

Hegymászókötelek szakítógépes vizsgálata*Holl Balázs*

A Magyarországon barlangban használt kötelek tulnyomó részben csehszlovák gyártmányuak, ritkán lengyel és NDK köteleket is alkalmaznak /beszerezhetőség miatt/. Mivel csak a csehszlovák kötélnél tüntetik fel a gyártó által megadott szilárdsági értékeket, megpróbáltuk magunk elvégezni a legfontosabb vizsgálatokat. Barlangi viszonylatban elsősorban a statikus terhelés jellemző, így a szakítógépes vizsgálat ad a felhasználásra vonatkozóan elég információt.

Vizsgálatainkat a Budapesti Műszaki Egyetem Könnyűipari és Textiltechnológia Tanszékének ZWICK 1464 típusu szakítógépével végeztük. A próbákról minden esetben nyulás-erő diagrammot vettünk fel, és ezeket elemeztük.

Elsősorban arra kerestünk választ, hogy az erősen használt kötelek teherbirása milyen mértékben csökken, rugalmasságuk hogyan változik. Köztudott, hogy a kötelek szilárdsága a használat során csökken, a kérdés csak az, hogy ez mennyire befolyásolja a használhatóságot, mikor válik a kötél veszélyessé. Általános gyakorlat szerint a csehszlovák köteleket 3 - 5 éves tartós használat után szokták leselejtezni. Ilyen leselejtezett köteleket vizsgálva azt tapasztaltuk, hogy szilárdságuk az új kötelekhez viszonyítva kb. 30%-kal csökkent, de szakítási nyulásuk nem változott. A vizsgálat eredményei szerint a kötél természetes öregedése /terhelés nélküli szilárdságcsökkenése, amit a

hosszu polimerszálek feldarabolódása okoz/ olyan kis mértékű, hogy nem befolyásolja a használhatóságot. Jelentősen számít viszont a befogás és a terhelés módja. Akár 60%-kal is kevesebbet bírhat a maximális szakítószilárdságánál a köté, ha a befogásnál élen törik meg. A köté belső szálainak szennyezettsége a szakadás módját befolyásolja. A belső szálaiban szennyezett köté, mivel a szálak egymás mellett nem tudnak elcsuszni, egyszerre szakad el, míg a tiszta köté szálanként, hosszabb idő alatt.

