



figs/logo.png

Structures Explained Resolução da Seção Transversal

Laboratório AeroTech

Departamento de Engenharia Aeronáutica

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

1 Subdividir a geometria da seção transversal em formas geométricas (subáreas) de propriedades conhecidas

Figura 1: Estrutura com subáreas contornadas de preto

2 Calcular os momentos estáticos em relação ao eixo de interesse

2.1 Cálculo do momento estático em relação ao eixo X:

$$Ms_{x_{total}} = \sum Ms_x$$

$$Ms_x = \text{Area}_{(sub\acute{a}rea)} \cdot \bar{Y}$$

$$Ms_{x_{total}} = 5.0 \cdot 50 + 50 \cdot 5.0$$

$$Ms_{x_{total}} = 500.0 \text{ m}^3$$

2.2 Cálculo do momento estático em relação ao eixo Y:

$$Ms_{y_{total}} = \sum Ms_y$$

$$Ms_y = \text{Area}_{(sub\acute{a}rea)} \cdot \bar{X}$$

$$Ms_{y_{total}} = 2.5 \cdot 50 + 50 \cdot 7.5$$

$$Ms_{y_{total}} = 500.0 \text{ m}^3$$

3 Calcular os centroides em relação ao eixo de interesse

3.1 Cálculo do centroide em relação ao eixo X:

$$X_{cg} = \frac{Ms_y}{A_{total}}$$

$$X_{cg} = \frac{2.5 \cdot 50 + 50 \cdot 7.5}{50 + 50} \text{ m}$$

$$X_{cg} = 5.0 \text{ m}$$

3.2 Cálculo do centroide em relação ao eixo Y:

$$Y_{cg} = \frac{M_{S_x}}{A_{total}}$$

$$Y_{cg} = \frac{5.0 \cdot 50 + 50 \cdot 5.0}{50 + 50} \text{ m}$$

$$Y_{cg} = 5.0 \text{ m}$$

4 Calcular os momentos de inércia em relação aos eixos de interesse

Quando necessário (ou, na dúvida, sempre), aplicar o teorema dos eixos paralelos

Teorema dos eixos paralelos: $I' = I + A \cdot d^2$

4.1 Cálculo do Momento de Inércia em relação a X:

$$I_{x_{total}} = \sum I_x$$

$$I_{x(\text{retângulos})} = \frac{\text{base} \cdot \text{altura}^3}{12}$$

$$I_{x_{total}} = \frac{5 \cdot 10^3}{12} + \frac{5 \cdot 10^3}{12}$$

$$I_{x_{total}} = 2500/3 \text{ m}^4$$

4.2 Cálculo do Momento de Inércia em relação a Y:

$$I_{y_{total}} = \sum I_y$$

$$I_{y(\text{retângulos})} = \frac{\text{base}^3 \cdot \text{altura}}{12}$$

$$I_{y_{total}} = 5^3 \cdot 10 \frac{1}{12} + 5^3 \cdot 10 \frac{1}{12} + 50 (5.0 - 2.5)^2 + 50 (5.0 - 7.5)^2$$

$$I_{y_{total}} = 833.33 \text{ m}^4$$

5 Cálculo da Tensão Normal

5.1 Fórmula da Tensão Normal

$$T_{normal} = \frac{N}{A} - \frac{My}{I_y} \cdot z - \frac{Mz}{I_z} \cdot y$$

5.2 Cálculo para N = 10 N, My = 500.0 Nm, Mz = 500.0 Nm, y = 1 m, z = z m

5.2.1 Cálculo da Tensão Normal

$$T_{normal} = -\frac{500.0z}{833.33} - 500.0 \frac{1}{2500} \frac{1}{3} \cdot 1 + \frac{10}{100}$$

$$T_{normal} = 0.03 - 0.6 * z \text{ Pa}$$

6 Cálculo da Linha Neutra

6.1 Fórmula da Linha Neutra

A linha neutra se encontra onde a Tensão Normal é 0, portanto para encontrar a posição da linha neutra (y) substituímos T por 0.

$$0 = \frac{N}{A} - \frac{My}{I_y} \cdot z - \frac{Mz}{I_z} \cdot y$$

6.2 Cálculo para N = 10 N, My = 500.0 Nm, Mz = 500.0 Nm, y = 1 m, z = z m

6.2.1 Cálculo da Linha Neutra

$$0 = -\frac{500.0z}{833.33} - 500.0 \frac{1}{2500} \frac{1}{3} \cdot 1 + \frac{10}{100}$$

$$z = 0.06$$

7 Calcular o Momento Estático no corte

7.1 Fórmula do Momento Estático para corte sobre a subárea

$$M_{estático_{corte}} = Área_{subárea} \cdot (centroide_{subárea} - centroide_{figura})$$

7.2 Fórmula do Momento Estático para corte acima ou abaixo da subárea

$$M_{estático_{corte}} = \left(\frac{altura}{2} + centroide_{subárea} - corte_y \right) \cdot base$$

$$\cdot \left(\left(\frac{altura}{2} + centroide_{subárea} - corte_y \right) \cdot 0.5 + corte_y - centroide_{figura} \right)$$

7.3 Calcular o Momento Estático no corte

$$M_{estático_{corte}} = 5 \left((-1) 5 + \frac{10}{2} + 5.0 \right) \left((-1) 5.0 + \left((-1) 5 + \frac{10}{2} + 5.0 \right) 0.5 + 5 \right) \\ + \left((-1) 5 + \frac{10}{2} + 5.0 \right) 5 \left((-1) 5.0 + \left((-1) 5 + \frac{10}{2} + 5.0 \right) 0.5 + 5 \right)$$

$$M_{estático_{corte}} = 125.0 \text{ m}^3$$

8 Calcular o Fluxo de Cisalhamento

8.1 Fórmula do Fluxo de Cisalhamento

$$f_{cisalhamento} = \frac{V \cdot Q}{I_x}$$

8.2 Cálculo para $V = 10 \text{ N}$, $Q = 45.0 \text{ m}^3$, $I_x = 2500/3 \text{ m}^4$

$$f_{cisalhamento} = 10 \cdot 45.0 \frac{1}{2500 \frac{1}{3}}$$

$$f_{cisalhamento} = 0.54 \frac{\text{N}}{\text{m}}$$

9 Calcular a Tensão de Cisalhamento

9.1 Fórmula da Tensão de Cisalhamento

$$T_{cisalhamento} = \frac{V \cdot Q}{I_x \cdot t}$$

9.2 Cálculo para $V = 10 \text{ N}$, $Q = 125.0 \text{ m}^3$, $I_x = 2500/3 \text{ m}^4$, $t = 10 \text{ m}$

$$T_{cisalhamento} = 10 \cdot 125.0 \frac{1}{10 \cdot 2500 \frac{1}{3}}$$

$$T_{cisalhamento} = 0.15 \text{ Pa}$$