

ACÉLKÖTELEK ÚJRAFELHASZNÁLÁSA BETONOK SZÁLEROSÍTÉSÉRE

Tassi Géza^{} - Magyarai Béla^{**} - Szlivka József^{***}*

RÖVID KIVONAT

Vékony huzalokból álló drótköteleket elterjedten alkalmaznak világszerte, - ezeket a szigorú biztonsági követelmények miatt jóval elhasználódásuk előtt kicserélik és beolvasztják. A használt drótkötelekből egyszerű eszközökkel készíthetők szálat, amelyek az ipar sok területén használhatók szálerosítéssal betonban. A tanulmány célja az újrafelhasznált és a kereskedelmi forgalomban kapható szákkal erősített betonok összehasonlítása laboratóriumi kísérletek segítségével. A kockaszilárdságot, a kocka próbatestek pecsétnyomás alatti viselkedését valamint hajlított tartók repedezettségi, szívóssági jellemzőit vizsgáltuk. Változtattuk a száladagolást (s ezzel a cementmennyiséget), s a hajlított tartókban változtattuk a normál vasbetétet is. Egyéb jellemzőiben a kétfajta szállal készült próbatestek azonosak voltak, s ugyanolyan volt a vizsgálati eljárás is. A kísérletsorozat eredményei azt mutatták, hogy a kereskedelmi forgalomban kapható és a használt drótkötél anyagából vett szállal erősített próbatestek viselkedés gyakorlatilag azonos.

1. BEVEZETÉS

Használt drótkötelek ill. elemeinek feszítópáncsokként vagy ferde kábelként való hasznosításáról korábban írtunk [13]. Kábelként való alkalmazásuk is lehetséges lenne (ld. [3]). A szálerosítás elterjedt alkalmazásának napjainkban már rendkívül gazdag irodalma van (lásd, pl. [2],[4]). A használt drótkötelek kohászati feldolgozása káros a környezetre, a szálak felhasználása az építőiparban gazdaságossági tekintetben is elenyész. A kereskedelemben kapható és a használt drótkötelekből nyert szálak összehasonlítására laboratóriumi vizsgálatok mutatkoztak legcélszerűbbnek. Arra törekedtünk, hogy az összehasonlítás célját szolgáló kísérleti elem párok csak a szál fajtájában térjenek el egymástól. A száladagolás valamint a hajlított tartókban a normál vasbetét változtatása nem ezek hatásának vizsgálatát szolgálták. Az eredmények e tekintetben is hasznosak, noha a szakirodalomban ezekre találunk megfelelő adatokat [5], [6], [7]. Mint hangsúlyoztuk, célunk a kétféle szál hatékonyságának összevetése, az újrafelhasználott anyag használhatóságának igazolása.

Összehasonlító gazdaságossági elemzést is végeztünk. A kísérletekhez használt újrafelhasználott szálak költsége a kereskedelmi forgalomban kapható szálak árának mintegy 15%-a. A gyakorlati alkalmazás esetén ez az arány várhatóan eléri a 20%-ot.

* okl. mérnök, a musz. tud. doktora, egyetemi tanár, BME Hidak és Szerkezetek Tanszéke

** okl. építőmérnök, a musz. tud. kandidátusa, INNOMAT, Kecskemét

*** okl. építészmérnök, okl. szerkezetépítő szakmérnök, ARCHI+MED, Budapest

2. A KÍSÉRLETEKHEZ HASZNÁLT ANYAGOK

2.1. A beton

A betont korábbi tapasztalatok [8] és szakirodalmi adatok (pl. (9)) alapján terveztük. A száladagolással arányosan növeltük a cementadagolást. A betonösszetételét (a pótlólagos cementadagolás nélkül) az 1. táblázat mutatja. Mind az adagolást, mind a keverést és utókezelést fokozott gonddal végeztük. Ezzel elértük, hogy a beton jellemzői csak jelentéktelen mértékben tértek el az összehasonlítandó kísérleti elemek között.