I. táblázat

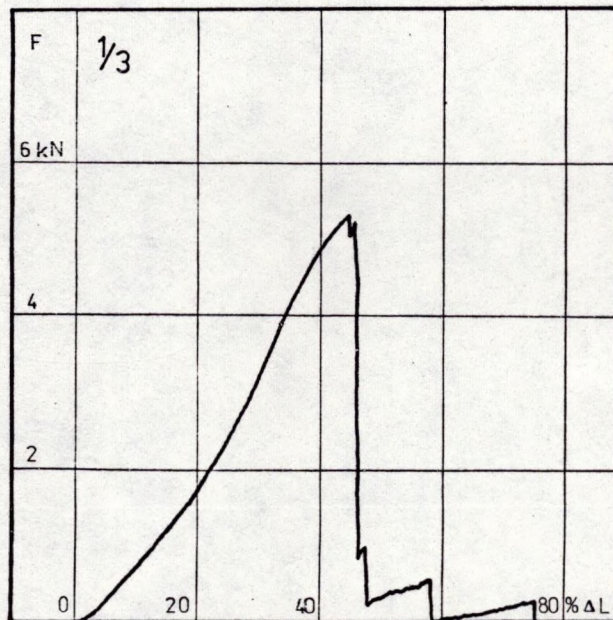
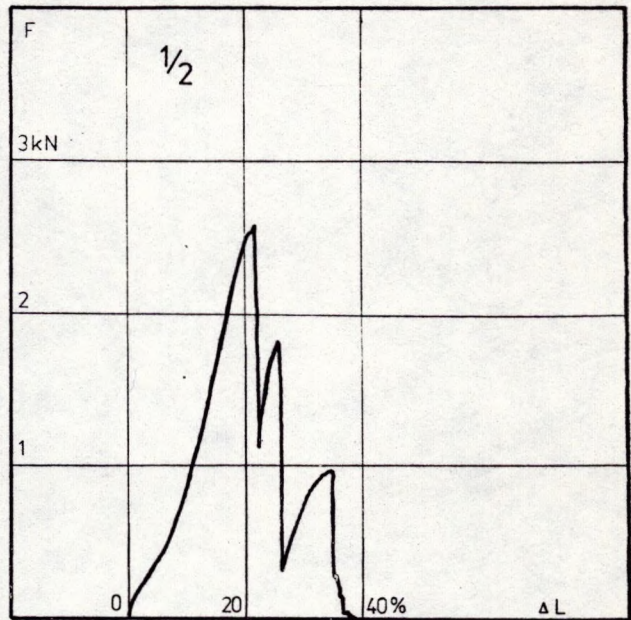
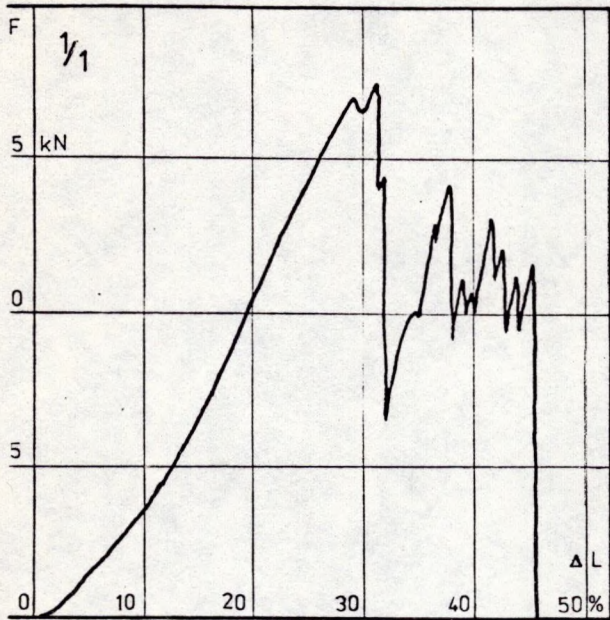
Ø11

	átlag	szórás	minimum	%
szövetbefogó pofa	12,4 kN	1,68	10,1 kN	100
prizmás befogó fej (Jumar-típusú megfogás)	9,4 kN	0,2	9,2 kN	76
R 5 mm-es rádiusz	8,57 kN	0,46	7,85 kN	69
90°-os él	5,4 kN	-	-	44

Ø9

szövetbefogó pofa	9,22 kN	1,05	7,25 kN	100
R 5 mm-es rádiusz	6,69 kN	0,25	6,45 kN	73

Erősen használt csehszlovák kötelek szakítószilárdságai /szobahőmérsékleten, átlagos páratartalom mellett/.



1. ábra

Uj Csehszlovák \varnothing 11 mm-es kötéll $1/1$ / , a külső köpenyének $1/2$ / , és a 8 belső szálsodrat közül egynek a szakítódiagrammja $1/3$ /

A vizsgálatok szerint a csehszlovák kötelek 3 évig biztonságosan használhatók kötélként való felhasználáshoz, ezen idő alatti kiselejtezés csak jelentős mechanikai behatások esetén indokolt, például dinamikus terhelés, kőhullás, elnyiródás.

A kötelek nyulását vizsgálva a következőket állapítottuk meg: -A kötelek szakadási nyulása a használat során nem változik jelentősen. Ez a tény annak tudható be, hogy a párhuzamosan kapcsolt szálak egy része kiesik a teherviselésből, a kötél kisebb erőt visel el, a karakterisztikája lágyabb lesz, viszont a szakadási nyulás, ami anyagjellemző, nem változik.

