

Hogyan lehet a vasbeton korróziómentes?

# Szálerősítések

Hazánkban is egyre inkább terjednek a betonszerkezetek szálakkal történő erősítései, azonban ezek típusait illetően sok a félreértés. Jelen cikk megpróbálja tisztázni ezeket a kérdéseket.

● **Juhász Károly Péter tanársegéd, laborvezető (BME Szilárdságtani és Tartószerkezeti Tanszék, Czákó Adolf Laboratórium)**  
**Schaul Péter doktorandusz (BME Építőanyagok és Magasépítés Tanszék)**

A szálakkal erősített betont szálerősítésű betonnak hívjuk, jele az angol elnevezés után FRC (Fibre-reinforced concrete). Rövid, 2-6 cm hosszú szálakat kevernek a betonba, megfelelő keverési technika és adagolás esetén ezek egyenesen oszlanak el a térfogatban. A beton önmagában magas nyomószilárdsággal rendelkezik, viszont ehhez képest alacsony húzószilárdsággal, amely nagyjából tizede a nyomószilárdságának. Ha a betonban nagy húzófeszültség ébred, bereped. A szálak ekkor kezdenek el dolgozni: a repedés után összetartják az anyagot, a repedések kevésbé nyílnak meg és lassabban terjednek.

## Mikroszálak, makroszálak

Gyakorlatilag a szálaknak ez az a tulajdonsága, amely lényeges: repedés után hogy tudnak dolgozni a betonban. Anyagukat tekintve léteznek acélszálak, üvegszálak, műanyag szálak, illetve természetes szálak. Hazánkban leginkább az acélszálak és a műanyag szálak terjedtek el. A műanyag szálakat a méretük – és ezzel együtt a repedés utáni működésük – alapján két csoportba sorolja az EN 14889 [1] szabvány: mikroszálak és makroszálak. Fontos tudni, hogy csak a makroszálakat lehet figyelembe venni tartószerkezeti méretezésnél, a mikroszálak (mono- és fibrillált szálak) hatása a beton berepedését követően elenyésző. A mikroszálak a beton kötése közben kialakuló mikrorepedések keletkezését hivatottak meggátolni. Mivel itt úgyszólván nem is erősítik a betont, a mikroszákkal erősített betont szokás szálerősítésű beton helyett szálbetonnak is nevezni. Fontos kiemelnünk, hogy hajlított szerkezetnél a beton repedéséhez tartozó nyomtatóellenállás általában nagyobb, mint



a repedés utáni ellenállás, azaz amikor a szálak elkezdenek dolgozni. Sokszor tévesen a száladagolástól a beton húzószilárdságának a növelését várják, azonban a szálak leginkább a beton viselkedését változtatják meg a berepedést követően, szakszóval duktilisabbá teszik a betont. A szálerősítésű beton anyagparamétereinek kimérésére rengeteg szabvány és irányelv létezik, a legelterjedtebb a fib Model Code 2010 [2] alapján végzett úgynevezett 3 pontos hajlítási teszt. A gerendák tesztelése során kapott különböző adatokból meghatározhatóak a számításokhoz szükséges anyagparaméterek. A professzionális gyártók ezeket az anyagparamétereket kimérik és a tervezők rendelkezésére bocsátják. A teszt során egy 150x150x550 mm-es

méretű szálerősítésű gerendát készítenek, majd középen az alsó oldalán 25 mm mélységben bevágják. A gerenda terhelése közben a gyengített keresztmetszetnél bereped, ezen a részen tudjuk a repedési megnyílást mérni (angolul Crack Mouth Opening Displacement: CMOD). A tesztelés során így megkapjuk az adott gerenda erő-CMOD diagramját (1. ábra).

