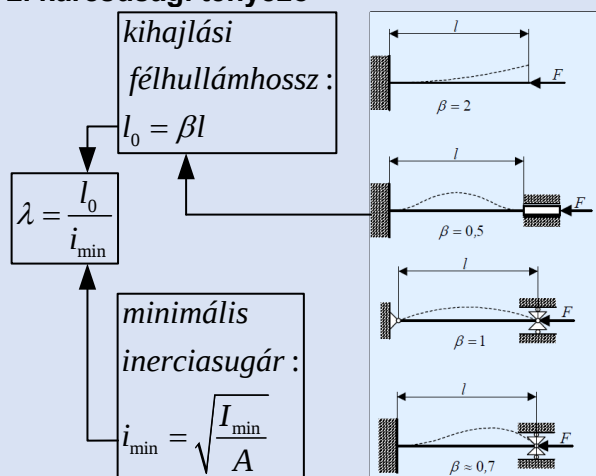


# KIHAJLÁS

## 1. Keresztmetszeti jellemzők:

- $A$  (keresztmetszet területe)
- $I_{\min}=I_2$  (legkisebb másodrendű nyomaték)

## 2. karcsúsági tényező

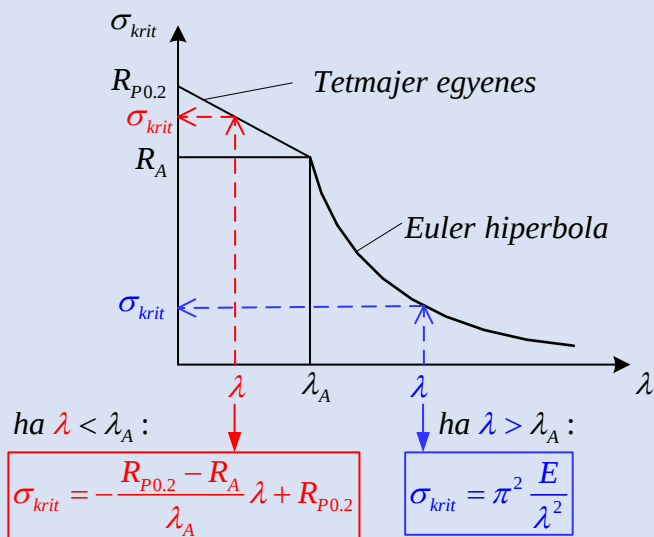


## 3. rugalmas-képlékeny tartomány határa:

$$\lambda_A = \pi \sqrt{\frac{E}{R_A}}$$

$R_A$  : rugalmassági határ (anyagjellemző)

## 4. Kihajlási határgörbe → kritikus feszültség:



## 5/a. ellenőrzés kihajlásra:

$$\sigma_x = \frac{F}{A} \leq \frac{\sigma_{krit}}{n_{krit}}$$

vagy:

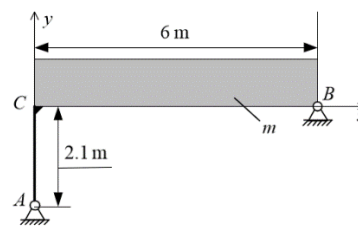
## 5/b. terhelhetőség:

$$F_{\max} = \frac{\sigma_{krit}}{n_{krit}} A$$

## feladat:

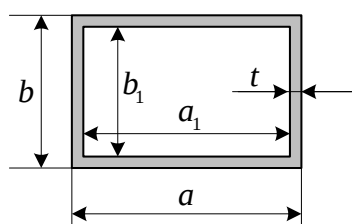
### ADOTT:

Az ábrán látható,  $m = 2 \text{ t}$  tömegű, merevnek tekintendő folytonos tömegeloszlású téglatest alakú terhet a bal alsó sarkainál egy-egy függőleges, a teherhez mereven kapcsolódó,  $l = 2.1 \text{ m}$  hosszúságú rúddal támasztunk alá. A rúdak keresztmetszete  $20 \times 30 \text{ mm}$ -es,  $1.5 \text{ mm}$  falvastagságú zártszelvény. Anyagjellemzők:  $E = 2 \cdot 10^5 \text{ MPa}$ ,  $R_A = 300 \text{ MPa}$ ,  $R_{p0.2} = 360 \text{ MPa}$ , az előírt biztonsági tényező pedig:  $n_{kr} = 2$ !