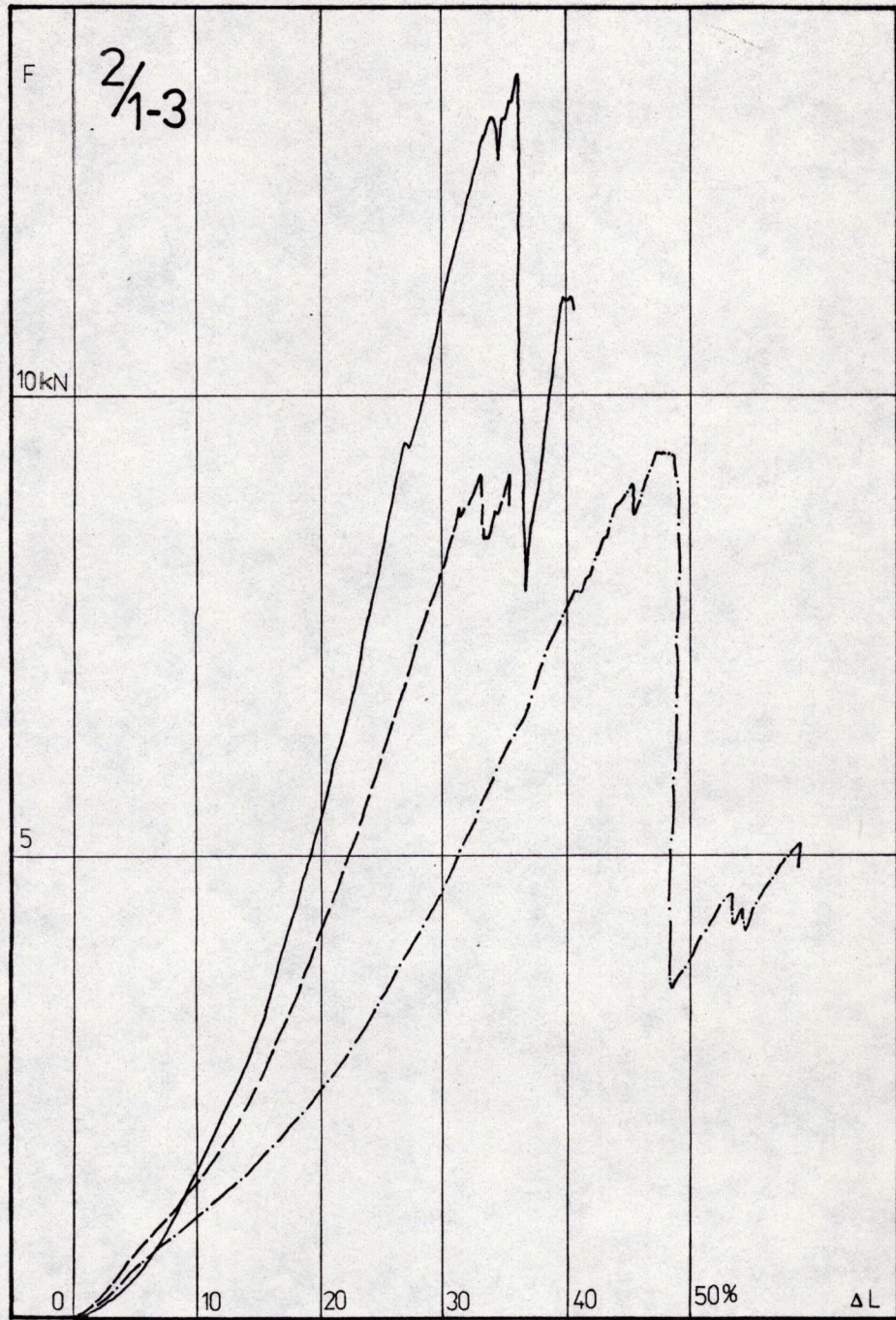
-Ellenben a szakítódiagramm első szakaszán ellentétes folyamat játszódik le. Ebben a tartományban a szerkezeti tulajdonságok határozzák meg a kötél viselkedését. A használat során összerendeződő szálak merevebbé teszi a kötelet. A görbék 800 - 1100 N között metszik egymást, így ennek mászás és ereszkedés szempontjából nincs jelentősége, de kisebb terhek emelésénél kifejezetten előnyös. /2. ábra/

A szakadási munka vizsgálata

A szakadási munka jellemző a próbadarab elszakításához szükséges energiára. Ez két részből tevődik össze:

1. rugalmas deformáció
2. maradandó változások létrehozása.

A rugalmas deformáció közben a teljes kötélhossz egyforma mértékben nyulik, ez alól csak a befogások környezete, és az anyaghibák miatti kismértékű inhomoge-



2. ábra

Csehszlovák \varnothing 9 mm-es kótél szakítódiagrammjai.

