

Szintetikus mikro és makro szálerősítésű betonok közötti különbségek

JUHÁSZ KÁROLY PÉTER statikus mérnök, laborvezető
BME Szilárdságtani és Tartószerkezeti Tanszék
juhasz@szt.bme.hu

Hazánkban is egyre elfogadottabbá válik a szintetikus szálerősítésű betonok alkalmazása, habár a szintetikus mikro és makro szálak közötti alapvető különbségeket gyakran még a szakemberek sem ismerik. A különbség azonban jelentős, mind a méretezés, mind a felhasználás tekintetében. Ebben a cikkben ezeket a főbb különbségeket vesszük sorra: szabványok álláspontja, hazai kutatási eredmények, méretezés, felhasználási lehetőségek.

Kulcsszavak: szálerősítésű beton, szintetikus szál, mikro és makro szálak

1. Bevezetés

2011-ben a szegedi villamospálya felújítása során készült az első hazai szintetikus szálerősítésű villamospálya-lemez Magyarországon. Még abban az évben egy orosz küldöttség tekintette meg az elkészült villamospályát és az újnak számító technológiát, majd 2012-ben Szentpéterváron is elkészült a saját villamospályájuk hasonló szerkezeti megoldásokkal. 2013 nyarán már budapesti villamospálya felújításoknál is használták a szintetikus makro szálakat.

A szegedi villamospálya betonjának próbakeverésén mint statikus tervező vettem részt. A keverési idő és adagolás módjának betartása mellett a makro szálak megfelelően elkeveredtek, a pumpálhatósággal sem akadt probléma.

A helyszínen jelenlévő műszaki ellenőr is elégedett volt, majd közölte, hogyha a próbakockák törése is megfelelő lesz, akkor alkalmazzák az új anyagot. Mikor válaszoltam, hogy a szálaknak nem lesz hatása a nyomószilárdságra, azt mondta, hogy akkor öntenek három gerendát is. Tovább kérdezősködtem, hogy vajon azokkal a gerendákkal mit fognak csinálni? Meghatározzuk a húzóhajlító szilárdságát, erővezérelt törőgéppel, jött a válasz. Félve merem csak mondani, hogy bizony ott sem várható számottevő különbség.

Akkor mit is csinál ez a több raklapnyi szál a betonban?

2. A szál hatása a betonban

Szálerősítésű beton méretezésénél a szálak repedés utáni hatását tudjuk figyelembe venni, mint maradó feszültséget. Ezt legegyszerűbben egy útvezérelt gerendateszt kísérlettel lehet kimérni, ahol a mért érték az erő, lehajlás és repedés megnyílás (CMOD). A kísérlet pontos menetét és kiértékelését több szabvány és irányelv is megadja, a legegyszerűbben kezelhető a japán JSCE-SF4 jelű szabvány [1]. A kiértékelés során egy szálerősítésű betonra jellemző értéket kapunk, az ún. R_{e3} értéket. Komo-lyabb szálakat gyártó cég a betonszilárdsági osztály és a száladagolás függvényében megadja ezen értékeket.

Minél nagyobb az R_{e3} érték, annál nagyobb a szál repedés utáni hatása. Az R_{e3} értéket a szálerősítésű beton duktilitás mérőszámának is nevezik, nagysága arányos az erő-lehajlás görbe alatti területtel.

3. A szabvány álláspontja

A szintetikus szálakat a brit BS EN 14889 [2] szabvány két osztályba sorolja: mikro és makro szálak, a mikro szálakon belül pedig újabb két csoportba: mono szálak és fibrillált szálak. A szabvány egyértelműen megjelöli, hogy csak a makro szálak méretezhetőek statikailag:

5.1 Classification of fibres

Polymer fibres shall be characterised by the manufacturer in accordance with their physical form.

Class Ia:

Micro fibres: < 0,30 mm in diameter;

Mono-filamented

Class Ib:

Micro fibres: < 0,30 mm in diameter;

Fibrillated

Class II:

Macro fibres: > 0,30 mm in diameter

NOTE Class II fibres are generally used where an increase in residual flexural strength is required.