1. táblázat: A beton-összetétel

Cement C 52,5	kg/m ³	350*
Adalék 0/4 mm	kg/m ³	882
Adalék 4/8 mm	kg/m ³	882
Szuperfolyósító	kg/m ³	7
Víz	l/m ³	190

*A cementtöbbletet lásd a 3. táblázatban

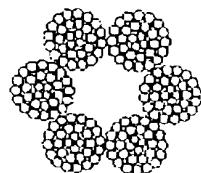
2.2. A szálerősítés és a betonacélok

Az összehasonlítás alapját képező kereskedelmi szálak valamint a használt drótkötélből előállított szálak adatait a 2. táblázat tartalmazza. Megjegyezzük, hogy a kereskedelembe beszerzett szálakon korrózió ellen védo bevonat volt, s a szálak felgömbített betonacél alakjára hasonlítottak. Az újrafelhasználásra szánt drótkötél keresztmetszetét az 1. ábra szemlélteti. A drótkötélből nyert szálakon csekély rozsda volt, alakjuk enyhe spirálist mutatott. A 2. táblázatba beírtuk a hajlító próbatestek hosszbetéteinek adatait is.

2. táblázat: A betonacélok és a szálerősítés

Betonacél	Ø 6 mm C15.H sima		
Betonacél	Ø 8 mm B.60.50 periodikus		
C acélszál	Ø 0,45 mm	h=30mm	Kereskedelmi
R acélszál	Ø 0,8 mm	h=50 mm	Drótkötélből újrafelhasznált

h - szálhossz



Kötélmérő: 15,5 mm
Pászmaátmérő: 5,3 mm
Huzalátmérő: 0,8 mm

1. ábra: Az újrafelhasznált drótkötél keresztmetszete

3. A KUTATÁSI PROGRAM

Az elvégzett kutatás során két jelenséget vizsgáltunk, és pedíg a pecsétnyomást és próbagerendák hajlítási viselkedését.

Köztudott, hogy a szálerősítésű betonok viselkedését számos paraméter határozza meg. Ebben a tanulmányban a két változtatott paraméter: a száladagolás, illetve a gerendánál a hosszvasbetét átmérete is. Mint említettük, vizsgálataink célja nem elsősorban e paraméterek hatásának tanulmányozása volt, hanem a kétféle szál összehasonlítása. A szilárdsági, repedezettségi, teherbírási adatok mellett a szívósságot is vizsgáltuk.

Kockaszilárdsági vizsgálatot háromfajta - szálerősítés nélküli valamint kétféle száladagolású - próbatesten végeztünk, melyek mindegyikéből három 150 mm élhosszúságú próbatest készült. A pecsétnyomás hatását ugyancsak háromfajta - a kockaszilárdsági vizsgálat próbatestjeivel azonos - három-három próbatesten vizsgáltuk.

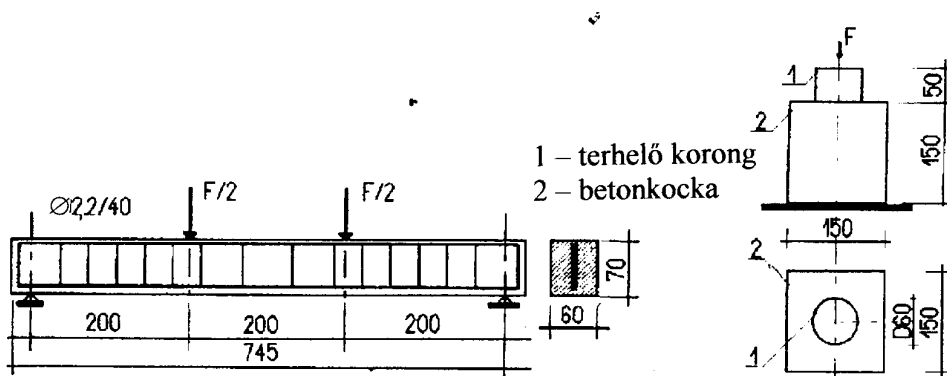
A hajlító szilárdsági vizsgálatok próbatestei kis gerendák voltak. Készült normál vasalás és szálerősítés nélküli, továbbá kétféle szálerősítésű és kétféle hosszvasbetéttel ellátott gerenda. 15 fajta kísérleti gerendán változtattuk a paramétereket, mindegyik fajtából két-két darab készült.

4. A KÍSÉRLETEK ELRENDEZÉSE

A kockaszilárdságot hagyományos módon vizsgáltuk. A 2. ábra szemlélteti a hajlító vizsgálati próbatestek kialakítását és a terhelő erők támadáspontját, valamint a támaszok helyét. A pecsétnyomási kísérlet elrendezését a 3. ábra mutatja.

A próbatestekre vonatkozó adatokat, a vizsgálati eredményeket tartalmazó 3., 4. és 5. táblázat nyújtja.

Mind a pecsétnyomás, mind a hajlítás esetén a mechanikus vizsgáló berendezéssel rajzoltattuk a terhelő erő és az összenyomódás ill. a lehajlás közötti összefüggést. Ennek segítségével tudtunk következtetni a teljes alakváltozási munkára, vagyis a kísérleti elem szívósságára.