/—: uj, ----, -.-.- :használt /

nitások a kivételek. Maradandó változások a nyulás közbeni szálátrendeződések, szétcsuszások, és az elemi szálak elszakadása. A szálátrendeződések hosszabb pihentetés vagy lazítás után bizonyos mértékig visszateríthetők a kiindulási állapotba, de a szétcsuszások és a szálszakadások nem. Ezek szerint, ha a kötélt teljes elszakítása nélkül munkát végzünk rajta, akkor ennek a befektetett energiának csak egy részét tudjuk visszanyerni.

A szakítási munkát kétféleképpen vizsgálhatjuk: statikus és dinamikus eljárással. A statikus eljárás a szokásos nyulásgörbe elemzése: a görbe alatti terület a szakítási munkával arányos. A görbe első szakasza viszont /rugalmas nyulás/ a kötélt hosszával van arányban. Így értelmezhető a fajlagos szakadási munka: $\frac{W}{l}$, ahol l a próbadarab hossza, W pedig a szakadási munka $/W = \int_0^l F dl/$.

A nemzetközi /UIAA/ szabványban előírt dinamikus vizsgálati módszer szerint, egy adott geometriájú vizsgálóállványon, a kötélt rendeltetésétől függő nagyságu terhet ejtünk egy 280 cm hosszú kötéltbe. A vizsgálatot addig ismételjük, amíg a kötélt el nem szakad, vagy az erő nem nő egy meghatározott erő /6000 ill. 12000 N/ fölé.

Mi most részletesen az első módszerrel foglalkozunk. Mivel a szakítódiagramm $F(l)$ függvényét csak grafikonjából ismerjük, célszerű az integrálást is grafikusán elvégezni. Itt két függvénykapcsolatot vizsgálhatunk, az egyik a $W(l)$ függvény, ami azt mutatja meg, hogy egy adott nyulás alatt mekkora energiát emészt

fel a kötél. A másik a $W(F)$ függvény, ami az $l(F)$ inverz függvény integrálja, és arra ad tájékoztatást, hogy az energia elnyelése közben mekkora erőhatás éri a zuhanó testet, milyen gyorsulást kell elviselnie. /3.-4. ábra/

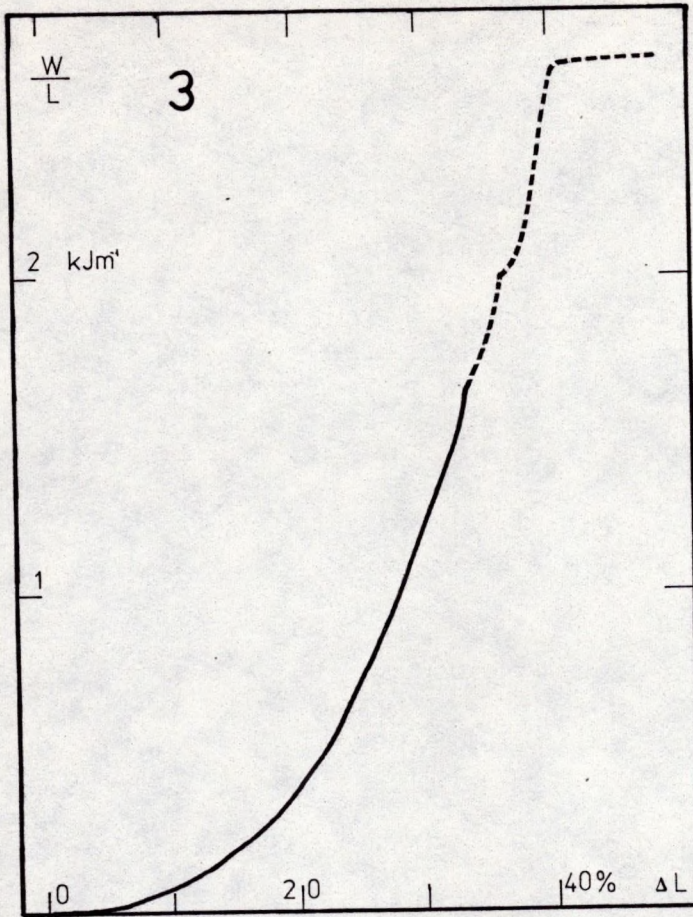
Láttuk, hogy a használt kötelek lágyabb karakterisztikájúak. Ezt a tényt érdemes a szakítási munka oldaláról is megvizsgálni. A használt kötél ugyanakkora nyulás értéknél, de kisebb erőhatásra szakad el. Ebből az következik, hogy a maximális szakadási munka kisebb lesz, viszont a használt kötél ugyanakkora erőhatásra jobban megnyulik, így nagyobb energiát képes felemészteni /ez a szakítószilárdságnál kisebb erőre vonatkozik/. Mivel a nemzetközi szabványban egy adott energia felemésztéséhez az erő is maximálva van, ezért a használt kötelek jobb paramétereket adnak az első próbánál. /Ezzel szemben kevesebb esést bírnak ki./ Ujabban az élen megtörő kötelek dinamikai vizsgálatánál is hasonló eredményre jutottak, amit én úgy magyaráznék, hogy mivel az élen megtörő kötél egészen kis erőhatásra elvágódhat, nem a kifáradás a mértékadó, hanem az, hogy minél kisebb erő ébredjen a kötélen. Ebből a szempontból a használt kötél jobb, mint az új!

