

# XI. FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 2006. március 24-25.

## SODRATSZERKEZET VIZSGÁLATA VÉGESELEMES MÓDSZERREL

**Beleznai Róbert, Boros András, Szávai Szabolcs**

### **Abstract**

Some finite element models of the simple 7-wire rope strand are presented in this work. We examined, how to use the symmetry property for the model simplification, and the length of the clamping effect. The models were created in MSC. MARC software package. Three-dimensional solid elements were used for the model generation. We examined the wire rope strand under axial load (only tensile) and the contact, friction and plastic yielding were taken into account.

### **Összefoglaló**

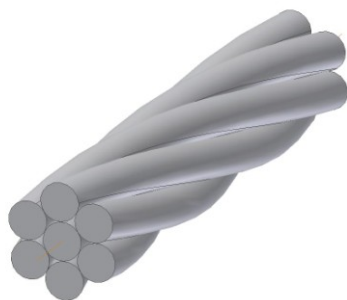
A dolgozatban bemutatásra kerül egy hét szálás sodrat néhány végeelem modellje, melyekkel azt vizsgáltuk, hogy milyen szimmetria tulajdonságok használhatóak fel a modell egyszerűsítés során, illetve a befogás hatása mekkora távolságon érvényesül. A modelleket MSC.MARC szoftverrendszerben készítettük. Az igénybevétel típusa tiszta axiális húzás volt. A huzalok közötti súrlódási viszonyokat is figyelembe vettük.

### **1. Bevezetés, célkitűzés**

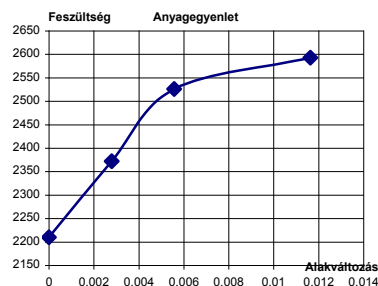
Már i.e. 700-ban, Babilonban is használtak az emberek rézből készült kötelet egyfajta szerkezeti elemként [1]. Azonban ténylegesen először 1836-ban Németországban, a Harz-hegységben található bányákban alkalmaztak acélból készült kábeleket [2]. Azóta felhasználási körük jelentősen kibővült, megtaláljuk őket a mindennapi használatban éppúgy, mint például a hidak szerkezeti elemeként vagy olajipari tömlők erősítő anyagaként. A sodratszerkezetek vizsgálatával már sokan foglalkoztak korábban is, azonban a rendelkezésre álló számítási erőforrások nem tették lehetővé az igen részletes modellek felépítését. Végeelemes módszerrel lehetőség nyílik arra, hogy a sodrat viselkedésére befolyással levő minden tényezőt figyelembe vegyünk, és megfelelően finom háló kialakításával igen precíz modellt készítsünk. A nagy elemszám viszont nagy számítógépi erőforrást igényel, ezért azt a célt tűztük ki, hogy megvizsgáljuk a sodrat szimmetria tulajdonságait, hogyan lehet felhasználni őket a modell egyszerűsítésére, és meghatározzuk a szükséges modellezési hosszúságot, amelyen már a befogás hatása nem érvényesül.

### **2. A sodratszerkezet vizsgálata**

A drótkötelek közös tulajdonsága, hogy nagy axiális irányú terhelésnek képesek ellenállni, azonban a hajlítási és csavarási merevségük nem túl nagy. Többféle kivitelben készülhetnek, most a legegyszerűbb 7 szálás geometriájú sodrat került vizsgálatra. A sodrat képe az 1. ábrán látható.



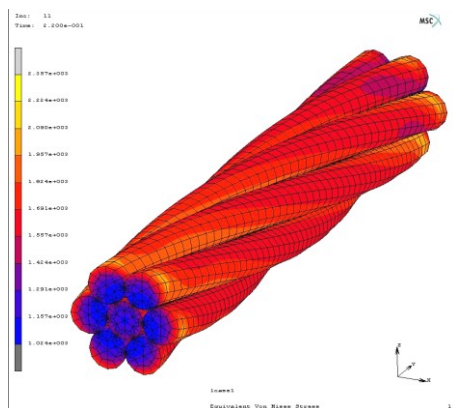
1. ábra: 6+1 szerkezetű sodrat geometriája



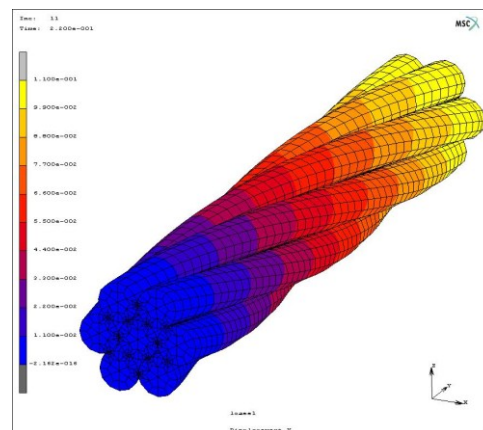
2. ábra: Egy huzal anyagegyenlete

A modell egy maghuzalból, és 6 spirális huzalból áll. A huzalok azonos átmérőjűek ( $d=0,71$  mm), és közöttük Coulomb-féle súrlódás van ( $\mu=0,115$  súrlódási tényezővel) [4]. A rugalmassági modulusz értéke:  $E=185$  GPa. Az alkalmazott anyag húzó diagramja a 2. ábrán látható. Az igénybevétel axiális húzás. Feltételezésünk értelmében az alkalmazott terhelés rugalmas-képlékeny alakváltozásokat okoz.

