

Polimeradalékos habarcs és beton

A polimerek egyik speciális alkalmazása, amikor adalékként cementalapú habarcsokba és betonokba keverik be őket. Hatásukra megváltozik a habarcs/beton mikroszerkezete és ebből adódóan tulajdonságai is. A polimeradalékos rendszerek 2-3-szor drágábbak a hagyományos beton/habarcsoknál, ezért alkalmazásuk elsősorban speciális területeken terjedt el.

Tárgyszavak: építőipar; építőanyag; műanyag-alkalmazás; polimeradalék; habarcs; beton; javítás; karbantartás; tulajdonságok; élettartam.

A polimeradalékos habarcsok és betonok összetétele, szerkezete

A cementalapú habarcsok és betonok tulajdonságainak javítására egyre gyakrabban használnak polimeradalékokat. A nemzetközi szakirodalomban az ilyen habarcsok rövid jele *PCM* (*polymer cement mortar*), a betonoké *PCC* (*polymer cement concrete*), a német szakirodalomban mindkét típusra a *PCC* jelölést alkalmazzák. A polimeradalékok lehetnek hőre lágyuló műanyagok, amelyek „keményedése” fizikai folyamatok eredménye, de lehetnek epoxigyanta-alapú készítmények is, amelyek kémiai folyamat során térhálósodnak. A *PCC*-k alkalmazása – speciális területeiken kívül, ahol mással nem helyettesíthetők – mindenekelőtt pénzkérdés, mert áruk 2–3-szor magasabb a hagyományos habarcsokénál és betonokénál, és még nincsenek megbízható elemzések arról, hogy hosszú távon mennyire gazdaságosak.

Az adalékok lehetnek vizes polimerdiszperziók vagy diszpergálható porok. Az előbbieket emulziós polimerizálással állítják elő, 0,5–5 µm nagyságú részecskéik koagulálását védőkolloiddal vagy tenziddel gátolják meg. Ezek ennek ellenére hosszú idő alatt összeállhatnak vagy kiülepedhetnek, ezért az ilyen diszperziók tárolhatósága korlátozott. A diszpergálható porokat porlasztással szárítják, idő előtti filmképzésüket szórás közben vízben oldódó védőkolloid hozzáadásával akadályozzák meg. A por szórhatóságát tapadásgátló szerekkel javítják. Ha a por vizes közegbe kerül, a védőkolloid segítségével stabil diszperziót képez. A polimerdiszperziók a betonkeverék megszilárdulása során – részben a párolgás, részben a cement hidratálódása miatt – bekövetkező vízvesztés eredményeképpen filmet képeznek. A megszilárduló beton pórusait kitöltő polimerdiszperzió koncentrációja egyre nagyobb lesz, végül a polimerláncok nagyobb egységeket képezve rátapadnak a szilárd cementrészecskék felületére, ott megolvadnak és egymással is összetapadnak. Ideális esetben (ehhez legalább 5% polimer szükséges a beton tömegére számítva) összefüggő hálószerű polimerfilm alakul ki a szerves részecskék körül.

Ennek a polimerfilmnek a tulajdonságai különböző tényezőktől függenek, de közülük a *legfontosabb a filmképzés minimális hőmérséklete*. Ha a filmképzés e felett a hőmérséklet felett következik be, az a leírt módon megy végbe, a kialakult film homogén, tartós és szilárd. Ha kevéssel a kritikus hőmérséklet alatt képződik a film, az részleges, szakadozott és gyenge. *Ha a betont mélyen a filmképzéshez szükséges minimális hőmérséklet alatt szilárdítják, nem alakul ki polimerfilm, a polimerrészecskék között hiányzik a kapcsolat.*

Hőre keményedő adalékként speciális epoxigyantákat alkalmaznak. Ezekben a gyantát és a térhálósító szert elegyítik, majd a keveréket vízzel emulgeálják. Az emulziót bekeverik a cement, a víz és a többi összetevő közé. A térhálósodás a gyanta és a térhálósító összekeverése után azonnal megindul, ezért ez a filmképző kémiai reakció és a cement hidratálódása a beton keményítése alatt párhuzamosan megy végbe.

