

12. Előadás

Kötélszerkezetek tervezésének alapjai

- Kötél viselkedése és vizsgálata
- Szerkezeti rendszerek és részletek

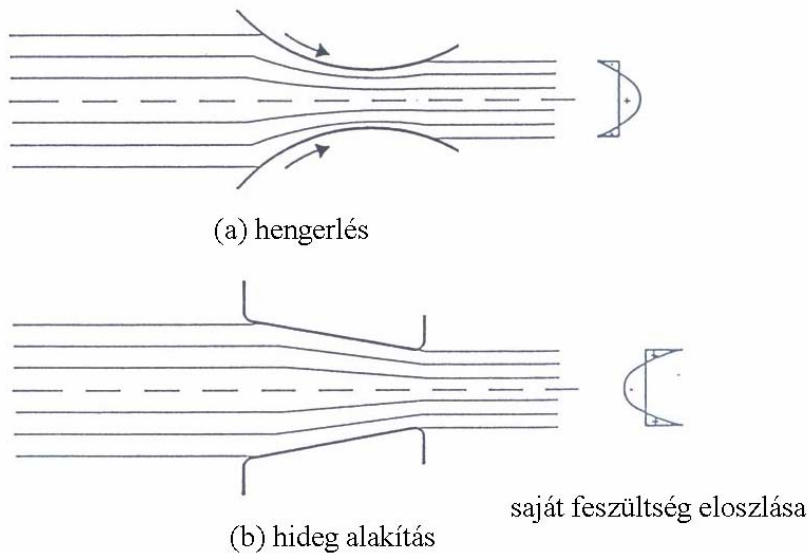
Kötélszerkezetek speciális követelményei: - a szél hatása

- korrózió

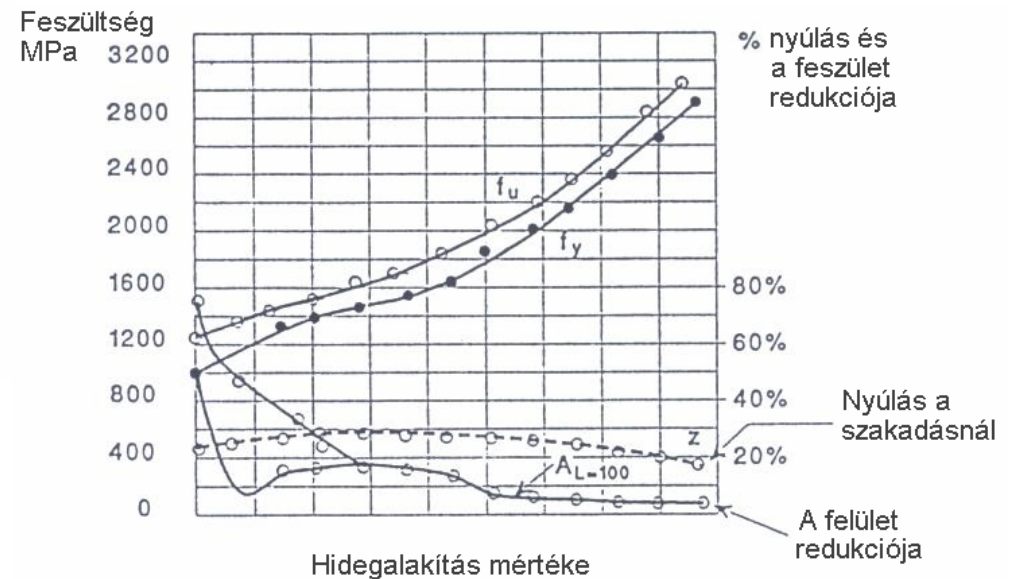
- nem lineáris szerkezeti viselkedés

Kábel

Elemi kötélszál előállítása



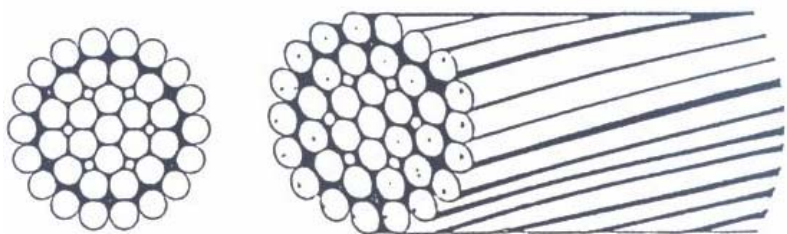
Az acél anyag tulajdonságainak változása a hidegalakítás hatására