Egyébb vizsgálatok

Több, más jellegű vizsgálatot is végeztünk, részint a gyakorlat szempontjából felmerült anyagok, részint a vizsgálati módszerekre vonatkozóan. Ezek között szerepelt a kötél relaxációja és a rugalmasság vizsgálata. /5. ábra/ Vizsgáltuk hevederek teherbirását is,

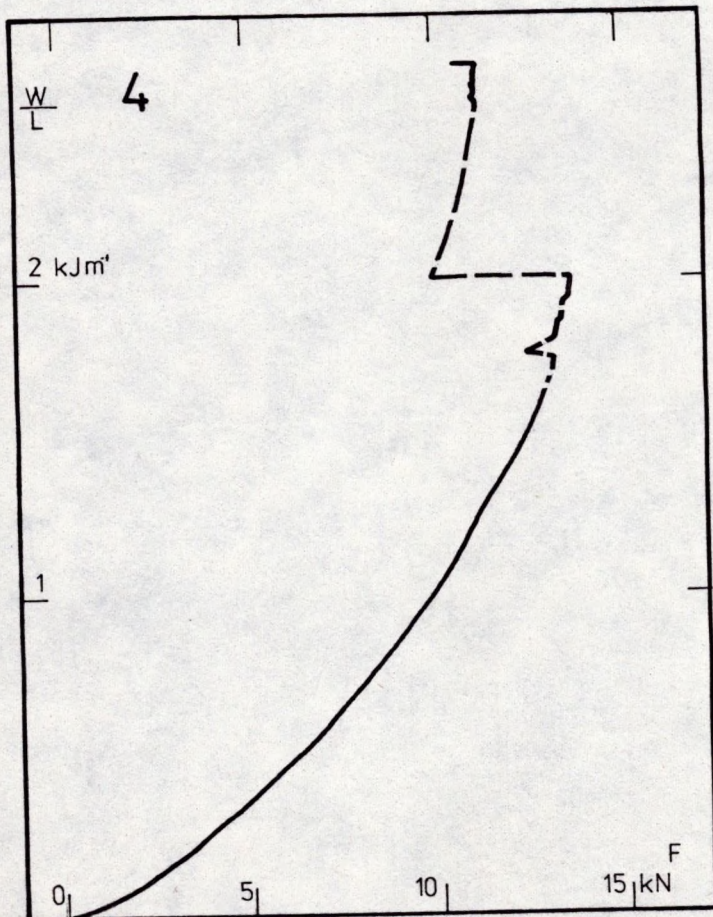
3. ábra

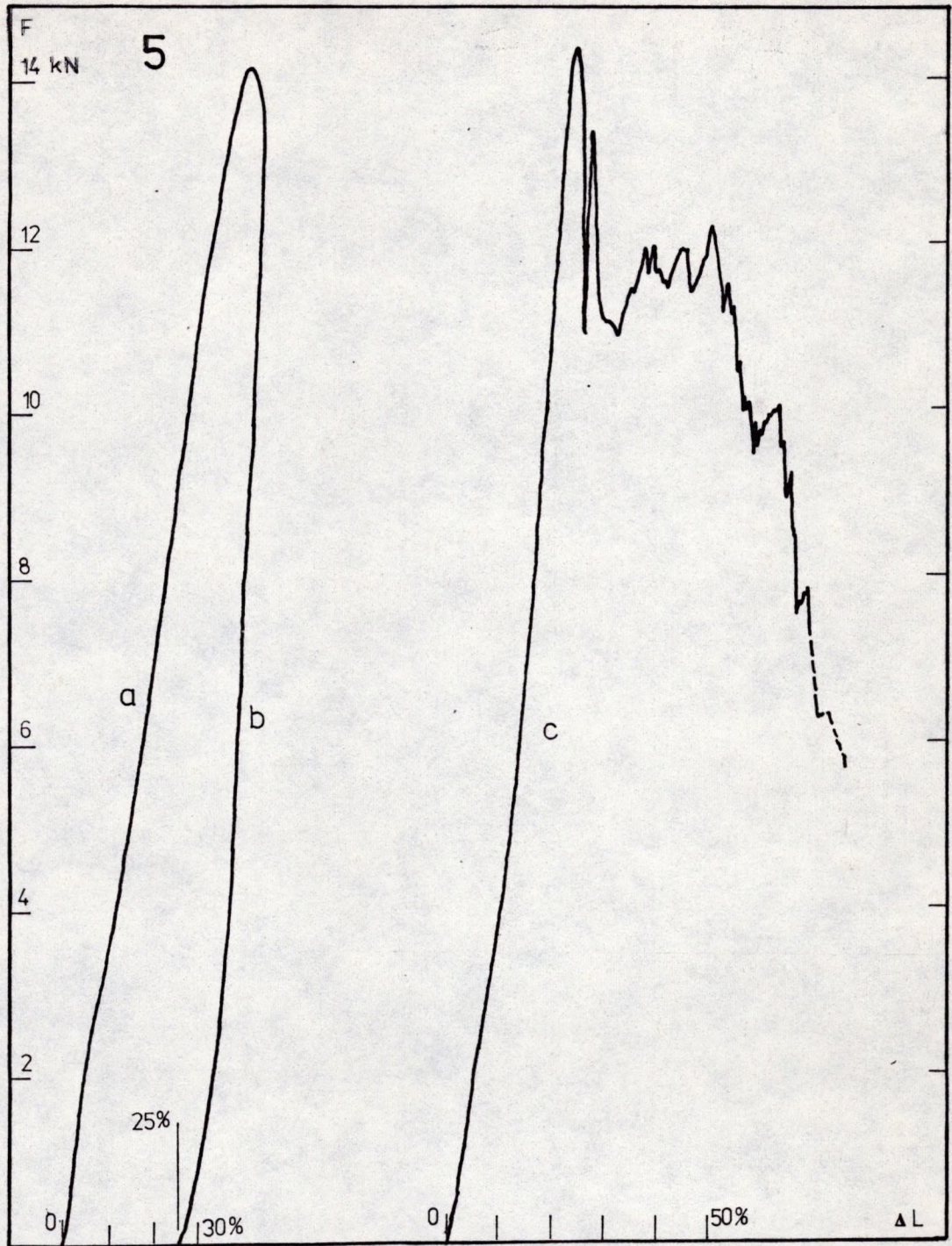
A megnyulás függvényében a méterenként felemésztett energia. / $\phi 9$ mm-es uj Cseh-szlovák kötél /



