

# Tartószerkezetek modellezése

## 15. előadás

### Kötél- és ponyvaszerkezetek

#### Kötélszerkezetek

**Kötelek:** Acél sodronykötél.



acél sodronykötél:

**Előny:** - nagy szilárdság,  
- aránylag olcsó,  
- tetszőleges hosszban gyártható.

**Hátrány:** - különleges szerelvények szükségesek  
más szerkezetekhez való csatlakozásnál,  
kapcsolásnál,  
- statikai, tervezési „problémák”.

## Kötélszerkezetek

### Acél sodronykötél:

- nincs hajlítási merevsége,
- csak húzásra vehető igénybe,
- nagy elmozdulásra képes (kinematikailag határozatlan)

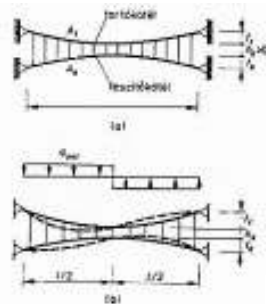
*oka: nem kötélgörbe alakú teher,  
a köté „lapossága”,  
a köté kis rugalmassági modulusa.*

Számítása: harmadrendű elmélettel.

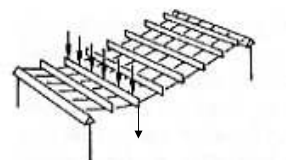
## Kötélszerkezetek

### A kötelek stabilizálása:

a) feszítéssel:



b) hajlításra merev gerendával:



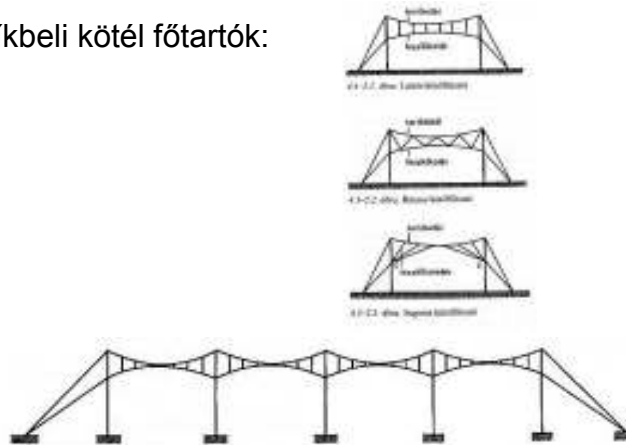
c) utólag merev héjjá alakítjuk a kötélnálót

## Kötélszerkezetek

### Lehetséges kötélszerkezet alakok:

a) A tartó és feszítőkötél két külön felületen:

1.) Síkbeli kötél főtartók:



## Kötélszerkezetek

### Lehetséges kötélszerkezet alakok:

a) A tartó és feszítőkötél két külön felületen:

2.) Radiális elrendezés:



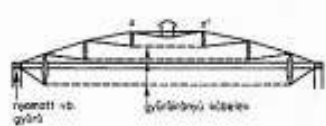
Nincs kötélvég talajba horgonyzása.

## Kötélszerkezetek

### Lehetséges kötélszerkezet alakok:

a) A tartó és feszítőkötél két külön felületen:

3.) Kötél kupola:



„Tensegrity” szerkezet.

Kényes kérdés a húzott, nyomott elemek találkozási csomópontjainak oldalirányú stabilitása.

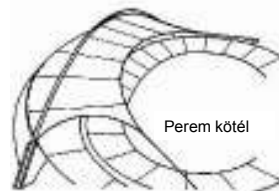
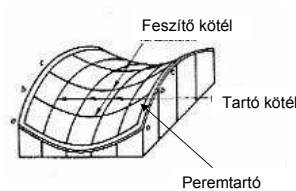
## Kötélszerkezetek

### Lehetséges kötélszerkezet alakok:

b) A tartó és feszítőkötél azonos felületen:

(A kötésháló lehet két-, vagy három menetű.)

1.) Kötésháló hiperbolikus paraboloid felületen:



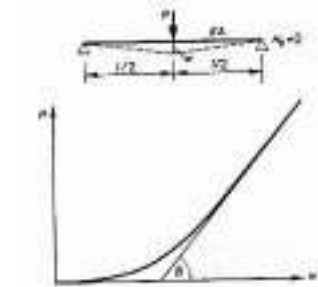
2.) Kötésháló hiperbolikus forgásfelületen



## Kötélszerkezetek

### A kötelek statikai viselkedése:

A kötélt keresztirányú merevsége feszítés nélkül:



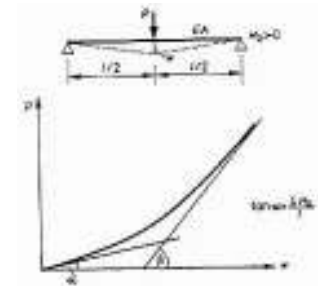
A kötélt mozgása, megfeszülése miatt van merevség.