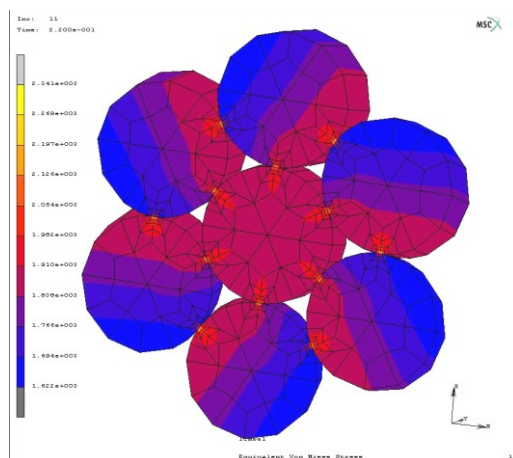
### 3. Teljes 3D-s sodratszerkezet modellezése



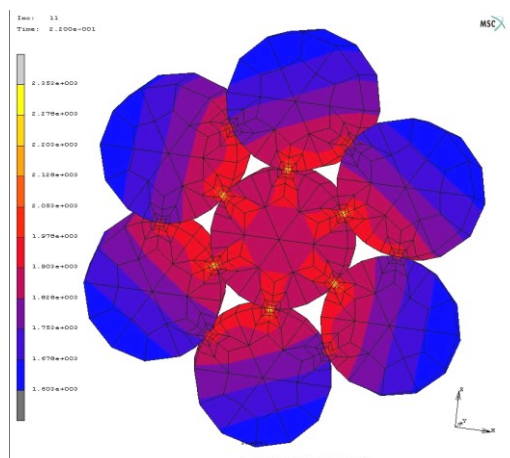
Mises-féle redukált feszültség a teljes modellen



Tengelyirányú elmozdulás a teljes modellen



Mises-féle redukált feszültség a modell  $\frac{1}{4}$  L-hez tartozó keresztmetszetében



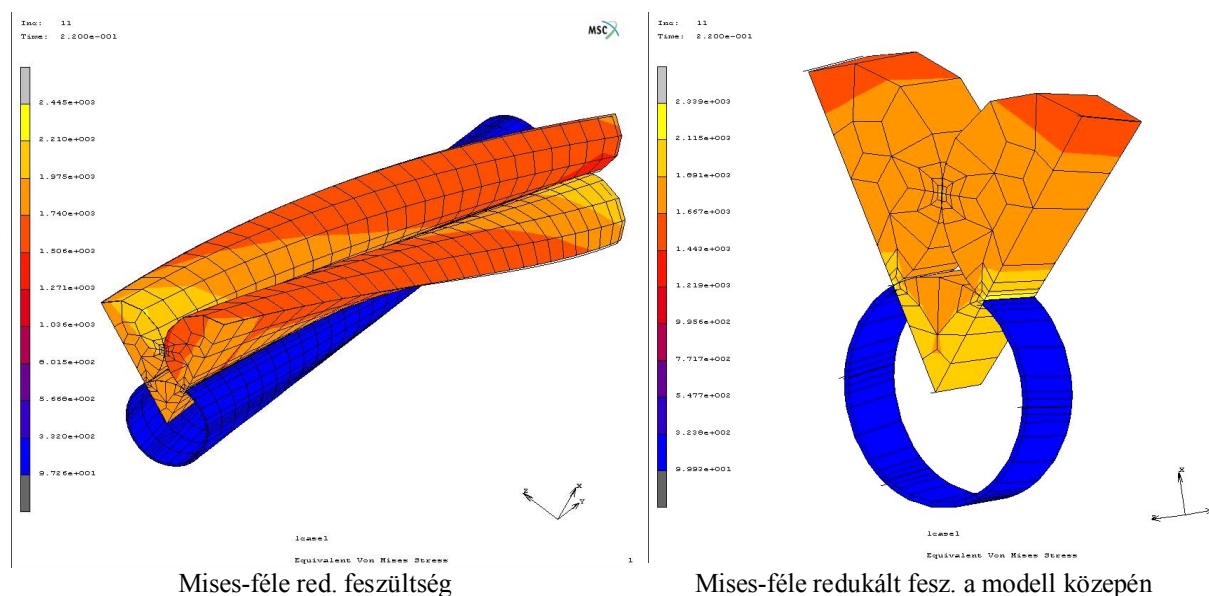
Mises-féle redukált feszültség a modell  $\frac{1}{2}$  L-hez tartozó keresztmetszetében