Az erő-CMOD diagram meghatározott CMOD értékeihez tartozó erőkből származtathatók a szálerősítésű beton maradó hajlítóhúzó szilárdsági értékei az alábbi képlettel:

$$f_{R,j} = \frac{3F_j l}{2bh_{sp}^2}$$

ahol  $j=1, 2, 3, 4$  az 1. ábra szerint,  $l=500$  mm (támszköz),  $b=150$  mm (gerenda szélesség)



ge),  $h_{sp} = 125$  mm (bevágás feletti keresztmetszet magassága). A teszteredmények átlagából kapjuk az adott betonszilárdsághoz és adott száladagoláshoz tartozó  $f_{R1}$ ,  $f_{R2}$ ,  $f_{R3}$  és  $f_{R4}$  értékeket, amelyek a vizsgált szálerősítésű beton anyagparaméterei. Természetesen nagyobb adagolásnál a görbe is változik, így ezek a paraméterek mindig egy adott adagoláshoz tartoznak.

### Az ekvivalens és a fejlett végelelemes méretezés

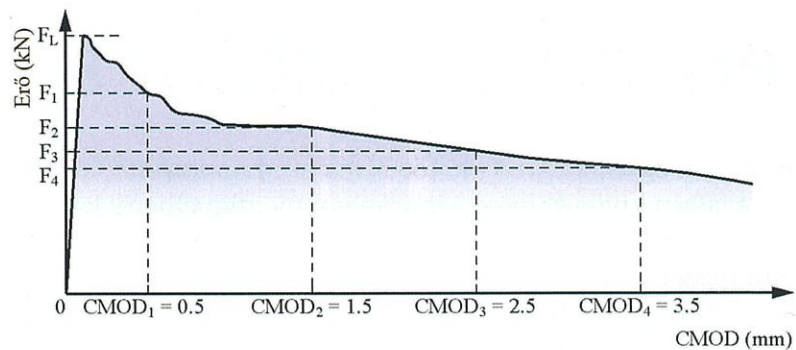
A szálerősítésű betonok méretezésére sok irányelv létezik, de jelenleg szabvány még nincs, az Eurocode-ban sem szerepel. Szálerősítésű betonok méretezésre leginkább két módszer terjedt el: az úgynevezett ekvivalens méretezési módszer és a fejlett végelelemes méretezés. Az ekvivalens módszer alapján a hagyományosan vasalt keresztmetszet nyomatóki ellenállásával megegyező ellenállású szálerősítésű beton-keresztmetszetet tervezünk, ahol a száladagolása a tervezési paraméter. Minimál vasalásközeli keresztmetszeteknél, illetve középsíkú hálóval erősített lemezszerkezetnél használható. A végelelemes méretezésnél olyan szoftverek használhatóak, amelyek képesek kezelni a beton berepedését, a száladagolásra gyakorolt hatását (Atena, Diana).

A szálerősítésű betonok legelterjedtebb felhasználási területe az ipari padlók, ezen szerkezetek méretezésére külön irányelv született TR34 [3] néven, amelyet a brit The Concrete Society adott ki. Az irányelvben külön fejezet foglalkozik a szálerősítésű betonokkal, illetve azok méretezésével, külön felhívva a figyelmet, hogy a mikroszálakat ezen méretezéseknél nem szabad figyelembe venni – összhangban az EN 14889 szabvánnyal.

### Vas helyett polimer

A szálerősítésű polimer, akárcsak a szálerősítésű beton ugyancsak kompozit anyag, jele az angol elnevezés után FRP (Fibre-reinforced polimer). Ezek gyakorlatilag olyan szálerősítésű anyagok, amelyekből vasbetétekhez hasonló betéteket gyártanak, és ezzel erősítik a betonokat. Ebben az esetben tehát a hagyományos vasaláshoz hasonló módon erősíthetjük a betont, olyan vasbetont készítve, amelyben nincs vas. A vasbeton angol megfelelője a reinforced concrete, amely erősített betont jelent. Ezen a nyelven így könnyebb megjelölni, hogy itt mi is az erősítés maga. A magyar nyelvben is átvehetjük ezt és FRP erősítésű betonnak hívhatjuk ezeket a szerkezeteket.