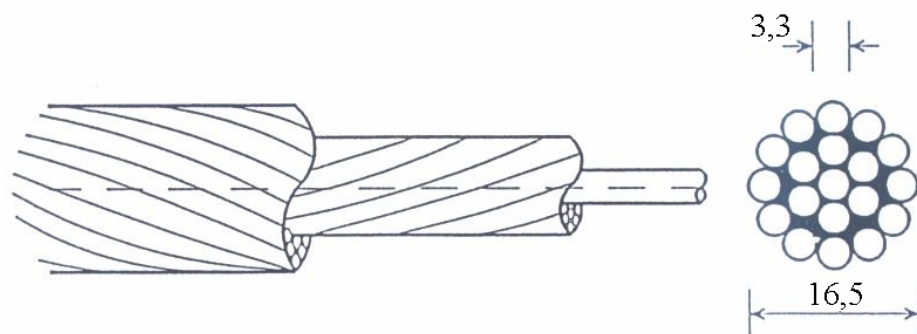
Kötél-köteg:

Kábel típusok

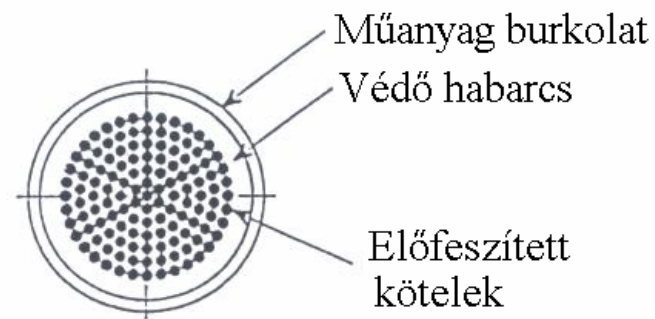
Kötél sodrat [Strand]



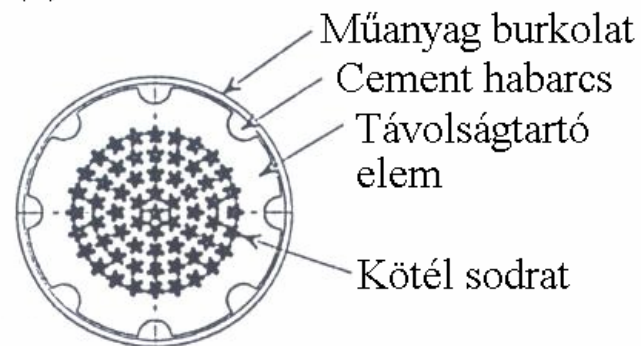
Kötél csoport [Rope]