3. ábra: A teljes modell eredményei

Első lépésben egy félmenetemelkedésnek ( $p/2=11$  mm, ahol  $p$  a menetemelkedés) megfelelő hosszúságú sodratot vizsgáltunk. Nem használtuk ki a szimmetria tulajdonságok adta egyszerűsítési lehetőségeket. A modell (3. ábra), 20700 db nyolc csomópontú 3D-s elemet tartalmazott. A modell egyik végén megakadályoztuk a hossz tengelyirányú elmozdulást, viszont megengedtük a keresztmetszetbeli elmozdulásokat. A másik végére 1% hossz tengelyirányú alakváltozásnak megfelelő elmozdulást adtunk 11 lépésben, ugyanúgy megengedve a keresztmetszetbeli mozgásokat, mint a rögzített végén. Ennek a modellnek nagy a kapacitásigénye, továbbá látható, hogy a redukált feszültség eloszlás nem egyenletes a keresztmetszetek mentén. Ezután elkezdtük vizsgálni ugyanazon menetemelkedéssel rendelkező, különböző hosszúságú modelleket.

#### 4. A modellezési hossz vizsgálata

A modellek felépítésénél törekedtünk kihasználni a szimmetria adta egyszerűsítési lehetőségeket, ezzel csökkentve a számítási időt és kapacitásigényt. Elegendő volt a sodrat 1/6-át modellezni, hiszen a geometria középpontosan szimmetrikus. A modell két oldalán található csomópontok szabadságfokait a szimmetria tulajdonságoknak (periodicitásnak) megfelelően kapcsoltuk össze. Négy különböző hosszúságú modellt készítettünk, az elhalási hossz vizsgálatára:  $90^\circ$ ,  $180^\circ$ ,  $360^\circ$  és  $720^\circ$ -os elfordulási szöghöz tartozó sodratszakaszt. A 4. ábrán láthatjuk a Mises-féle redukált feszültség eloszlását. A véglap elmozdulásának a nagysága az 1%-os alakváltozásnak megfelelő nagyságú volt minden esetben.



4. ábra:  $90^\circ$ -os szakasz modellje

## 5. Következtetések

A modellek hosszának felénél kivett keresztmetszetekben az 1%-os alakváltozás hatására ébredő maximális Mises-féle redukált feszültségeket az 1. táblázatban foglaltuk össze. A feszültségeloszlásban van némi eltérés a befogás hatása miatt, azonban ez nem jelentős. A kapott eredmények jó egyezést mutatnak, ezért elegendő a 90°-os elfordulási szöghöz tartozó modell vizsgálata.

Modell	Mises-féle redukált feszültség, [MPa]
90°-os szakasz	2339
180°-os szakasz	2339
360°-os szakasz	2339
720°-os szakasz	2339

1. táblázat

## 6. További lehetőségek, összefoglalás

A kapott eredményeket a továbbiakban össze kívánjuk hasonlítani analitikus módon számított eredményekkel és laboratóriumi mérések alapján kapott értékekkel.

A vizsgálatok során olyan modellt állítottunk elő, amely figyelembe veszi a huzalok közötti súrlódási viszonyokat, kihasználja a szimmetria viszonyokból adódó egyszerűsítési lehetőségeket, és megfelelően hosszú a befogás hatásának elhanyagolására. Következő lépés lehet, más geometriai felépítésű sodratszerkezetek vizsgálata, azonban minden egyes szerkezet, különböző szimmetria tulajdonságokkal viselkedik, ezért minden geometria esetén külön modell felépítése szükséges.

## Irodalomjegyzék

- [1] George A. Costello: Theory of Wire Rope, 2nd edition, Springer, New York, 1997
- [2] Anne Nawrocki, Michel Labrosse: A finite element model for simple straight wire rope strands, Pergamon, Computers & Structures 77, 345.-359. oldal, 2000
- [3] Dr. Bárkóczy István: Sodronykötél, FUX Kft, Miskolc, 1996
- [4] W. G. Jiang, J. L. Henshall: The analysis of termination effects in wire strand using the finite element method, Journal of Strain Analysis VOL 34 NO 1, 31.-38. oldal, Uxbridge, 1998

Név.: **Beleznai Róbert**  
Munkahely/cím: Bay Zoltán  
Közalapítvány/ 3519  
Miskolctapolca, Iglói út 2.  
E-mail: beleznai@bzlogi.hu

Név.: **Boros András**  
Munkahely/cím: FlexIB Kft./ 1111  
Budapest, Karinthy Frigyes út 24.  
E-mail: flexib@chello.hu

Név.: **Szávai Szabolcs**  
Munkahely/cím: Bay Zoltán  
Közalapítvány/ 3519  
Miskolctapolca, Iglói út 2.  
E-mail: szavai@bzlogi.hu