A szervetlen cementfázis és a polimerfázis ideális esetben egymásba hatol. Csak ilyen módon képes a polimerfilm kifejteni áthidaló hatását a gyenge pontokon. Ha ugyanis a terhelés hatására mikrorepedés képződik a habarcsrétegben, a polimerfilm itt átveszi a húzóerőt. *Megnő a habarcsnak vagy a betonnak mindenekelőtt a húzó- és hajlítószilárdsága, de nő a törési nyúlása is.*

További pozitív hatása a pórusok belső falán lévő filmrétegnek, hogy nedvesség hatására reverzibilisen megduzzad és kitölti a pórusokat, ezáltal csökkenti a vízfelvételeket, és megnövelheti a szerkezet élettartamát.

A polimeradalék előnyei és hátrányai

A polimeradalék kedvező hatásai csak akkor érvényesülnek, ha a feldolgozás, a keményítés és az utókezelés körülményei megfelelőek, ha kialakul a bemutatott hálószerű összefüggő filmréteg. A cementfajták közül a portlandcement, ennek is CEM I 42,5 R típusú változata vált be a legjobban. A polimerek nagy száma és a cementalapú receptek szinte végtelen számú lehetséges változata miatt azonban nem könnyű az adott célra legalkalmasabbat kiválasztani. Ennek ellenére általánosságban meghatározhatók a polimeradalékos habarcsok és betonok előnyei és hátrányai.

A polimeradalék előnyei:

- a konzisztencianövekedés, a víz/cement arányának csökkentése, a könnyebb feldolgozhatóság,
- a jobb vízvisszatartás, a csekélyebb „kivérzés”, a keverékszétválás és a nyers állapotban bekövetkező zsugorodás mérséklődése,
- a nyers habarcs és beton jobb tapadása, ennek következtében a megszilárdulás utáni tapadás növekedése,
- a húzó- és a hajlítószilárdság, továbbá a törési nyúlás növekedése,
- a rugalmassági modulus csökkenése, azaz a megszilárdult szerkezet rugalmasabbá válása,
- a habarcs/beton nagyobb tömörsége; hidrofób polimeradalék esetén a kapillárhatast nedvességszállító szerepének csökkenése,
- jobb tartós tapadás.

A polimeradalék lehetséges hátrányai:

- növekszik a levegővel töltött pórusok aránya (ami csak speciális alkalmazásban lehet előnyös), de ez habgátló anyaggal elkerülhető,
- az adalék befolyásolja, általában késlelteti a hidratációt,
- csökken a nyomószilárdság (részben az E-modulus csökkenése, részben a porozitás növekedése miatt),
- nő a szerkezet végső zsugorodása (részben a levegővel töltött pórusok nagyobb aránya, részben a mérsékeltebb hidratáció, ill. annak késleltetése miatt),
- erősödik a kúszás (elsősorban a kisebb E-modulus miatt).

A polimeradalékos habarcsok és betonok sajátos tulajdonságai

A polimeradalékos habarcsok és betonok alkalmazásakor – különösen ha azokat javításkor vagy karbantartáskor felületi bevonatként hordják fel – szinte mindig ugyanazok a hibák lépnek fel, amelyek ennek a rendszernek a hiányos ismeretéből fakadnak.

A szakirodalomban pl. gyakran lehet azt olvasni, hogy a polimeradalék hatására csökken a PCC-k *zsugorodása*. Különböző cementekből és polimerekből különböző receptek alapján összeállított habarcsokon mért hosszúságváltozás nem igazolta ezt az állítást. Hosszabb idő alatt inkább nagyobb zsugorodás figyelhető meg a polimeradalékos habarcsokon az ilyen adalékot nem tartalmazókéhoz képest. *A zsugorodás ugyanis a cement hidratálódásának következménye, és ezt az adalék késlelteti, a nedvesség-visszatartást növeli.* Emiatt a keményítés kezdeti szakaszában a habarcsban zsugorodási feszültségek halmozódnak fel, amelyek a még plasztikus anyagban nem tudnak leépülni, és a már megszilárdult habarcsban is benne maradnak annál is inkább, mert a polimeradalékos habarcsok utókezelését hanyagul végzik el, vagy teljesen elhagyják. Pedig éppen *az ilyen habarcsok utókezelése nagyon fontos, különösen, ha vékony rétegben alkalmazzák őket.* A vékony rétegben a feszültségek finom repedéseket hoznak létre, majd a kialakuló kis pikkelyek elvesztik tapadásukat és leválnak. Ha vastagabbak a rétegek, szélesebbek a repedések, amelyeken keresztül már károsító anyagok is behatolhatnak, és komolyabb károkat okozhatnak. Ezek a jelenségek a megfelelő rendszer kiválasztása mellett megfelelő rétegvastagsággal és az alap gondos előkészítésével mérsékelhetők vagy elkerülhetők.