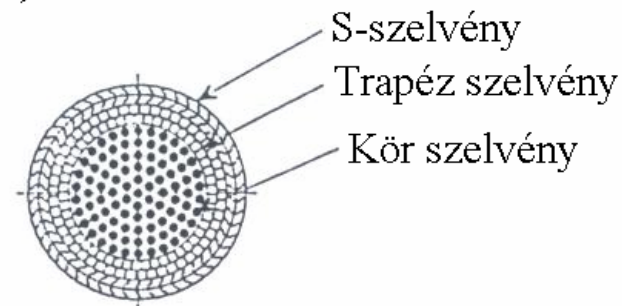
(a) Párhuzamos vezetésű kábel



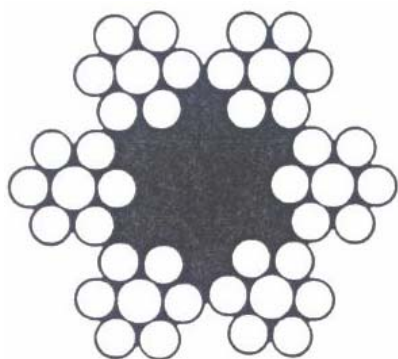
(b) Kötélsodrat kábel



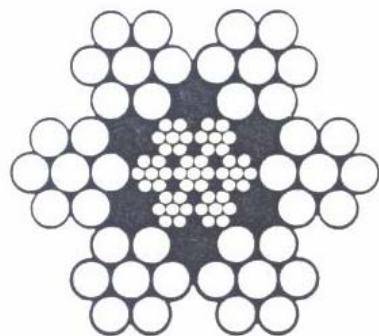
(c) Zárt felületű kábel



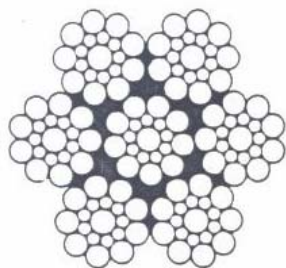
Különböző kötél- és kábel rendszerek



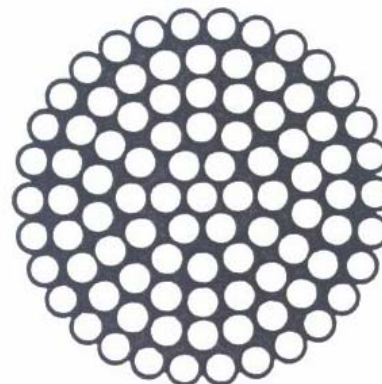
(a) 6X7 szál



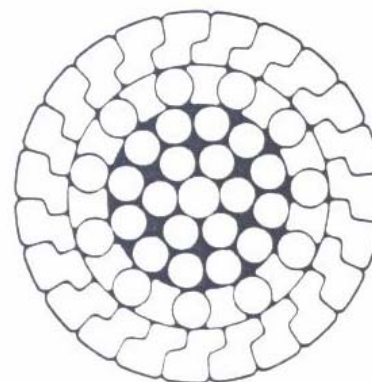
(b) 6X7 független
belső mag



(c) 6X19 belső független
mag

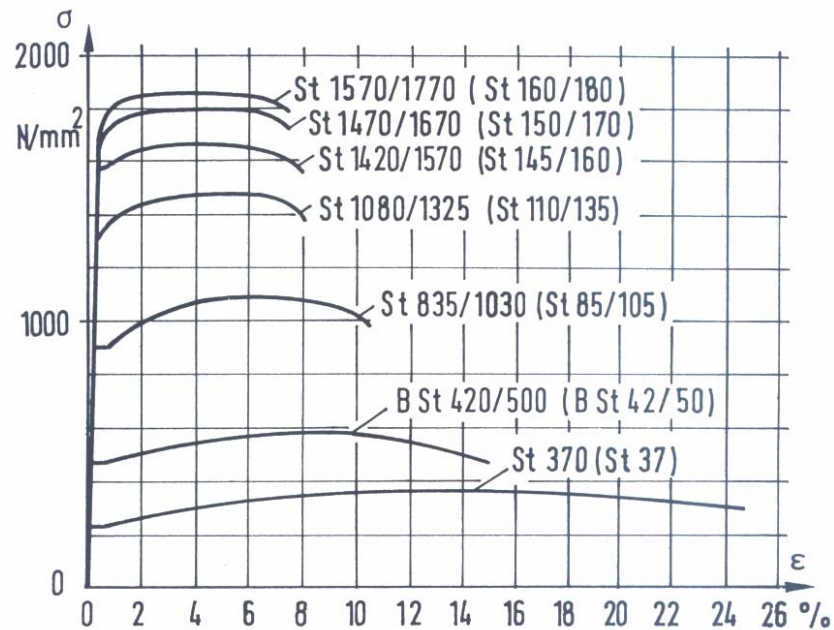


(d) spirál kábel

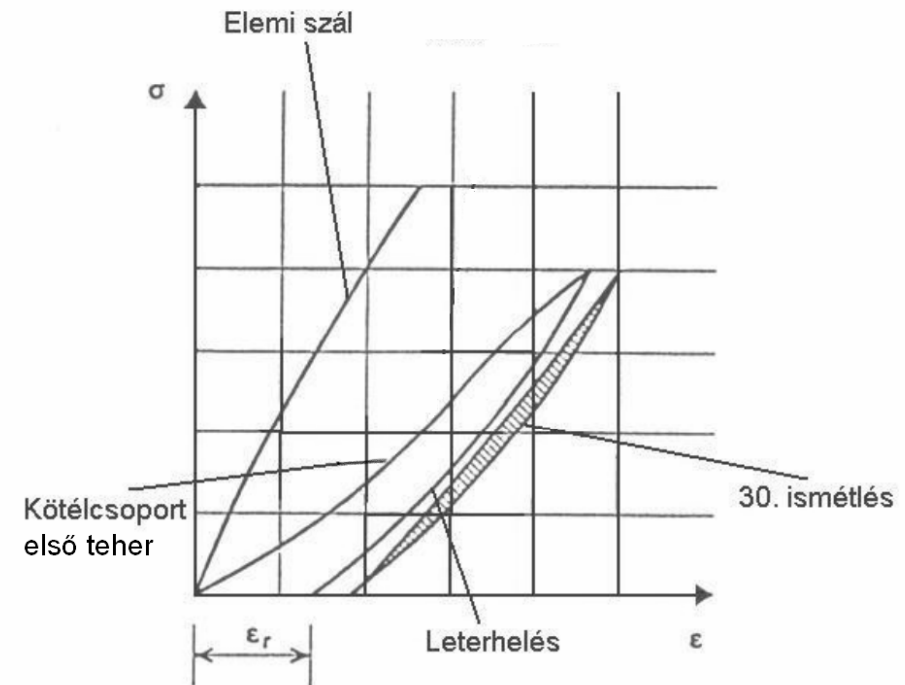


(e) Zárt felületű
kábel

$\sigma - \varepsilon$ diagram



Húzási szakítószilárdság: $1600 - 1800 N/mm^2$
 Elemi kötél $\sigma - \varepsilon$ diagramja ismétlődő teher hatására