Ennek oka a szálak beton duktilitására gyakorolt hatása, amit a fentebb tárgyalt R_{e3} értékkel mérhetünk. Míg a szintetikus makro szálak esetén ez a betonszilárdsági osztály és a száladagolás függvénye, addig a szintetikus mikro szálaknál ez az érték gyakorlatilag elhanyagolható, számításnál nem vehető figyelembe.

4. Hazai kutatási eredmények

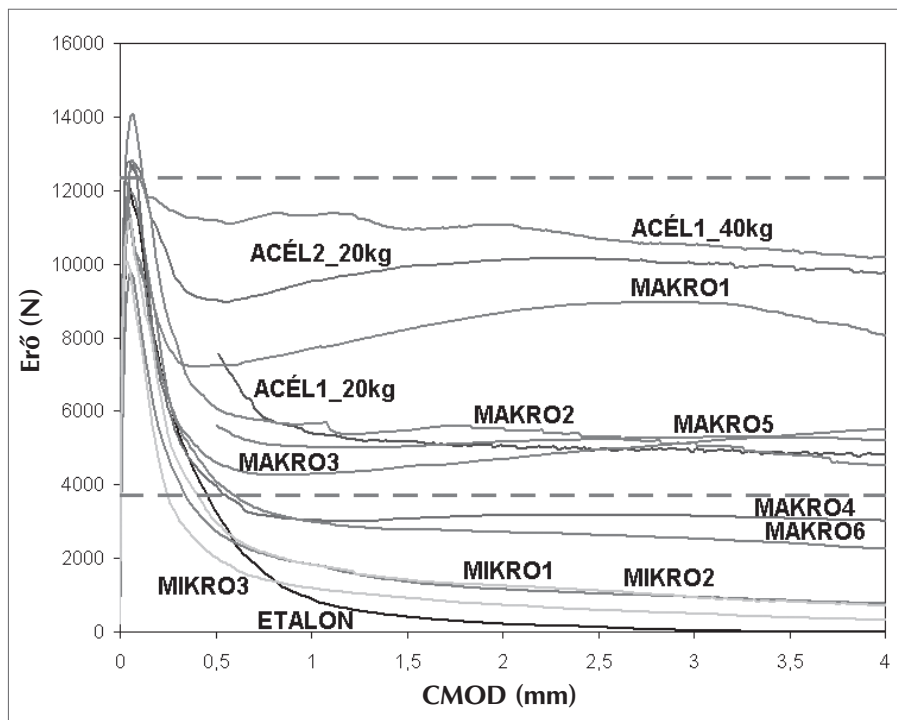
A Budapesti Műszaki Egyetem Szilárdságtani és Tartószerkezeti Tanszékén készítettünk egy gerenda teszt sorozatot, ahol a hazai forgalomban levő szintetikus szálak hatását vizsgáltuk szabványban ajánlott módon. A kutatás „A Nagy Törés” elnevezést kapta, a kutatási eredmények letölthetőek a tanszék honlapjáról: www.szt.bme.hu/labor.

4.1 A szálak repedés utáni hatása

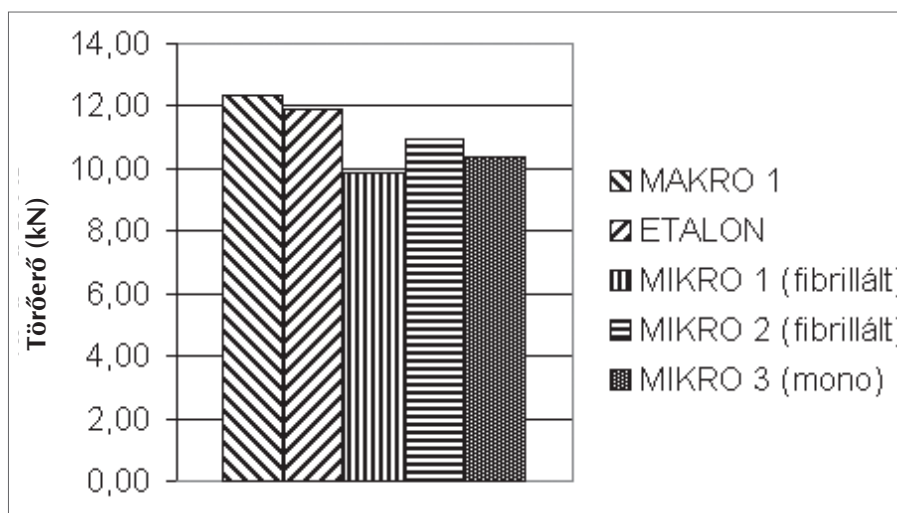
A gerendákat úgynevezett három pontos (felezőpontos) hajlítási teszttel vizsgáltuk, majd kimértük az erő-repedésmegnyílás értékeket.