2. ábra: A hajlító kísérlet elrendezése

3. ábra: A pecsétnyomás vizsgálata

5. A VIZSGÁLATI EREDMÉNYEK

A kockaszilárdságokat a 3., a gerendákon végzett vizsgálatok mérési adatait a 4. a pecsétnyomási vizsgálatok eredményeit az 5 táblázatban állítottuk össze. Megjegyezzük, hogy a repeszto nyomatékot a hajlított elemeknél a terhelő ero-lehajlás diagram alapján határoztuk meg. A szívósságra vonatkozó adatokat ugyancsak ezeknek a diagramoknak a segítségével nyertük.

A kísérleti eredmények szemléltetésére a legfontosabb adatokat grafikonokon is feltüntettük (lásd a 4. ábrán).

3. táblázat: A kockaszilárdságok

1	2	3	4	5
A próbatest sorszáma	A szálerősítés		Cementtöbbllet [%]	Kockaszilárdság [MPa]
	fajtája	aránya [%]		
1-a-b-c	-	0	0	39.7
2-a-b-c	R/C	0.5	13	43.3/44.2
3-a-b-c	R/C	1.0	26	47.7/46.5

C – kereskedelmi R - újrafelhasznált Az 5. oszlop adatai három kocka átlagából

6. MEGÁLLAPÍTÁSOK

A megállapításokat az ismertett következő vizsgálatok alapján tesszük:

Három kísérletsorozatot végeztünk - lásd a 4. táblázat 1. oszlopában a törtjel utáni számot - ugyanazzal a betonösszetétellel készült különféle próbatestekkel. (Annyi különbség volt a beton összetételében, hogy a szálerősítésnek megfelelő cementtöbbltetet is bekevertük.) A kockaszilárdság, a pecsétnyomás esetén való ellenállás és a hajlító szilárdsági vizsgálat esetén is végeztünk méréseket szálerősítés nélküli, valamint 0, 5 és 1, 0 térfogatszázalék adagolású szállal. A hajlított tartókat normál betonacél nélkül és kétféle vasalással is vizsgáltuk a szálerősítéssel együtt. E próbatesteket párban vizsgáltuk - mindegyik kísérleti elemnek - kivéve természetesen a szálerősítés nélkülieket - volt kereskedelmi forgalomban kapható ill. használt drótkötélből nyert szállal erősített változata.

A próbatestek száma lehetővé tette, hogy megállapítsuk a szálerősítés kedvező hatását. Tudvalevo azonban, hogy a szálak alkalmazásának elonye nem elsősorban a kockaszilárdság vagy a vasalt hajlított elem töroterhében mutatkozik. Ezt kísérleteink is mutatták. A szálerősítés elonyeit foként a szívósságra jellemző adatok alapján állapíthatjuk meg.

Ismételten hangsúlyozzuk azonban, hogy a kísérletsorozat fő célja nem a szálerősítés hatékonyságának tanulmányozása volt, hanem a kétfajta szál hatásának összehasonlítása. Az összehasonlító elemzés azt mutatja, hogy az adott szempontokból végzett összehasonlítás szerint nincs számottevo eltérés a kereskedelmi forgalomban kapható és a használt drótkötélből nyert szálak hatása között.

4. táblázat: A gerendakísérletek vizsgálati eredményei

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A próbatest száma	A szálerősítés		Cementtöbbslet [%]	Betonacél [mm]	Repsztoeroő F [kN]	Repsztoeroőből számított szélsősáal feszultség [MPa]	Tőroeroő F [kN]	Teljes alakváltozási munka [kNmm]	Tőresmód
	Fajtája	Aránya %							
1/1-a-b	-	0	0	-	1,76	3,40	1,76	0,85	SC
1/2-a-b				6	9,10	17,55	11,53	95,20	AS
1/3-a-b				8	13,20	25,50	15,29	108,67	Ny
2/1-a-b	R	0,5	13	-	3,19	6,16	3,40	7,99	SC
2/2-a-b				6	11,45	22,04	13,02	111,11	AS
2/3-a-b				8	17,15	33,08	18,80	150,86	N
3/1-a-b	C	0,5	13	-	2,81	5,41	2,84	8,55	SC
3/2-a-b				6	12,24	23,62	13,33	122,58	AS
3/3-a-b				8	18,35	35,40	18,46	160,85	N
4/1-a-b	R	1,0	26	-	3,03	5,84	3,59	25,45	SC
4/2-a-b				6	11,95	27,43	13,16	139,23	AS
4/3-a-b				8	20,23	38,02	22,18	180,06	N
5/1-a-b	C	1,0	26	-	2,65	6,08	2,65	22,12	SC
5/2-a-b				6	15,16	29,01	16,15	144,16	AS
5/3-a-b				8	20,53	39,60	22,68	176,93	N