A kötéltartó infenitezimális mechanizmus: ellenállás nélkül tud nagyon kicsi mozgást végezni.

## Kötélszerkezetek

### A kötelek statikai viselkedése:

A kötélt keresztirányú merevsége feszítéssel:



A feszítőerő „elferdülése” és a kötélt mozgása miatt van merevség.

A kezdeti merevség is véges.

A feszítés megszünteti a kinematikai határozatlanságot..

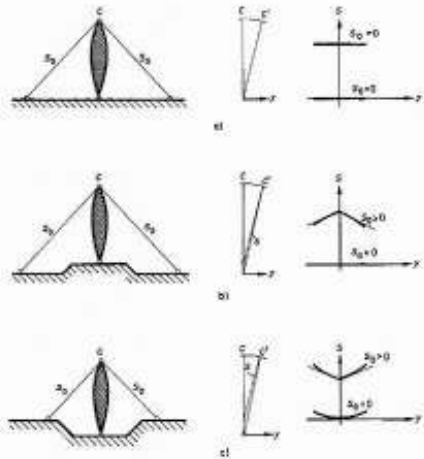
a kötélt húzási merevsége  $\approx 100 \times$  megfeszített kötélt keresztirányú merevsége

A feszítés lehetővé teszi, hogy a kötélnél nyomás keletkezzen a terhektől mindaddig, amíg a feszítőerő hatása érvényesül.

## Kötélszerkezetek

### A kötelek statikai viselkedése:

Nyomott elemet is tartalmazó csomópont oldalirányú stabilitása:



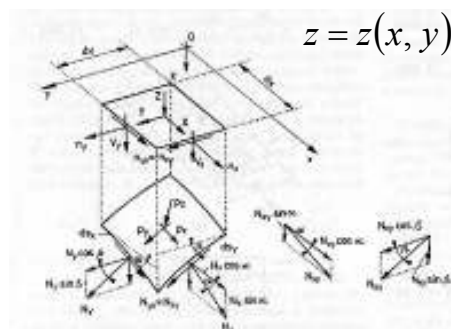
Indiferens egyensúlyi helyzet.

A feszítés labilissá tette az egyensúlyi állapotot.

A feszítés stabillá tette az egyensúlyi állapotot.

## Kötélszerkezetek

A membránhéjak egyensúlyi egyenletei derékszögű koordináta rendszerben:



A vetületi egyensúlyi egyenletek:

$$\frac{\partial n_x}{\partial x} + \frac{\partial n_{xy}}{\partial y} = 0$$

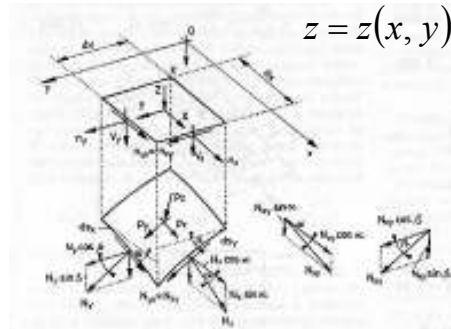
$$\frac{\partial n_{xy}}{\partial x} + \frac{\partial n_y}{\partial y} = 0$$

$$n_x \frac{\partial^2 z}{\partial x^2} + 2n_{xy} \frac{\partial^2 z}{\partial x \partial y} + n_y \frac{\partial^2 z}{\partial y^2} = -Z$$

## Kötélszerkezetek

A kötélnáló szerelési alakja:

A kötélnáló előírt feszítés hatására kialakuló alakja:



$$z = z(x, y)$$

A „vetületi egyensúlyi” egyenletek:

$$n_x = n_{x(y)}$$

$$n_y = n_{y(x)} \\ n_{xy} = 0$$

**A lehetséges alakok:**

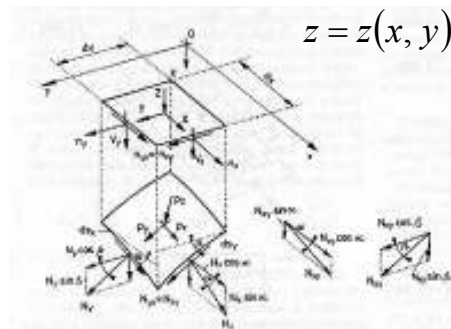
- hiperbolikus paraboloid,
- láncgörbe szerint kialakított transzlációs felület,
- körívek szerint alakított transzlációs felület,
- trigonometrikus és négyzetes függvények szerint alakított transzlációs felület,
- stb.