### FELADAT: Támasztórúdak ellenőrzése kihajlásra

#### 1. Keresztmetszeti jellemzők:



$$a_1 = a - 2t = 30 - 2 \cdot 1.5 = 27 \text{ mm}$$

$$b_1 = b - 2t = 20 - 2 \cdot 1.5 = 17 \text{ mm}$$

$$A = ab - a_1b_1 = 30 \cdot 20 - 27 \cdot 17 = 141 \text{ mm}^2$$

$$I_{\min} = \frac{ab^3}{12} - \frac{a_1b_1^3}{12} = \frac{30 \cdot 20^3}{12} - \frac{27 \cdot 17^3}{12} = 8945.75 \text{ mm}^4$$

#### 2. karcsúsági tényező:

- kihajlási félhullámhossz:

$$l_0 = \beta l = 0.7 \cdot 2100 = 1470 \text{ mm}$$

- minimális inerciasugár:

$$i_{\min} = \sqrt{\frac{I_{\min}}{A}} = \sqrt{\frac{8945.75}{141}} = 7.965 \text{ mm}$$

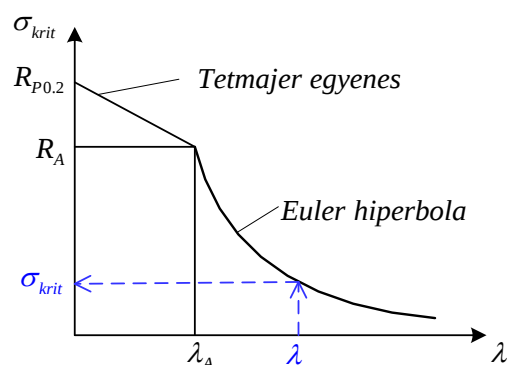
- karcsúsági tényező:

$$\lambda = \frac{l_0}{i_{\min}} = \frac{1470}{7.9652} = 184.55$$

#### 3. rugalmas-képlékeny tartomány határa:

$$\lambda_A = \pi \sqrt{\frac{E}{R_A}} = \pi \sqrt{\frac{2 \cdot 10^5}{300}} = 81.12$$

#### 4. Kihajlási határgörbe – kritikus feszültség



Mivel  $\lambda > \lambda_A$ , a kritikus feszültség az Euler hiperbola alapján számítandó:

$$\sigma_{krit} = \pi^2 \frac{E}{\lambda^2} = \pi^2 \frac{2 \cdot 10^5}{184.55^2} = 57.96 \text{ MPa}$$

### 5. ellenőrzés kihajlásra:

- A teher súlyereje:  $G = mg = 2000 \cdot 10 = 20000 \text{ N}$
- A baloldali támasztóerő:  $F_A = G / 2 = 20000 / 2 = 10000 \text{ N}$
- Az egy rúdra ható nyomóerő:  $N = F_A / 2 = 10000 / 2 = 5000 \text{ N}$
- Egy rúdban ébredő normálfeszültség:  $\sigma_x = \frac{N}{A} = \frac{5000}{141} = 35.46 \text{ MPa}$
- A megengedett feszültség:  $\sigma_{meg} = \frac{\sigma_{krit}}{n_{kr}} = \frac{57.96}{2} = 28.98 \text{ MPa}$
- Ellenőrzés:  $\sigma_x = 35.46 \text{ MPa} > \sigma_{meg} = 28.98 \text{ MPa}$   
→ A rudak kihajlásra nem felelnek meg.

### A feladat MATLAB kódja:

```
clear; clc

%% DATA INPUT =====
a=30;
b=20;
t=1.5;

l=2100;
m=2000;

mat.E=200000;
mat.RA=300;
mat.Rp02=360;

ncrit=2;
beta=0.7;
g=10;

%% CALCULATION =====

sec=HREC(a,b,t);
Scrit=BUCKLING(sec,mat,l,beta);

G=-m*g;
FA=-G/2;
N=FA/2;
A=sec.A;

Sallow=Scrit/ncrit
Sx=N/A

CHECK(Sx,Sallow)
```

```

%% FUNCTIONS =====

function Scrit=BUCKLING(sec,mat,l,beta)

    % material properties:
    E=mat.E;           % Young's modulud [MPa]
    Rp02=mat.Rp02; % Yield strength [MPa]
    RA=mat.RA;         % Proportional limit [MPa]

    % cross section properties:
    A=sec.A;           % cross section area
    Imin=sec.I2;        % minimal second moment of area

    l0=beta*l;         % half wave lentgh of the buckling
    imin=sqrt(Imin/A);  % minimal radius of gyration
    lambda=l0/imin;     % slenderness ratio
    lambdaA=pi*sqrt(E/RA); % elastic limit

    % calculation of critical stress:
    if lambda<=lambdaA % Tetmajer line
        Scrit=-((Rp02-RA)/lambdaA)*lambda+Rp02;
    else % Euler hyperbola
        Scrit=pi^2*E/lambda^2;
    end
end

function f = HREC(a,b,t)
    ai=a-2*t;
    bi=b-2*t;

    f.A=a*b-ai*bi;
    f.Iz=(a*b^3)/12-(ai*bi^3)/12;
    f.Iy=(a^3*b)/12-(ai^3*bi)/12;
    f.Iyz=0;
    f.I1=max(f.Iy,f.Iz);
    f.I2=min(f.Iy,f.Iz);
end

function CHECK(Sx,Sallow)
    if Sx<=Sallow
        disp('The rod is applicanle')
    else
        disp('The rod is not applicable')
    end
end

```