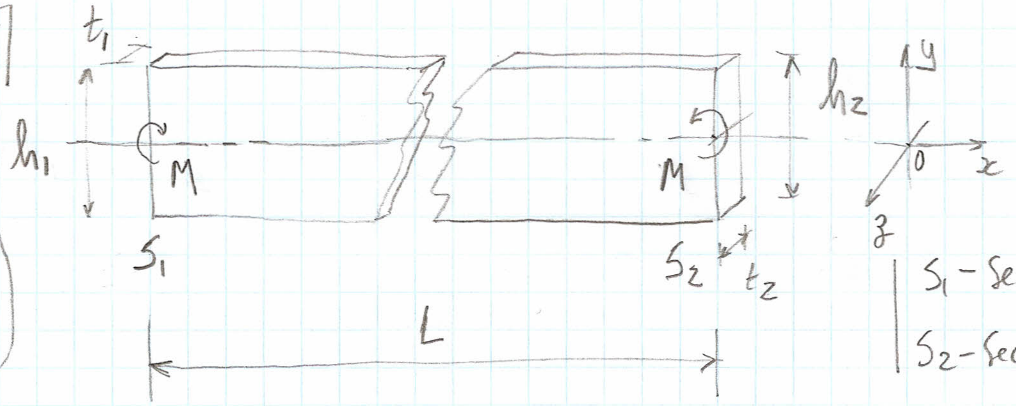
1D

Flexão



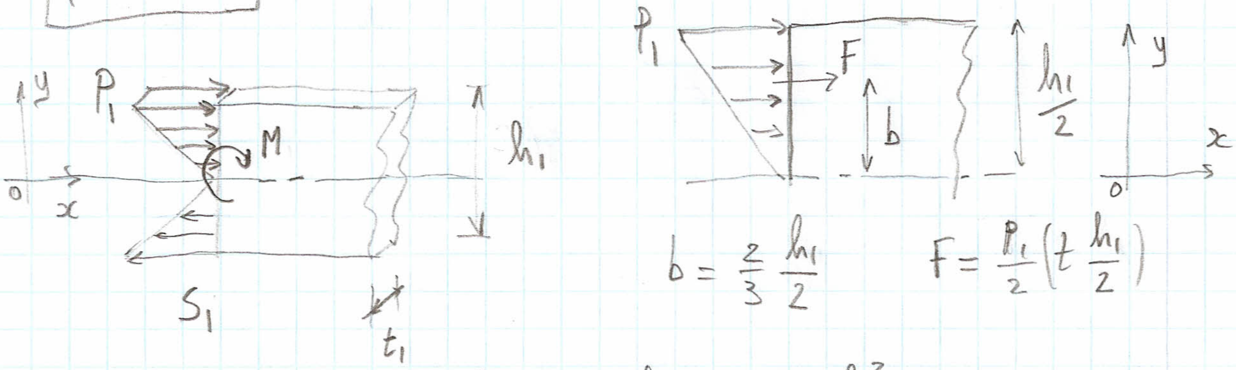
2D ou 3D

S_1 - Secção 1

S_2 - Secção 2

Solução F1 pressão

Apenas para $S_1 \equiv S_2$ e malha $S_1 \equiv$ malha S_2



$$b = \frac{2}{3}\frac{h_1}{2} \qquad F = \frac{P_1}{2}\left(t\,\frac{h_1}{2}\right)$$

$$M = 2Fb = 2\,\frac{P_1}{2}\left(t\,\frac{h_1}{2}\right)\frac{2}{3}\frac{h_1}{2} = \frac{P_1 t h_1^2}{6} \Rightarrow P_1 = \frac{6M}{t h_1^2}$$

P_1 - [N/mm^2] $\quad$ F - [N] $\quad$ b - [mm] $\quad$ M - [N/mm] $\quad$ h_1 - [mm]

ABAQUS

Para colocar o perfil de pressões é necessário uma função que apresente a variação linear da pressão com a coordenada Y.

$$p_1 = P_1\left(\frac{Y}{h_1/2}\right) = \frac{2P_1}{h_1}Y \Rightarrow p_1 = \frac{12M}{t h_1^3}Y \quad (1)$$

Load > pressure (S_1)

$f(x)$ → Analytical field: Y (sistema de eixo da secção)