4. ábra

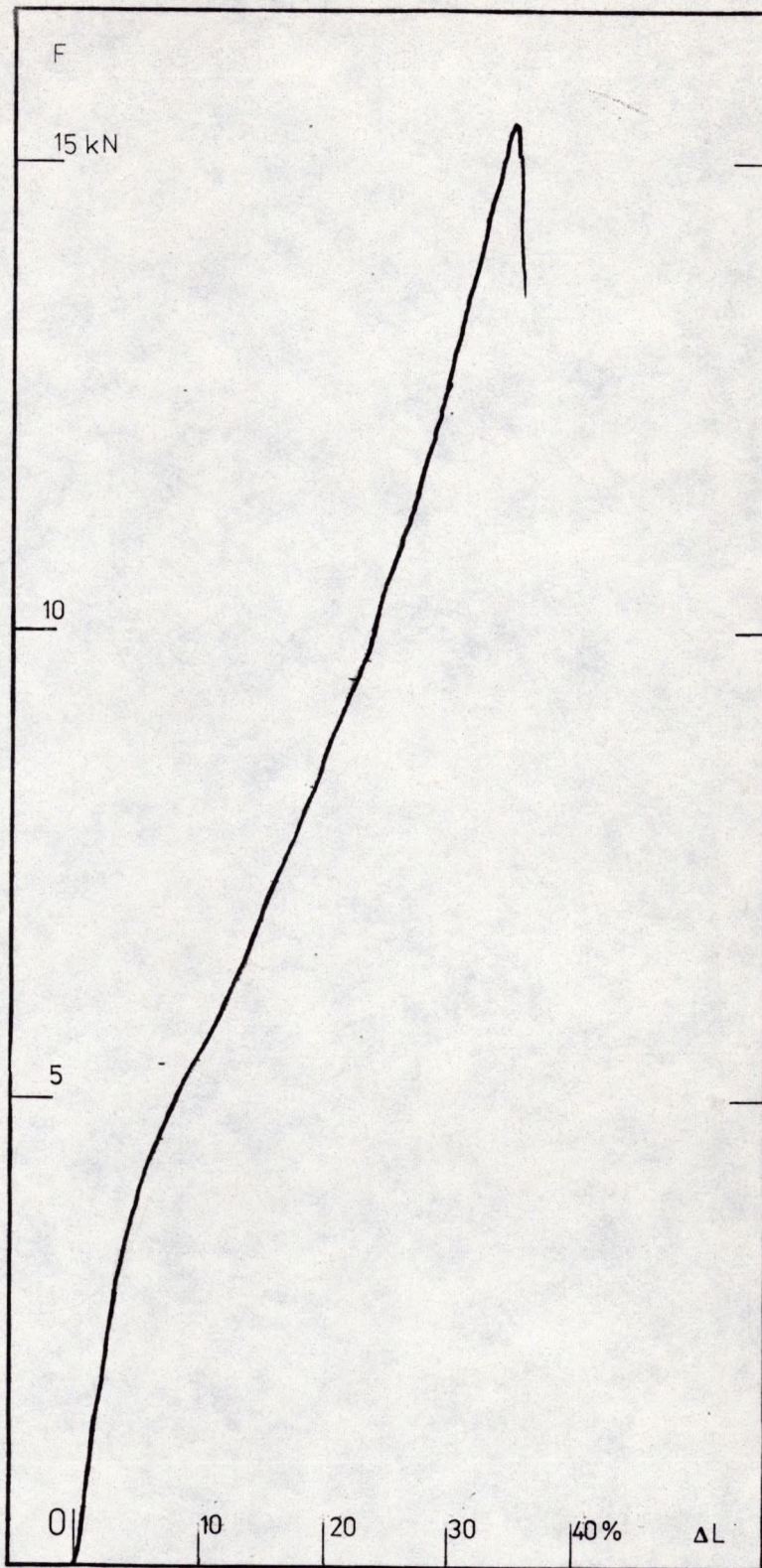
Az erő függvényében a méterenként felemésztett energia. / $\phi 9$ mm-es uj Cseh-szlovák kötél /