Rugalmissági modulus értéke:

Párhuzamos vezetésű elemi szálak esetén: $E = 200 N/mm^2$

Záró elemekkel kialakított kötél esetén: $E = 160 N/mm^2$

Hőtágulási együttható: $\alpha = 1,2 \times 10^{-5} / ^\circ C$

Strand típusú kötél esetén: $E = 150 N/mm^2$

Tervezési értékek

Kötélcsoport területe $A_m = f \frac{\pi d^2}{4}$

ahol d a kötélcsoport átmérője

$f = 0,55$ többszörös kötélcsodrat csoport

$f = 0,75 - 0,77$ nyitott spirális kötélcsodrat

$f = 0,81 - 0,86$ zárt spirális kötélcsodrat

A húzási ellenállás egy kötélcsoportra

$$F = k_s A_m f_u$$

ahol A_m a fém felülete

f_u szakadási szilárdág egy elemi szálra

k_s tényező

$k_s = 0,76 - 0,85$ többszörös kötélcsodrat csoport

$k_s = 0,82 - 0,90$ nyitott spirális kötélcsodrat

$k_s = 0,87 - 0,92$ zárt spirális kötélcsodrat

$k_s = 0,93 - 1,0$ párhuzamos kötélcsodrat

A teljes kötélcsodrat húzási ellenállása a lehorganyzás

figyelembevételével $F_u = k_a \cdot k_s \cdot A_m \cdot f_u$

ahol k_a 0,80 és 1,0

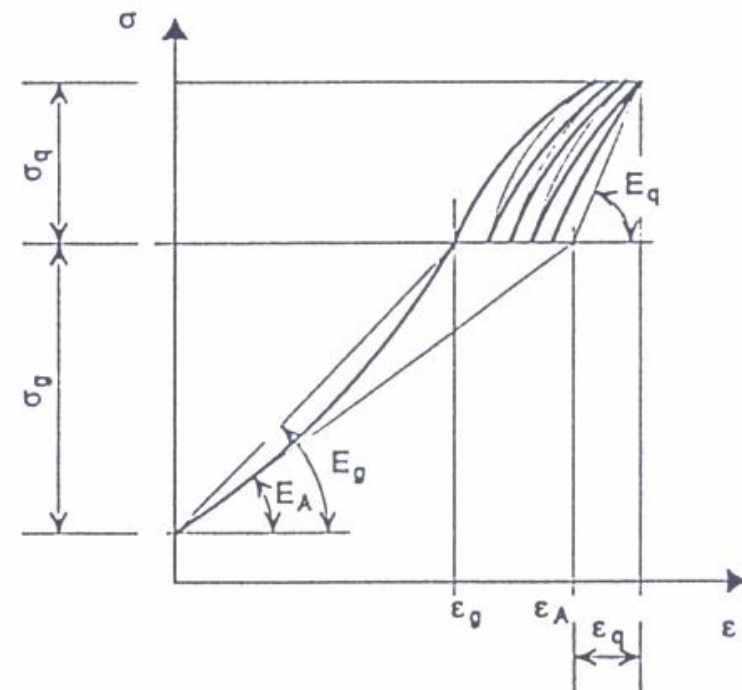
A tervezés húzási ellenállása $F_{Rd} = F_u / \gamma_M$