→ Magnitude: $\frac{12M}{t h_1^3}$ (igual para S_1 e S_2)

FERNANDO Batista.Net 06/06/13

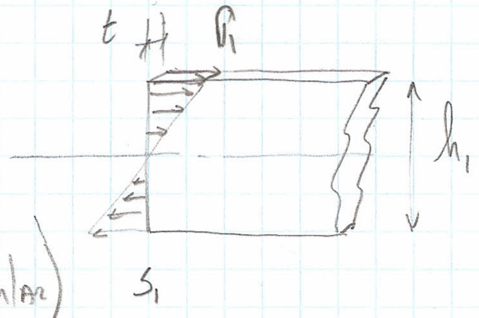
Solução F2
tensão normal

Apenas para $S_1 \equiv S_2$ e malha $S_1 \equiv$ malha S_2

A ideia passa por aplicar um perfil de tensões normais em cada uma das secções, estas tensões vão provocar o mesmo efeito que o momento fletor.

$I = I_1 = I_2$

$$\sigma_1 = -\frac{My}{I}$$



$$I = \frac{t h_1^3}{12} \quad \left(\text{secção rectangular}\right)$$

$$\Rightarrow \sigma_1 = -\frac{12M}{t h_1^3} y$$

Esta expressão é igual à expressão (1)

ABAQUS

Load > surface traction (S_1)

$f(x) \rightarrow$ Analytical field : Y (o sistema de eixo da secção)

$\rightarrow$ Traction : General

Direction

$\rightarrow$ Vector : selecionar dois pontos que definem a direcção da tensão

$\rightarrow$ CSYS : Escolher o sistema de eixo do vector

$\rightarrow$ Magnitude : $\dfrac{12M}{t h_1^3}$

A magnitude da S_2 é $\dfrac{12M}{t h_1^3}$ se o vetor for oposto ao escolhido para a S_1. Se tiver o mesmo sentido a magnitude tem que ser multiplicado por (-1).

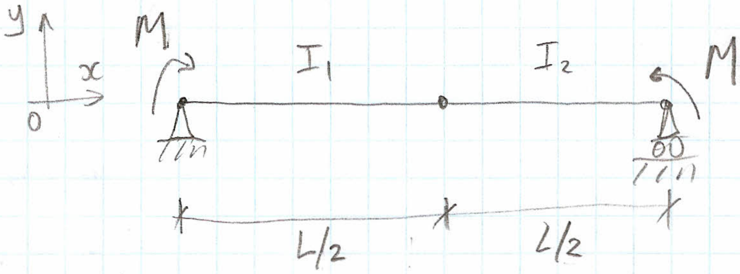
Solução F3 deslocamento

para $S_1 \neq S_2 \rightarrow I_1 \neq I_2$

Vamos aplicar na secção um perfil de deslocamentos equivalente ao efeito do momento fletor aplicado à secção.

Para isso precisamos de saber o ângulo de rotação da secção.

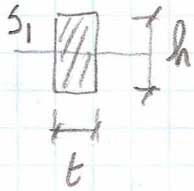
Cálculo do ângulo de rotação



→ discretizar cada viga em 4 elementos

→ determinar a matriz de rigidez do problema

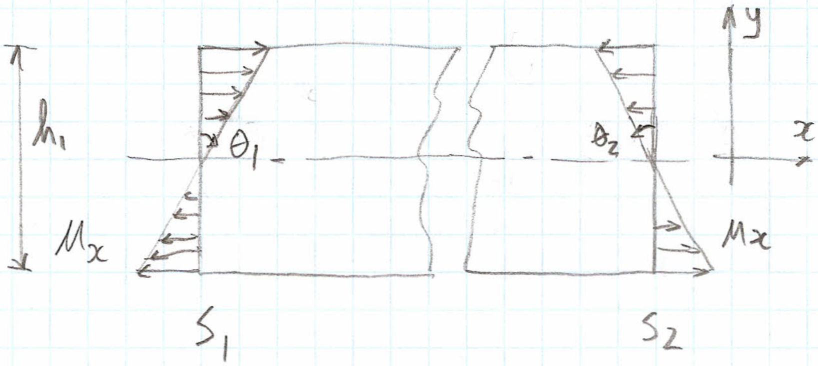
resolvendo simbolicamente o sistema temos as seguintes rotações em cada apoio



$$I_1 = \frac{t h_1^3}{12}$$

$$\theta_1 = -\frac{M(9LI_2 + 3LI_1)}{24EI_2I_1} \quad [rad]$$

$$\theta_2 = \frac{M(4LI_2 + 7LI_1)}{24EI_2I_1(4I_2 + 7I_1)}(3I_2 + 9I_1) \quad [rad]$$



