legjobb eredményt akkor kapták*, ha az érlelési periódus elején nedves körülményeket alkalmaztak (annak érdekében, hogy a cement kellőképpen hidratálódjon), majd utána száraz periódust vagy periódusokat, hogy az SBR-nek módja legyen dehidratálódni és kifejteni a maga optimális hatását. A száraz periódusok hatását még tovább lehet fokozni azzal, ha a légszáraz állapot után még egy 80 °C-os „eröltetett” szárítást is alkalmaznak.

A különböző érlelési periódusok hatását az EPS tartalmú beton hajlítószilárdságára az *5. ábra* mutatja különböző polimer/cement arányok mellett, a *6. ábra* pedig az utólagos szárítás hatását a hajlítószilárdságra. Az eredményekből látható, hogy az alkalmazott terhelés (nyomó vagy hajlító) jellegétől függően *5–15% SBR tartalom mellett lehet a legjobb eredményeket kapni*, amelyek tovább javíthatók az érlelési periódusok optimalizálásával és szárítással.

A bemutatott példák is jól illusztrálják, hogy nemcsak a műanyagmátrixokat lehet optimalizálni merev szerves adalékok (töltő- és erősítőanyagok) segítségével, hanem a rideg szerves mátrixok, kompozitok (pl. a beton és habarcs) tulajdonságain is sokat lehet javítani polimeradalékok segítségével. Igazi interdiszciplináris területről van szó, ahol mind az építőanyag- és kerámiatudomány, mind a polimertudomány képviselői is tudásuk legjavát adhatják a közös eredmény eléréséhez.



5. ábra A polimer (SBR latex)/cement arány hatása az EPS tartalmú betonok hajlítószilárdságára különböző érlelési körülmények (légszáraz, vizes, nedves és kombinált: 1D3W24D = 1 nap száraz+3 nap vizes+ 24 nap száraz) érlelés után



6. ábra Az utólagos szárítás hatása az EPS tartalmú betonok hajlítószilárdságára különböző SBR diszperziótartalom mellett

Összeállította: Dr. Bánhegyi György  
www.polygon-consulting.ini.hu

Aggarwal, L. K.; Thapliyal, P. C.; Karade, S. R.: Properties of polymer modified mortars using epoxy and acrylic emulsions. = Construction and Building Materials, 21. k. 2007. p. 379–383.

Chen, B.; Liu, J.: Mechanical properties of polymer-modified concretes containing expanded polystyrene beads. = Construction and Building Materials, 21. k. 2007. p. 7–11.