ahol γ_M parciális biztonsági tényező

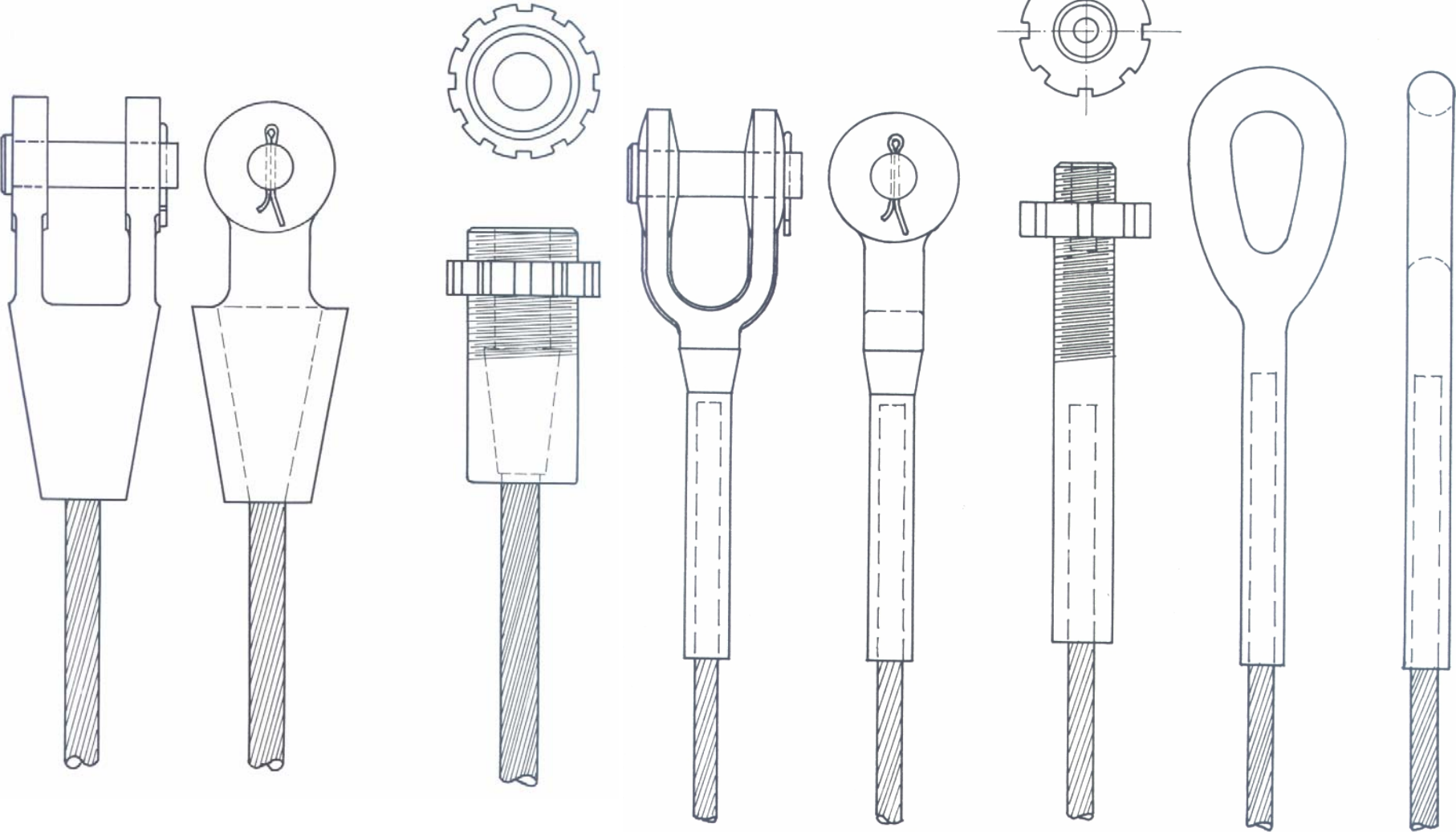
$E_g = \frac{\sigma_g}{\varepsilon_g}$ Első terhelés

$E_q = \frac{\sigma_q}{\varepsilon_q}$ Hasznos terhelés

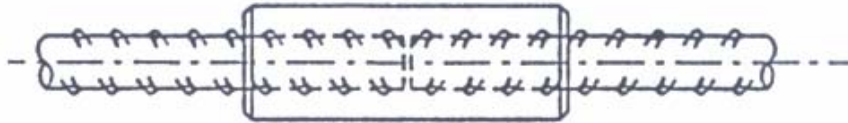
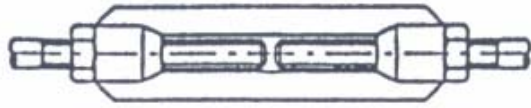
$E_A = \frac{\sigma_A}{\varepsilon_A}$ Teljes terhelés



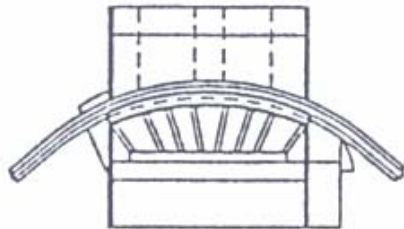
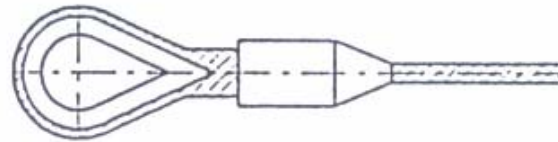
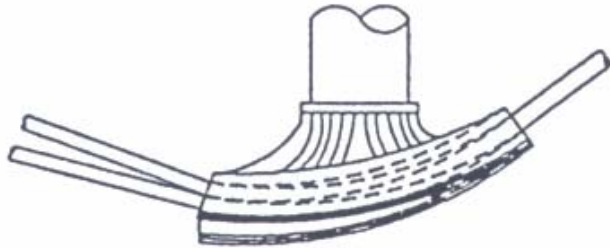
Kapcsolatok