$$n_x \frac{\partial^2 z}{\partial x^2} + n_y \frac{\partial^2 z}{\partial y^2} = 0$$

## Kötélszerkezetek

A kötélnáló szerelési alakja:

A kötélnáló feszítés hatására kialakuló alakja:



$$z = z(x, y)$$

**Előnyös formák:**

- a kötél erő és a görbület szorzata állandó (belebegési veszély),
- elegendő legyen a feszítőerő a relaxáció kiküszöbölésére.

$$n_x \frac{\partial^2 z}{\partial x^2} + n_y \frac{\partial^2 z}{\partial y^2} = 0$$

## Kötélszerkezetek

A kötélszerkezetek részletei:



## Kötélszerkezetek

A kötélszerkezetek részletei:





## Kötélszerkezetek

A kötélszerkezetek részletei:



## Ponyvaszerkezetek

**Ponyvaszerkezet:**

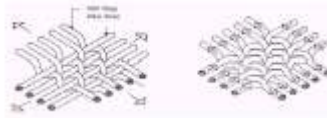
**Előny:** - könnyű, „olcsó”, gyorsan megépíthető, elbontható szerkezet építhető belőle.

**Hátrány:** - alaprajzi, formai kötöttségek,  
- számítási, tervezési „nehézségek”,  
- drága a perem és lehorgonyzás építése,  
- gondos szerelést igényel,  
- a nagy mozgás kellemetlen lehet,  
- a héjazatnak követnie kell a mozgást,  
- köteleket korrózió ellen védeni kell,  
- hő és vízszigetelés megoldása „bonyodalmas”.

## Ponyvaszerkezetek

### Ponyvaszerkezetek anyaga:

- Szövetek:**
- poliészter szövet PVC bevonattal,
  - üvegszál szövet Teflon bevonattal.



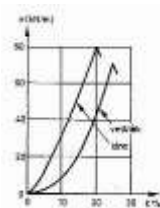
- Fóliák:**
- műanyag fóliák,
  - vékony fémlemezek, fóliák

- Toldás:**
- nagyfrekvenciás hegesztéssel,
  - varrással.

## Ponyvaszerkezetek

### Ponyvaszerkezetek anyaga:

- Szövetek:**
- jellemzése: szakítószilárdsággal;
  - kicsi a rugalmassági modulusa,
  - csekély a nyírási ellenállása,
  - ortotróp anyag
  - jelentős a kúszása.

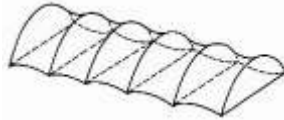


- Toldás teherbírása:**
- nagyfrekvenciás hegesztéssel; 80%,
  - varrással; 60%.

## Ponyvaszerkezetek

**Ponyvaszerkezetek fajtái:**

**Feszített sátrak:** - Ívekre támaszkodó ponyvaszerkezet



**Feszített sátrak:** - Kötelekre támaszkodó ponyvaszerkezet



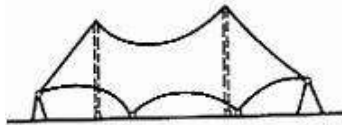
## Ponyvaszerkezetek



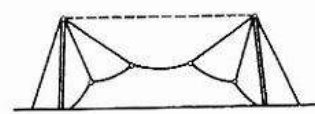
## Ponyvaszerkezetek

**Ponyvaszerkezetek fajtái:**

**Feszített sátrak:** - Árbocokra támaszkodó ponyvaszerkezet



**Feszített sátrak:** - Felfüggesztett ponyvaszerkezet



## Ponyvaszerkezetek



## Ponyvaszerkezetek



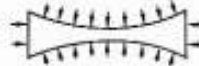
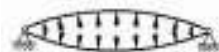
## Ponyvaszerkezetek

**Ponyvaszerkezetek fajtái:**

**Légnyomásos szerkezetek: - Légsátrak**



**Légnyomásos szerkezetek: - Légpárnák**



## Ponyvaszerkezetek



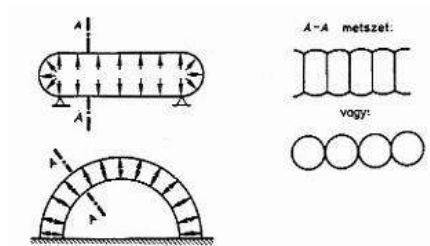
## Ponyvaszerkezetek



## Ponyvaszerkezetek

**Ponyvaszerkezetek fajtái:**

**Légnyomásos szerkezetek: - Légtömlők**



## Ponyvaszerkezetek

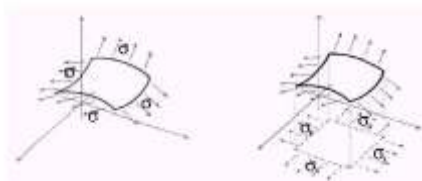


## Ponyvaszerkezetek

### Ponyvaszerkezetek viselkedése:

- anyagának nincs hajlítási merevsége,
  - anyaga nem képes nyomást felvenni,
  - anyagának igen kicsi a nyírási merevsége,
  - nagy alakváltozásokat végez.
- } Feszíteni kell.  
} „Kötélhálószerűen” működik