Az összesített diagramon a különböző gyártmányú makro és mikro szintetikus szálerősítésű gerendák átlagértéke szerepel, továbbá összehasonlításképp két típusú acél szálerősítésű, illetve szálerősítés nélküli betongerenda is (1. ábra).

A diagramról egyértelműen leolvasható, hogy a szálak duktilitására mért hatása (görbe alatti terület nagysága) nagy mértékben változik a szál típusától függően. A mikro szálak hatása (mono és fibrillált) gyakorlatilag alig érzékelhető, ez összhangban van a brit szabvány állításával. A makro szálak hatása típusonként jelentős mértékben eltért, habár az adagolásuk azonos volt. A kísérlet eredményeire



1. ábra Szálerősítésű gerendák erő-CMOD eredményei



2. ábra Törőerő a szálerősítésű gerendáknál

támaszkodva a következő fontos megállapításokat tehetjük:

- jelentős statikai hatása csak a makro száaloknak van, mikro száalok (mono és fibrillált) hatása statikai számításnál nem vehető figyelembe,
- a makro száalok közötti különbségek jelentősek, egyik makro száal vizsgálat nélkül nem helyettesíthető a másik száallal.

4.2 A száalok húzó-hajlítószilárdságra gyakorolt hatása

A beton berepedése független az erősítő anyagoktól, legyen az száal vagy akár betonacél. A hozzáadott száalok

így a beton húzószilárdságát sem képesek növelni, húzó-hajlítószilárdság növekedése is csak magas adagolású acélszáalok esetében jelentős. Szintetikus száaloknál és normál adagolású acélszáaloknál a húzó-hajlítószilárdság növekedése néhány százalékkal, melyet az irányelvek sem vesznek figyelembe [3][4][5]. Szintetikus száal esetében azok a megállapítások tévesek, amelyek a száaladagolás függvényében adják meg a húzó-hajlítószilárdság növekedését.

Ennek ellenére érdemes megnézni, hogy milyen értékeknél törtek el a szálerősítésű gerendák (2. ábra). A mikro szálerősítések esetén a beton-

gerendák törőterhe mindegyik gerenda esetében kisebb volt, mint a száal-erősítés nélküli betongerendánál, makro száal-erősítések esetében néhány százalékkal nagyobb. Ezeknek az eredményeknek a tükrében mindenképp javasolt megfontolni a mikro száalok használatát statikailag méretezett betonszerkezet esetében.

5. Méretezés

Amint láthattuk, a száalok hatása leginkább a duktilitásban mutatkozik meg, ami bonyolult, törési energiát is figyelembe vevő nemlineáris számítást igényel. Erre fejlett végelem szoftverek alkalmasak (Atena, Diana). Lineáris végelem számítással a száalok hatását nem lehet figyelembe venni.

Kézi számításokhoz az ún. törés-vonal-elméleten alapuló, képlékeny anyagmodellt feltételező, egyszerűsített eljárás szolgál. Leginkább ipari padlóknál alkalmazzák (TR34-es ipari padló irányelv [6]).

Ezen méretezések alapelve a rugalmas-képlékeny anyagmodell feltételezése, ez erősítés nélküli betonra nem igaz, amely egy kvázi-rideg anyag. Erősítéssel, amely lehet hagyományos vasalás vagy makro száaladagolás, esetleg mindkettő egyszerre, az anyagmodellt már rugalmas-képlékeny anyagnak vehetjük fel. Ennek a feltételnek a teljesüléséhez írják elő a szabványok vasalásnál a minimális vashányadot, szálerősítésű betonnál pedig a minimális R_{c3} értéket. Ipari padlóknál ez az érték a TR34 szerint 30%. Mivel az R_{c3} érték a betonszilárdsági osztály és száaladagolás függvénye, léteznie kell beton szilárdsági osztályokhoz tartozó minimális száaladagolás értéknek is, amely éppen teljesíti ezt a 30%-ot. Ez alatti adagolás esetén a száalok hatása méretezés során nem vehető figyelembe.