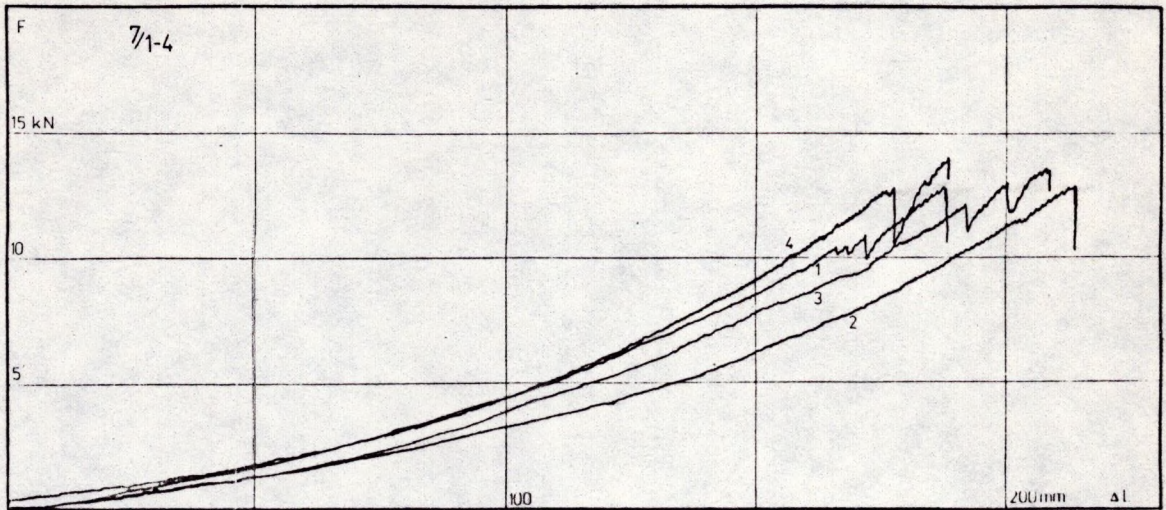
5. ábra

Használt \varnothing 11 mm-es Csehszlovák kötél megfeszítési és visszaengedési görbéje. A két görbeág / a,b / közötti terület arányos az elnyelt energiával. A második görbe /c/ ugyanennek a kötélnak a szakítódigrammja, jól látható hogy a kezdeti szakasz lényegesen meredekebb mint az a görbe.



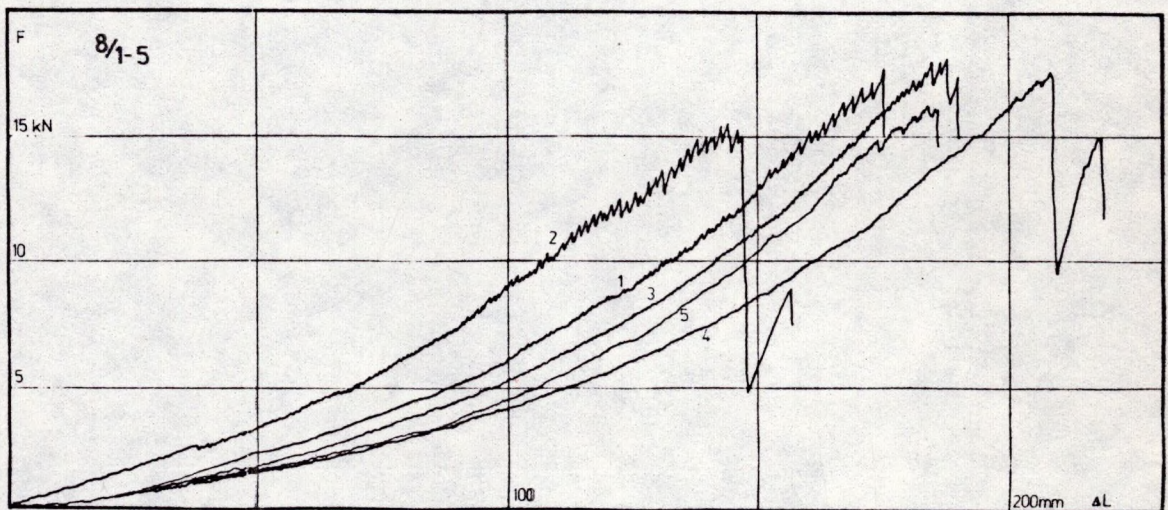
6. ábra

Biztonsági öv heveder szakítódiagrammja.



7. ábra

∅ 9 mm-es használt Csehszlovák kötél szakítási görbéje R5-ös rádiuszu felületen megtörve. 1-4 ig a kötél különböző darabjainak szakítódiagrammja.



8. ábra

∅ 11 mm-es használt Csehszlovák kötélminták R5-ös rádiuszon felvett szakítási görbéi. / 1-5 ig /

ahol a biztonsági öv heveder jó teherbíró képességét érdemes megemlíteni. Maximális erő /szövetbefogó pófában/ 15,4 kN volt, 3 kN felett pedig a karakterisztikája lényegesen lágyabb, mint alatta. /6. ábra/ Csehszlovák kötelekre sorozatméréseket végeztünk a mintadarabok szórásának megállapítására. /7. - 8. ábra/

Köszönetünket fejezzük ki Szenthe Istvánnak és Gál Jánosnak segítségükért.

Holl Balázs