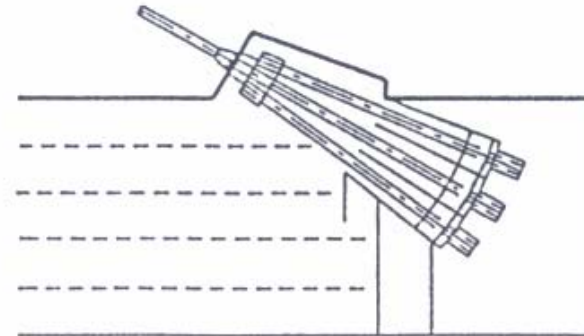
Kapcsolatok II.



Illesztés



Nyereg megtámasztás



Lehorganyzás

A kábel viselkedése:

Egyensúly

$$\Sigma H = 0 \quad H - (H + dH) = 0 \rightarrow$$

$$\Sigma M = 0 \quad Vd_x - Hd_y = 0 \rightarrow$$

$$\Sigma V = 0 \quad V - (V + dV) + g d_s = 0$$

$$\rightarrow V' = g \frac{d_s}{d_x}$$

$$(5), (6), (7) \rightarrow H_y'' = g \sqrt{1 + y'^2} \quad (8a)$$

q

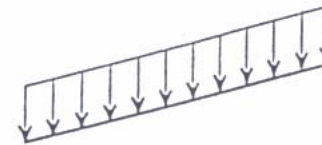
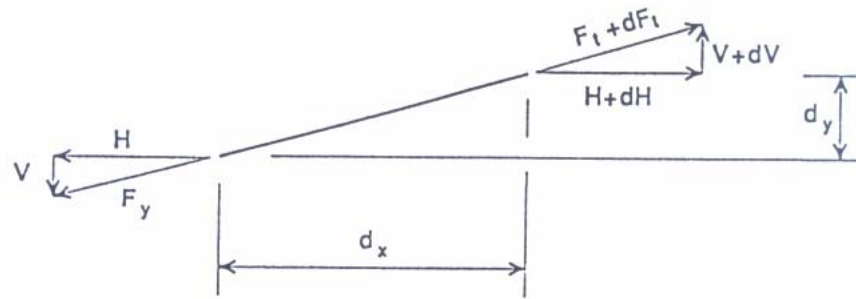
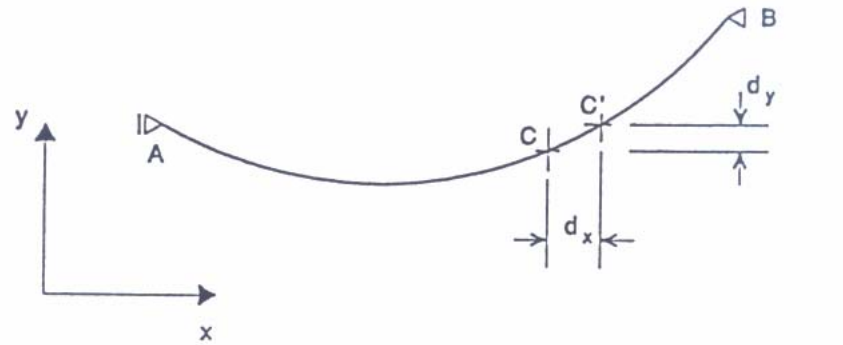
$$H = \text{const}$$

$$V = H_y' \rightarrow V' = H_y''$$

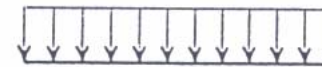
$$V - (V + dV) + q d_x = 0$$

$$V' = q$$

$$H_y'' = q$$



g Egyenletes teher a ferde hosszra



q Egyenletes teher a vízszintes vetületre

Függő kábel

Megoldás

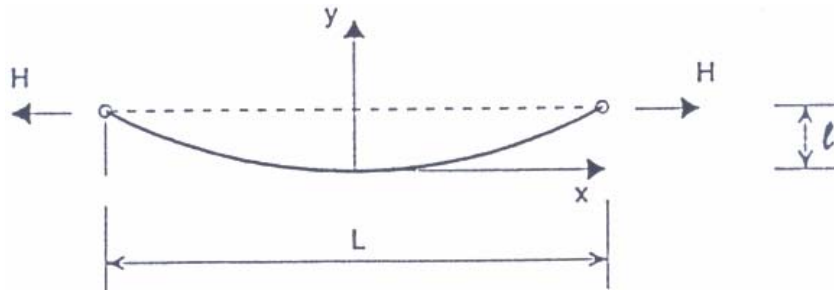
$$y = \frac{H}{2g} \left[e^{\left(\frac{g}{H}x + C_1\right)} - e^{-\left(\frac{g}{H}x + C_1\right)} \right] + C_2$$