A zsugorodás okozta jelenségekhez hasonlókat eredményezhet a *hőmérséklet-váltokozás*. Általában arra lehet számítani, hogy a polimeradalékos habarcsok kisebb rugalmassági modulusuk révén jobban fel tudják venni az ebből eredő feszültségeket, mint a hagyományos habarcsok. Ennek ellenére ismételt tapasztalhatók a váltakozó hőmérsékletből eredő hibák, amikor a fellépő feszültség meghaladja az anyag szilárdságát vagy az alaphoz tapadás erősségét. Vékony rétegeken először csak finom, hálószerű repedések jelennek meg, amelyek leginkább az optikai megjelenést rontják. Később a repedések szélesebbé válnak, és az alsó betonszerkezet felé is utat nyitnak, azaz a habarcsréteg elveszti védőfunkcióját. A felső, különösen a viszonylag vastag réteg néha elválik az alaptól, és mechanikai terhelés hatására nagy foltokban lehullik. Ezt a jelenséget – a közhiedelemmel ellentétben – nem az alsó és felső réteg hőtágulása kö-

zötti különbség okozza, mert számos mérés igazolta, hogy még 15% polimer hozzákeverése mellett is csak minimális az eltérés. A rétegekre ható feszültség inkább a fellépő hőmérséklet-gradiensből ered. A jelenség megfelelő összetételű és az alaphoz nagyon jól tapadó habarcskeveréssel kerülhető el.

A sérülések nagyon gyakran a többrétegű szerkezetből adódnak. A nem megfelelő keverék, a nem kellő gondossággal előkészített alap, felvitelkor a túl alacsony hőmérséklet rétegelválást okozhat. Ez elkerülhető volna, ha a teljes szerkezetet ugyanaból a polimeradalékos anyagból készítenék, de költségei miatt ez általában nem valószínűsíthető meg. Bár sokan tanulmányozták már a polimeradalékos betonok mechanikai tulajdonságait, nagyobb kúszásuk, ill. a beton keményedését (elsősorban a kezdeti szakaszban) lassító hatásuk későbbi következményeit, különösen tartós terhelés alatt, ma még nem tudják teljesen átlátni e szerkezetek hosszú távú viselkedését.

Kísérletek a polimeradalék cement hidratálódására kifejtett hatásának vizsgálatára

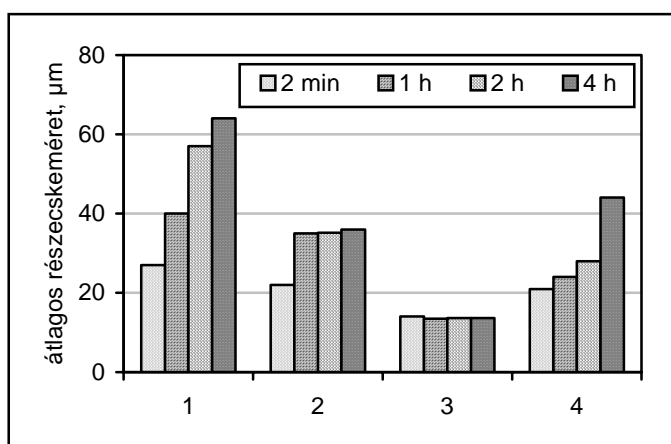
A cementalapú habarcsok és betonok mikroszerkezetének kialakulására többféle elmélet és modell született, és ezeket legtöbbször a polimeradalékos keverékekre is érvényesnek tekintik, az adalék összetételétől és a stabilizátortól függetlenül. A weimari **Bauhaus Egyetem Finger-intézete** és a **BASF AG.** kutatói közösen vizsgálták *különböző polimeradalékok hatását a beton keményedési folyamatára*. Ehhez felhasználták a kereskedelmi forgalomban kapható KS 2 jelzésű por alakú, védőkolloid-dal stabilizált adalékot és a KS 4 jelzésű, emulgeátorral stabilizált vizes diszperziót, de maguk is szintetizáltak 1, 2 és 3% sztírol/metakrilsav kopolimert tartalmazó, részben ionos vagy nemionos emulgeátorral, részben poli(vinil-alkohol) (PVOH) védőkolloid-dal stabilizált diszperziókat. A diszperziók polimerkomponensének különböző T_g -értéke volt, és néhány diszperziót a vizes fázis (szérum) ultraszűréssel végzett eltávolítása után is felhasználtak adalékként. A CEM I 42,5 R típusú cementtel készített keverékekben a víz és a cement aránya minden esetben 0,5, a polimer és a cement aránya 0,15 volt.