Lehetséges feszítési állapotok:

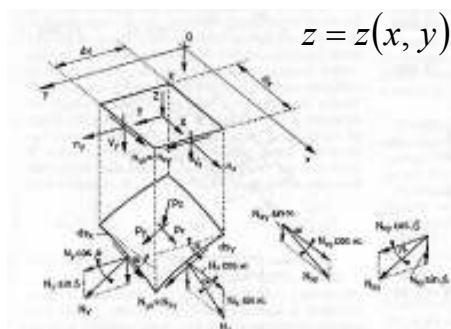


„Szappanhártya”

„Pelikán hártya”

## Ponyvaszerkezetek

A membránhéjak egyensúlyi egyenletei derékszögű koordináta rendszerben:



A vetületi egyensúlyi egyenletek:

$$\frac{\partial n_x}{\partial x} + \frac{\partial n_{xy}}{\partial y} = 0$$

$$\frac{\partial n_{xy}}{\partial x} + \frac{\partial n_y}{\partial y} = 0$$

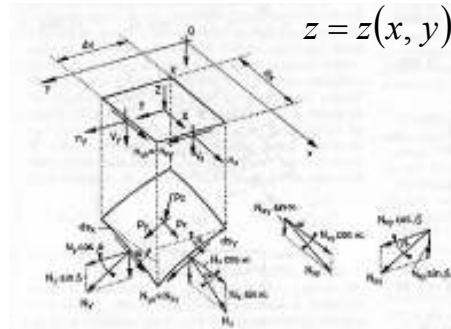
$$n_x \frac{\partial^2 z}{\partial x^2} + 2n_{xy} \frac{\partial^2 z}{\partial x \partial y} + n_y \frac{\partial^2 z}{\partial y^2} = -Z$$



# Ponyvaszerkezetek

A ponyvaszerkezet **elméleti alakja**:

A ponyva előírt feszítés hatására kialakuló alakja:



$$z = z(x, y)$$

A „vetületi egyensúlyi” egyenletek:

$$n_x = \text{állandó}$$

$$n_y = \text{állandó}$$

$$n_{xy} = 0$$

$$n_x \frac{\partial^2 z}{\partial x^2} + n_y \frac{\partial^2 z}{\partial y^2} = 0$$

**Megoldása: numerikusan.**

## Ponyvaszerkezetek

**Ponyvaszerkezetek méretezése:**

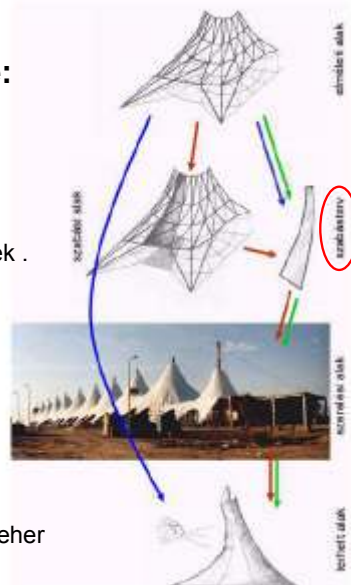
**szabási alak:** feszítés nélküli állapot

A „síkra terített” kétszer görbült felületrészek .

**szerelési alak:** a szabásterv szerinti méretekkel a peremekre feszített ponyva felület

**Terhelt alak:** feszítés + teher

**elméleti alak:** feszített állapot



# Ponyvaszerkezetek

## Ponyvaszerkezetek méretezése:

### Terhek:

- önsúly,
- hóteher,
- szélteher.

### Méretezés:

- szilárdsági követelmények,
- ráncosodás mentesség,
- megtámasztó / perem elemek stabilitásvesztése,
- kúszás okozta feszítési erő relaxáció (beszabályozási idő),
- légsátor: összegyűlő esővíz okozta „stabilitásvesztés”.

# Ponyvaszerkezetek

## Ponyvaszerkezetek részletei:



Sarok kiképzése



Kötéllel megtámasztott perem



Kötélvégek, lehorgonyzások