Kötélgörbe (Catenary)

$$y = \frac{q}{2H} x^2 + C_1 x + C_2$$

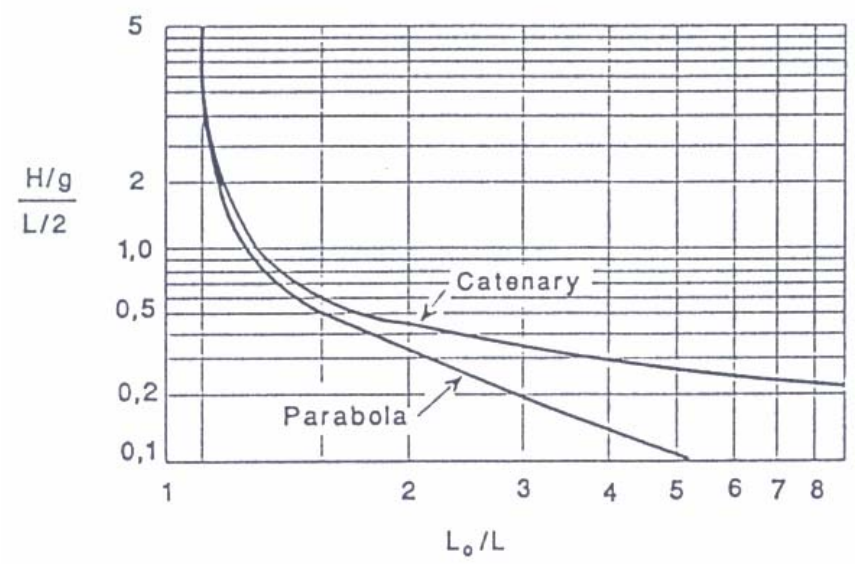
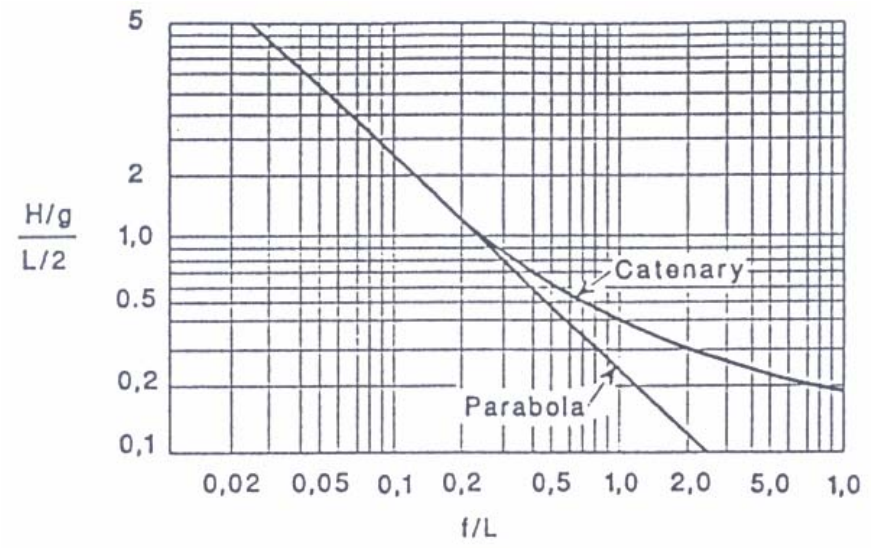
Parabola

Kerületi feltételek:



g	q
$y = \frac{H}{g} \cosh \frac{x}{H/g} \approx \frac{H}{g} \frac{g}{2H} x^2$	$y = \frac{q}{2H} x^2$
$F_t = H \cosh \frac{x}{H/g} = g \cdot y$	$H = \frac{qL^2}{8f}$