A keverékek keményedése alatti hőfejlődést differenciálkolorimetriával, a részecskeméret-eloszlást lézerdiffrakcióval, a mikroszerkezetet elektronmikroszkóppal vizsgálták.

A *differenciálkoloriméteres mérések* jól mutatták, hogy a cement hidratációja három szakaszra osztható. Az összekeverést követő első percekben lezajló reakciók után több órás nyugalmi állapot figyelhető meg, amikor nincsenek kémiai reakciók. A hidratálás az ez után következő fő szakaszban először gyorsul, majd lassul. Az első percekben nem figyelhető meg lényeges különbség a polimeradalékot tartalmazó és nem tartalmazó keverékek között, de a gyorsuló szakaszban (az első 24 órában) a polimeradalék hatására a hőfejlődés jelentősen csökken. A stabilizátorok közül az emulgeátor csak az első percben, a poli(vinil-alkohol) kb. 20 percig fejt ki hatását. A diszperziók közül az emulgeátortartalmúak gátolták legerősebben a hőfejlődést, mégpedig az 1–2–3% metakrilsavat tartalmazók sorrendjében növekedő mértékben.

A lézerdiffrakciós vizsgálatok közül az 1. ábra azt mutatja, hogy hogyan függ a cementes keverék átlagos részecskemérete a komponensektől és azok összekeverésének sorrendjétől. A keverékek a következők voltak:

- az 1% metakrilsavat tartalmazó diszperziót (MD1) a keverékbe szánt vízzel homogenizálták, és ehhez adták hozzá a cementport (a keverék jele MD1),
- a PVOH védőkolloid 20%-os oldatát a keverékbe szánt vízzel homogenizálták, és ehhez adták hozzá a cementport (jele PVOH),
- a PVOH 20%-os oldatát a polimeradalékra számított 20%-os mennyiségben a keverékbe szánt vízzel homogenizálták, majd hozzáadták először a cementet, végül az MD1 diszperziót [(jele CEM+PVOH)+MD1],
- az előzőek szerinti PVOH oldatot a vízzel és az MD1 diszperzióval homogenizálták, és ezután keverték hozzá a cementet [(jele (PVOH+MD1)+CEM)].



1. ábra

A különböző cementkeverékek átlagos részecskemérete a keményítés első 4 órájában.
 [1– MD1, 2 – PVOH,
 3 – (CEM+PVOH)+MD1,
 4 – (PVOH+MD1)+CEM]

A vizsgálatok tanúsága szerint a PVOH és a diszperzió polimer részecskéi „versenyt futnak”, hogy adszobeaálódhassanak a cement felületén, és a versenyben a PVOH a „győztes”. Úgy tűnik, hogy a PVOH befolyásolja a polimerfázis kialakulását a rendszerben, de kevésbé hat a cement hidratálódására, mint a polimer.

Az elektronmikroszkópos felvételek alátámasztották az előző két módszer alapján levont következtetéseket és láthatóvá tették, hogy a polimeradalék jelenlétében megváltozik a habarcs/beton mikroszerkezete. További vizsgálatoknak kell kiderítenie, hogy ennek milyen gyakorlati következményei lehetnek.

Összeállította: Pál Károlyné

Dimming-Osburg, A.; Bode, K.A.: Polymer Cement Concrete (PCC) – Baustoffe mit Zukunft?! = Die Fachzeitschrift für Bau + Technik, 56. k. 5. sz. 2006. p. 194–197.

Dimming-Osburg, A.; Pietsch, I.; Pakusch, J.: Polymerzusätze und ihr Einfluss auf die Ausbildung der Zement-Mikrostruktur im frühen Stadium der Erhärtung. = Zement Kalk Gips International, 59. k. 5. sz. 2006. p. 72–83.