1. ábra Szálerősítésű betongerenda tipikus erő-CMOD diagramja



”

Ha a betonban nagy húzófeszültség ébred, bereped.

A száladagok ekkor kezdenek el dolgozni: a repedés után összetartják az anyagot, a repedések kevésbé nyílnak meg és lassabban terjednek.

”

Nagy előnye a teljes korróziómentesség, valamint az alacsony súly, mely mind a szállítást, mind pedig a helyszíni szerelést könnyebbé teszi. Fő előnyét, a korróziómentességet kihasználva az észak-amerikai országokban már szabvány rögzíti, hogy hidak pályalemezeiben csak FRP-erősítés alkalmazható. Szintén fontos felhasználási területe a villamos és gyorsvasúti betonpályák azon része, ahol kóboráram kialakulásának veszélye áll fenn, valamint a váltóberendezések környezete, ahol a fémanyagú erősítések gondot okozhatnak a berendezés működésében. Gyakori alkalmazása a betéteknek még a kórházak MRI-terme körüli fal és földem erősítése, ahol a nagy mágneses hatás miatt nem kerülhet fémanyag a tartószerkezetbe.

FRP-betétekből gyártanak ipari padlókhoz kapcsolati tuskákat is, melyek nagy merevségük miatt kiemelkedően jó kapcsolatot biztosítanak a padló mezői közt. Ezen elemek használhatóak olyan padlók esetén is, ahol az automatizált gépek miatt betonacél kapcsolati elem zavart okozna.

Hátránya az FRP-betéteknek, hogy a gyártási technológiából adódóan csak a gyárban lehet őket hajlítani, utólagos módosítás a helyszínen a legtöbb termék esetében már

nem lehetséges. A szintetikus makroszálakhoz hasonlóan nagy jövő elé néző anyagok. A bennük lévő száladagok alapján jelöljük az FRP-betéteket, léteznek szénszál (C), üvegszál (G) és bazaltszál (B) erősítésű FRP-betétek. A leginkább elterjedtek az üvegszál-erősítéssel készült betétek, amelyek kombinálják a költséghatékony gyártást és a jó mechanikai viselkedést. Az elemek húzószilárdsága megközelítőleg 2-2,5-szer nagyobb, mint az acélé, ugyanakkor a rideg viselkedés miatt kiemelkedően fontos a pontos és szakszerű mérnöki tervezés. A betétek készülhetnek többféle bevonattal (homokszórt, külső vagy belső borda), melyek a betonban való megfelelő tapadást biztosítják.

Méretezésüknél fontos figyelembe venni, hogy az FRP-betétek ridegen viselkednek, nincs képlékenyedés, emiatt nem szabad a vasbetonnál szokásos képleteket alkalmazni. Mind Észak-Amerikában, mind Európában léteznek FRP-betétekkel erősített szerkezetek méretezésére irányelvek: ACI [4] és fib [5], valamint a már említett fejlett betonszerkezetekre specializálódott szoftverekkel (Atena, Diana) is elvégezhető a szerkezetek modellezése.

Az FRP-betéteket szintetikus szálakkal közösen alkalmazva komplex betonerősítést hozhatunk létre a teljes korróziómentesség megőrzése mellett.

Jegyzetek:

- [1] B/517 Technical Committee (2006) Fibres for concrete – part 2: Polymer fibres, (BS EN 14889)
- [2] fib (2012). Model Code 2010, Final Draft, Vol. 1. fib bulletin 65.
- [3] The Concrete Society (2003) TR34 Concrete industrial ground floors, Crowthorne: The Concrete Society.
- [4] ACI (2015) ACI 440.1R-15: Guide for the Design and Construction of Structural Concrete Reinforced with Fiber-Reinforced Polymer bars
- [5] fib Task Group 9.3. (2007) fib Bulletin 40 – FRP reinforcement in RC structures, Sprint-Digital-Druck, ISBN 978-2-88394-080-2