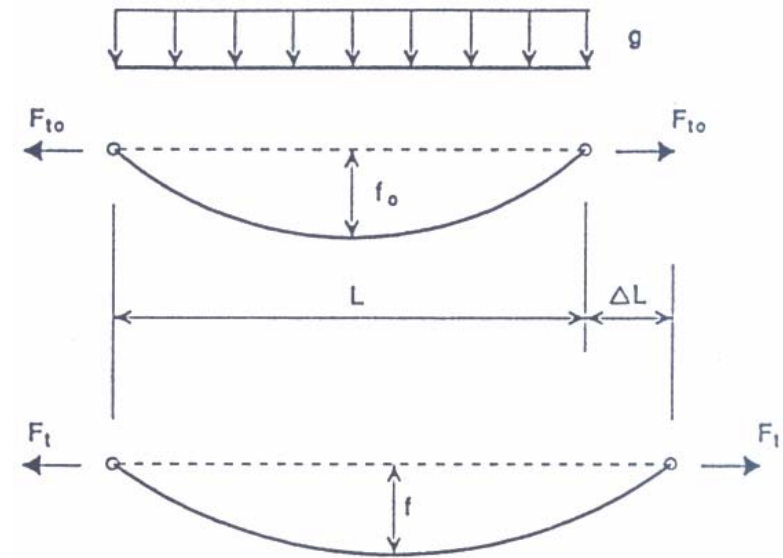
g	q
Kábel hossza $L_o = 2 \frac{H}{g} \sinh \frac{L/2}{H/g}$	$L_o = \frac{L}{2} \sqrt{L + \left(\frac{qL}{2H}\right)^2} + \frac{H}{q} \operatorname{arcsinh} \left(\frac{q}{2}\right)$
$= L + \frac{g^2 L^3}{2uH^2} + \dots$	$= L + L \frac{8}{3} \left(\frac{f}{L}\right)^2 + \dots$
Belógás $f = \frac{H}{g} \left(\cosh \frac{L/2}{H/g} - 1 \right)$	$f = \frac{qL^2}{8H}$
$= \frac{gL^2}{8H} + \frac{g^3 L^4}{384H^3} + \dots$	



Távvezeték esetében két tervezési szituáció:

Tél: a kábel önsúlya, jég teher, alacsony hőmérséklet (-5°C)

Nyár: a kábel önsúlya, és magas hőmérséklet ($+40^{\circ}\text{C}$)



Az elő szituációban a maximális kábelfeszültség ébered.
A második szituációban a belógás a mértékadó.
A vizsgálathoz tartozó egyenlet:

$$\frac{\sigma}{E_{\alpha}} + t + \frac{L^2 \gamma^2}{24\sigma^2} = \text{const}$$

ahol

σ	Feszültség a kábelben
L	Támaszköz
γ	A kábel és a jég önsúlya
t	Hőmérséklet
E and α	Rugalmassági modulus és a hőtágulási együttható

Rugalmassági modulus változása a kötélbefogás elmozdulása miatt

A B pontról a B' pontra való elmozdulás esetén a kábel erő:

$$F_{t0} = \frac{gL^2}{8f_0} \quad , \quad F_t = \frac{gL^2}{8f}$$

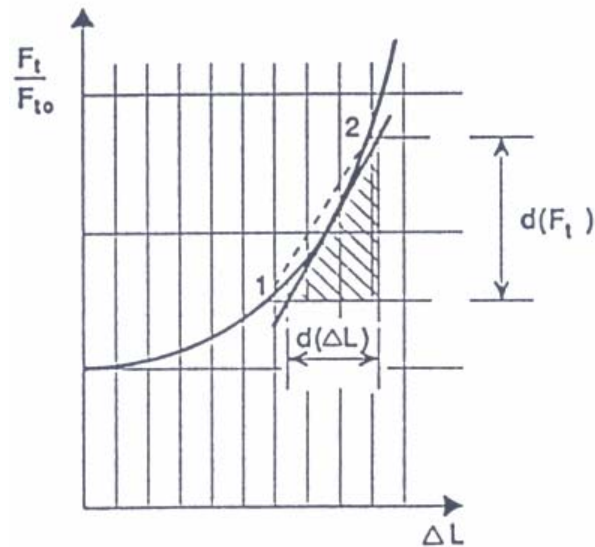
A kábel hossza:

$$L \left[1 + \frac{8}{3} \left(\frac{f_0}{L} \right)^2 \right] = (L + \Delta L) \left[1 + \frac{8}{3} \left(\frac{f}{L + \Delta L} \right)^2 \right]$$

A B pont eltolódása:

$$\Delta L = \frac{g^3 L^3}{24} \left[\frac{1}{F_{t0}^2} - \frac{1}{F_t^2} \right]$$

A rugalmassági modulus változása a kötél belógása miatt



Az ekvivalens modulus

$$E_s = \frac{d_\sigma}{d_\epsilon} = \frac{\Delta F_t / A}{\Delta L / L} = \frac{12\sigma^3}{\gamma^2 L^2}$$

$$E_c = \frac{\sigma}{\epsilon_e + \epsilon_s} = \frac{\sigma}{\frac{\sigma}{E} + \frac{\sigma}{E_s}} = \frac{E}{1 + \frac{(\gamma L)^2}{12\sigma^3} E}$$