(S_1)

$$u_x = -y\,tg(\theta_1)$$

(S_2)

$$u_x = -y\,tg(\theta_2)$$

ABAQUS

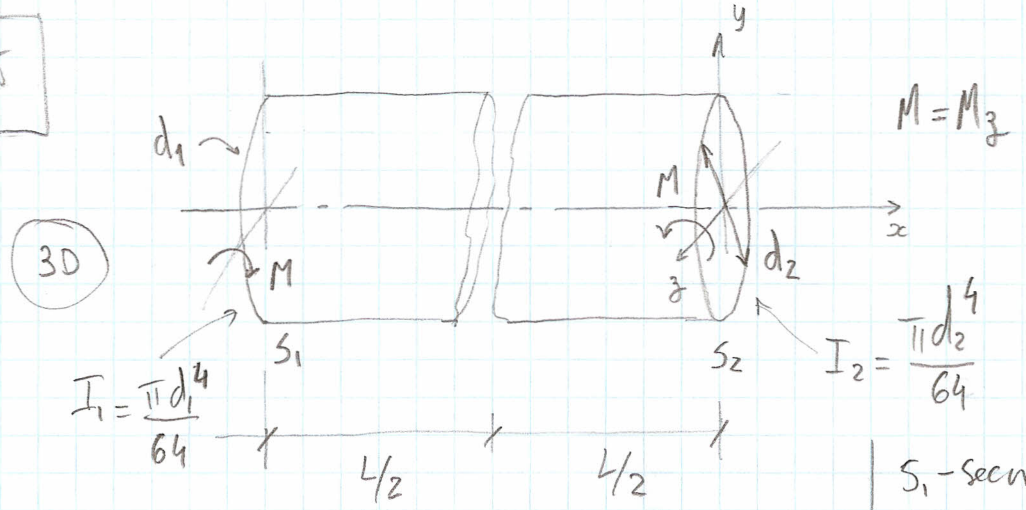
BC > Displacement/Rotation (S_1)

$f(x)$ → Analytical field : Y (o sistema de eixo da secção)

→ $U_1 : -tg(\theta_1)$ (em $S_2 \rightarrow U_1 : -tg(\theta_2)$)

FERNANDO Batista.NET 06/06/13

Flexão



S_1 - secção 1

S_2 - secção 2

Para $S_1 \equiv S_2$ e malha $S_1 \equiv$ malha S_2

- Utilizar a $\boxed{\text{solução } F_2 \text{ Tensão Normal}}$ com Magnitude: $\frac{64 M_1}{\pi d_1^4}$ (S_1) ; $\frac{64 M_2}{\pi d_2^4}$ (S_2)

Para $S_1 \neq S_2$

- Utilizar a $\boxed{\text{Solução } F_3 \text{ deslocamento}}$ com $I_1 = \frac{\pi d_1^4}{64}$; $I_2 = \frac{\pi d_2^4}{64}$