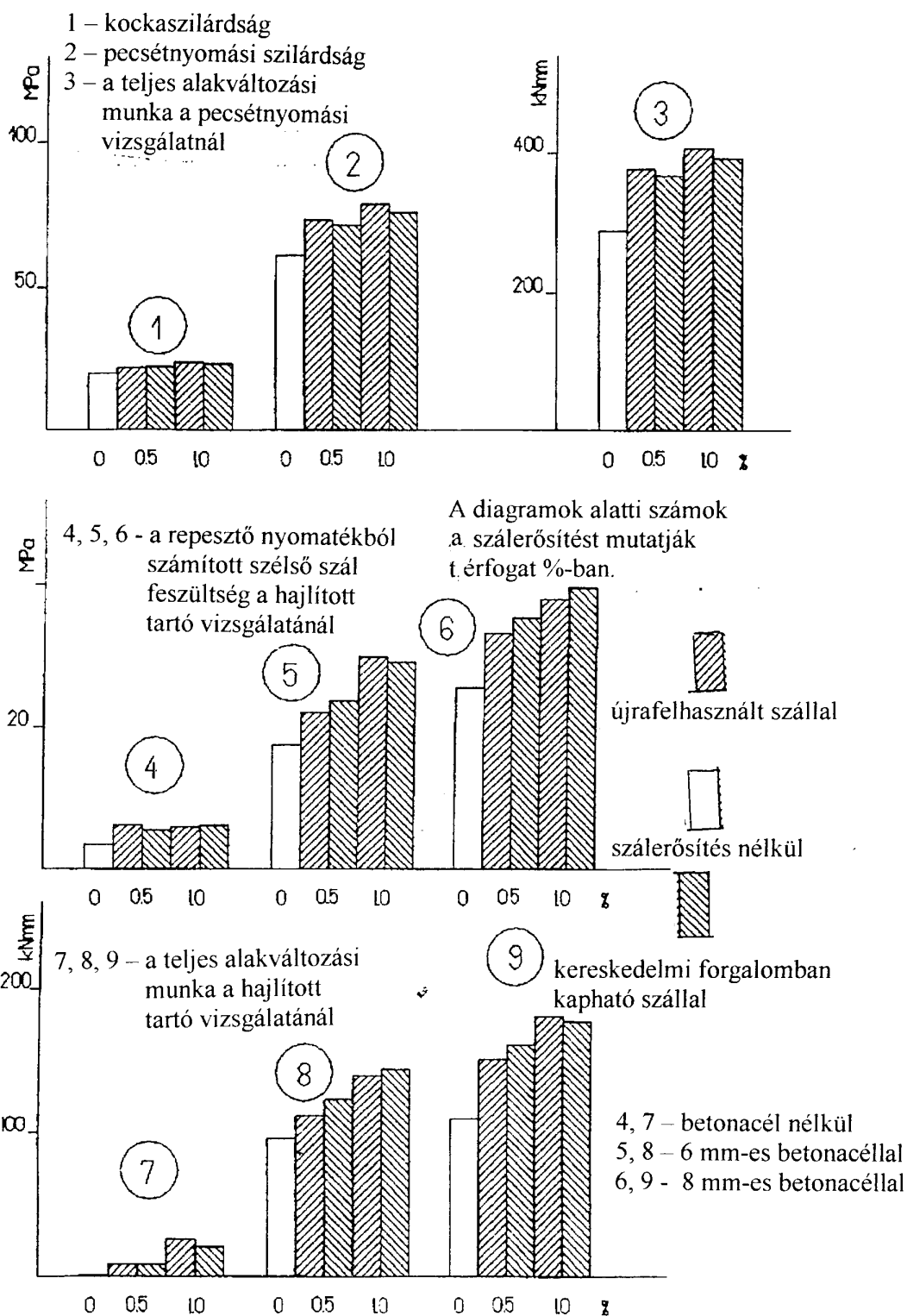
R – újrafelhasznált C – kereskedelmi A 6, 7, 8 és 9 oszlop adatai két próbatest mérési eredményének átlagai