Egyszerűbb kézi számítási módszer az ún. ekvivalens módszer. Ez abból indul ki, hogy létezik egy hagyományos vasalással tervezett keresztmetszet, amelyben a vasalást szálerősítéssel váltjuk ki úgy, hogy a keresztmetszet nyomatéki teherbírása azonos (ekvivalens) legyen. Legtöbb

esetben azonban a vasalás túlméretezett és a száladagolás irreálisan magas lesz.

A szálerősítésű beton kúszási, fáradási méretezésére jelenleg nem áll rendelkezésre előírás vagy ajánlás, de a jelenleg is folyó kísérletek jó eredményeket mutatnak. Kúszási, fáradási méretezésnél egyelőre használhatjuk a szálerősítés nélküli betonhoz tartozó módszereket.

6. Összefoglalás

Ebben a cikkben a szintetikus mikro és makro beton szálerősítések legfontosabb különbségeire hívtam fel a figyelmet. Fontos, hogy a szintetikus szálak elnevezés kapcsán tudjunk különbséget tenni a kettő típus között, hiszen a különbségek jelentősek.

A szintetikus mikro szálak statikai hatása elhanyagolható, a megszilárdult beton húzó-hajlítószilárdságát csökkentik. Előnyük leginkább a kezdeti mikro repedések meggátlásában, illetve a tűzálló betonoknál mutatkozik. Adagolásuk leginkább 0,6-1,5 kg/m³,

magasabb adagolásnál jelentősen rontják a beton bedolgozhatóságát. A szintetikus makro szálak repedés utáni maradó húzószilárdsága függ a szálak típusától, adagolásától. Méretezett szerkezetek esetén a szál típusa és az adagolás mennyisége a méretezés során használt R_{c3} érték alapján dönthető el.

Szálerősítésű beton alkalmazásával leginkább a beton duktilitásában érhetünk el jelentős változást, húzó-hajlítószilárdság változása méretezési szempontból jelentéktelen.

7. Felhasznált irodalom

- [1] Japan Society of Civil Engineers: Method of test for flexural strength and flexural toughness of SFRC, Standard JSCE SF-4 (1985)
- [2] British-Adopted European Standard: Fibres for concrete. Polymer fibres. Definitions, specifications and conformity, Standard BS EN 14889-2:2006 (2006)
- [3] Advisory Committee on Technical Recommendations for Construc-

tion: CNR-DT 204/2006 Guide for the Design and Construction of Fiber-Reinforced Concrete Structures. Advisory Committee on Technical Recommendations for Construction, Rome 2006.

- [4] Österreichische Vereinigung für Beton- und Bautechnik: Richtlinie Faserbeton. Österreichische Vereinigung für Beton- und Bautechnik, Wien 2008.
- [5] Vandewalle, L., et al.: RILEM TC 162-TDF: Test and design methods for steel fibre reinforced concrete. Materials and Structures, Vol. 33 (2002), January-February 2000, pp 3-5.
- [6] Concrete Society: TR34 Concrete industrial ground floors. Concrete Society, Crowthorne 2003.

◇ ◇

FIBERGURU

MINDEN, AMI SZINTETIKUS SZÁLERŐSÍTÉSŰ BETON

A Fiberguru Kft. szálerősítésű betonokhoz szintetikus makro szálak forgalmazásával, kutatásával és méretezésével foglalkozik.

Az általunk forgalmazott **BarChip** termékcsalád japán fejlesztésű polipropilén alapanyagú makroszál, európai és hazai összehasonlító teszteredmények alapján a **legjobb teljesítményadatokkal bíró termék.**



BarChip 48

Szegedi villamospálya



Előregyártott trafóház

Debreceni stadion tribüneleme



Cégünkéről és az általunk forgalmazott szálakról bővebb információt talál weboldalunkon:

www.fiberguru.hu