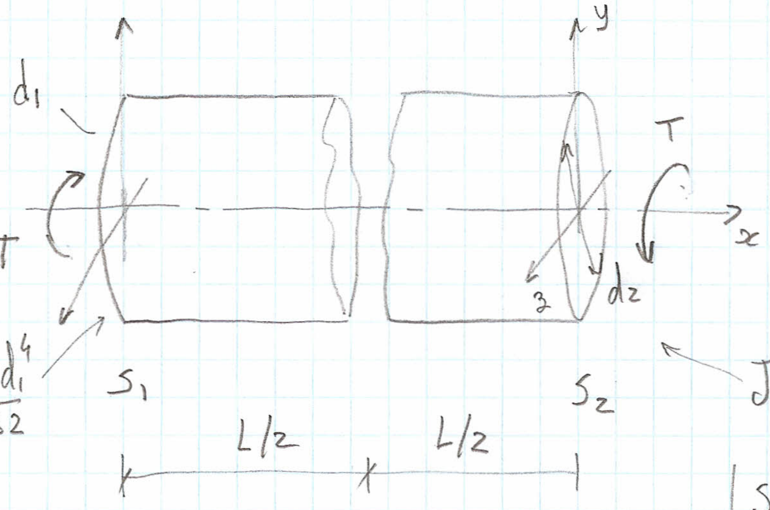
06/06/13

Fernando Batista.Net

Torção

$T = M_x$

$R_1 = \frac{d_1}{2}$ $R_2 = \frac{d_2}{2}$



3D $J_1 = \frac{\pi d_1^4}{32}$ $J_2 = \frac{\pi d_2^4}{32}$

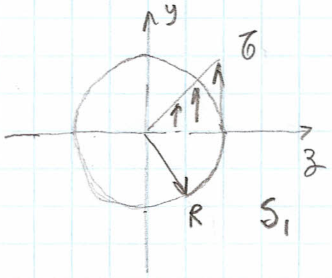
S_1 - Secção 1
S_2 - Secção 2

Solução T1
Tensão corte

para $S_1 \equiv S_2 \rightarrow J = J_1 = J_2$

Neste caso vamos utilizar a mesma ideia da solução F2. Vamos aplicar um perfil de Tensões de corte radialmente na secção equivalente ao efeito do momento Torsor.

$$\tau = \frac{T \cdot R}{J}$$

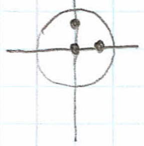


ABAQUS

Vamos criar um sistema de eixo de coordenadas cilíndricas em cada uma das secções S_1 e S_2.

Load > "create Datum CSYS: 3 Points" - "cylindrical"

- Seleccione o centro da secção como ponto de origem (S_1)
- Seleccione de seguida dois pontos segundo o raio



Load > surface traction (S_1)

- f(x) → | Analyticalfield : R
  | Local system : "Seleccionar o sistema de eixo criado"
- Direction : | Required : 0,0,0 e 0,1,0
  | CSYS : Picked → "seleccionar o sistema de eixo criado"
- Traction : Shear
- Magnitude : $\frac{T}{J}$

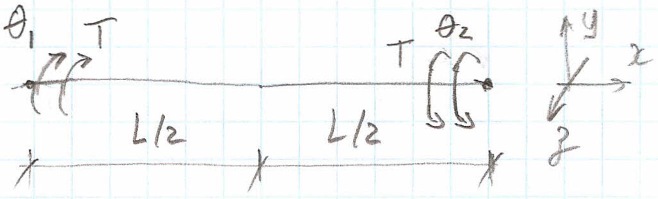
(Para S_2 criar um novo sistema de eixo e escolher o sinal $\pm \frac{T}{J}$)

Fernando Batista.net 06/06/13

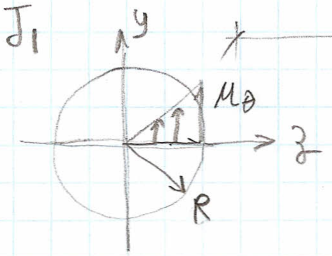
$\boxed{\text{Solução T2 deslocamento}}$

para $S_1 \neq S_2 \rightarrow I_1 \neq I_2$

Vamos impor uma rotação à secção à semelhança da Solução F3 mas agora de forma radial como foi aplicado as tensões de corte na Solução T1.



$$\theta_1 = \frac{T\,L/2}{G\,J_1}$$



em coordenadas cilíndricas

$$u_\theta = R\,tg(\theta_1)$$

coordenada radial

ABAQUS

Criar um sistema de eixo de coordenadas cilíndricas como está descrito na Solução T1, em S_1 e S_2.

BC > Displacement/rotation (S_1)

- CSYS: "seleccionar o sistema de eixo criado"
- $f(x)$: | Analytical field: R
  | Local system: "seleccionar o sistema de eixo criado"
- U2: $tg(\theta_1)$

na secção S_2 repetir o procedimento com $U_2 = tg(\theta_2)$ ou $U_2 = -tg(\theta_2)$ depende como ficou orientado o sistema de eixo cilíndrico Local.

FernandoBatista.Net 06/06/13