SC – a szálak megcsúsúzása AS – a betonacél szakadása Ny – nyírás N – Normálisan vasalt tartóként

5. táblázat: A pecsétnyomási kísérlet eredményei

1	2	3	4	5	6	7
A próbatest sorszám	A szálerősítés		Cement-Többslet	Tőroeroő [kN]	Pecsétny szilárd. [MPa]	Teljes alakváltozási munka [kNmm]
	fajtája	aránya [%]				
B1-a-b-c	-	0	0	470,0	122	285
B2/1-a-b-c	R	0,5	13	562,5	146	361
B2/2-a-b-c	C	0,5	13	558,3	143	352
B3/1-a-b-c	R	1,0	26	602,5	157	390
B3/2-a-b-c	C	1,0	26	582,5	151	376

C – kereskedelmi R - újrafelhasznált A kísérleti adatok három próbatsten mért értékek átlagai.



4. ábra: A kísérleti eredmények összehasonlítása

7. ÖSSZEFOGLALÁS

A kutatás célja az volt, hogy megállapítsuk, a kereskedelmi forgalomban kapható szálakkal összehasonlítva alkalmas-e használt drótkötél újrafelhasználása révén nyert szálerősítés. Célunk volt, hogy olyan anyagról számolhassunk be, amely olcsó és a környezet kímélése szempontjából is elonyös. Mindemellett nem törekednénk arra, hogy az újrahasznosított anyagot korlátozás nélküli használatra javasoljuk. Vannak e kísérletsorozatban nem vizsgált hatások (pl. rozsdafolt), s a kiselejtezett drótkötél nem áll korlátlan mennyiségben rendelkezésünkre. A régi-új anyag az elvégzett vizsgálatok szempontjai szerint megbízhatóan helyettesítheti az eredetileg szálerősítési céllal gyártott anyagot.

HIVATKOZÁSOK

- [1] Balázs L. Gy. - Polgár L.: A szálerősítésű betonok múltja, jelene és jövője. *Szálerősítésű Betonok. Konferenciakiadvány, fib*, Budapest, 1999. pp. 1-23.
- [2] Boulay, C.- Clement, J.L.- Toutlemond, F.- Fakhri, P.- Verók K.: Etude du dimensionnement des elements de structure en BHTP soumis des forces de compression localisées. BHP 2000, *Projet National.: Béton a Hautes Performances*, LCPC, Paris, Novembre 2000.
- [3] Bölcskei E.: Nagyszilárdságú acélkábel vonórúd, *Mélyépítéstudományi Szemle*, 1952., Budapest, pp. 527-531.
- [4] Hughes, B.P.- Fattuhi, N.I.: The workability of steel-fibre reinforced concrete. *Magazine of Concrete Research*, 1976. Vol. 28. pp. 157-161.
- [5] Krishna Rajna, N.- Basavarajiah, B.S.- Janardhan Rao, K.: Compressive strength and bearing strength of steel fibre reinforced concrete. *Indian Concrete Journal*, 1977. Vol. 51. pp. 157-161.
- [6] Lacroix, R. - Rossi, P.: BEFIM: the French national project for the industrial development of metal fibre reinforced concrete. *Mint [3]*, pp. 19-22.
- [7] Magyar B.: Concrete with glass metal fiber. *Proc. of the International IABSE Congress*. Helsinki, 1988. pp. 21-26.
- [8] Magyar B.: Az összetétel hatása a szálerősítésű beton és habarcs tulajdonságaira. *Mint [1]*, pp. 114-121.
- [9] Mangat, P.S.: Tensile strength of steel fibre reinforced concrete. *Cement and Concrete Research*, Vol. 6. pp. 245-252.
- [10] Naaman, A.E.: Fiber reinforcements for concrete, looking back, looking ahead. *Mint [3]*. pp. 65...86.
- [11] Neubert, B.: Stahlfaserbeton-Einsatzmöglichkeiten des Werkstoffs und seine Grenzen. *Mint [1]*, pp. 24-36.
- [12] Swamy, R.N.: FRC for sustainable infrastructure, regeneration and rehabilitation. *Mint [3]*, pp. 3-18.

- [13] Tassi G. - Szlivka J.: Acélkötelek újrafelhasználása vasbeton szerkezetekben. A *Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Építőmérnöki Kar, Hidak és Szerkezetek Tanszéke Tudományos Közleményei*, 2001. pp. 183-190.
- [14] Vandewalle, L.: Design method for steel fibre reinforced concrete proposed by RILEM TC 162.-TDF. *Mint* [3], pp. 52...64.