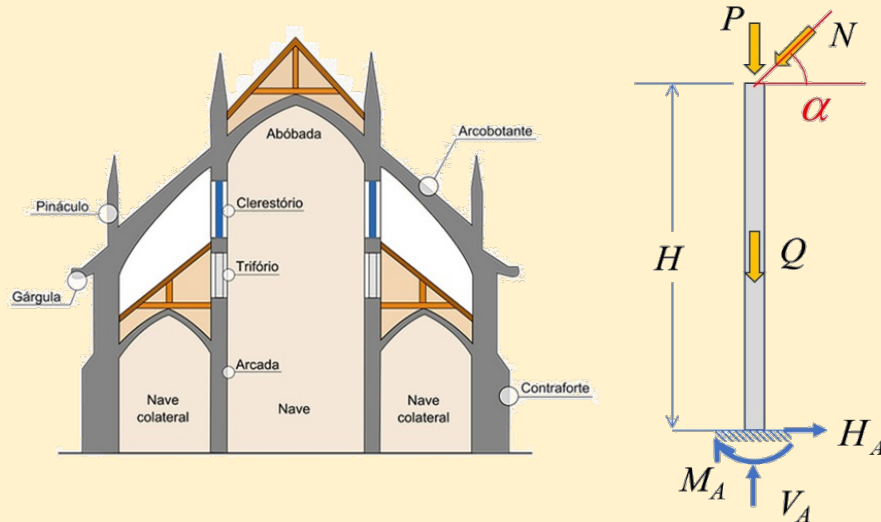


Q3 (4,0) {Variação 1 / Variação 2 / Variação 3}: A figura abaixo mostra os elementos principais dos pórticos das catedrais góticas. De forma simplificada, pode-se dizer que a base de cada contraforte fica sujeita aos efeitos combinados do seu peso próprio (Q), do peso do pináculo (P), da componente vertical da carga inclinada (N) proveniente do arco-botante e do momento fletor provocado pela componente horizontal de N , como também se esquematiza na figura.



Considere que os contrafortes tenham um altura $H = 24m$ e tenham, no seu trecho inferior, uma seção transversal retangular de largura (ou seja, a dimensão no plano da figura) $h = 6,0m$ e espessura (ou seja, a dimensão na direção normal ao plano da figura) $b = 2,4m$. Considere que o ângulo que a força N faz com a direção horizontal seja $\alpha = \frac{\pi}{4}$. Considere ainda que o peso total de cada de cada contraforte seja $Q = \{3000kN / 3500 / 4000\} kN$ e que a carga proveniente do arco-botante valha $N = \{200 / 220 / 280\} kN$.

Determine:

- O menor peso do pináculo P_{\min} , para que não ocorram tensões de tração na base dos contrafortes;
- Considerando que o peso pináculo seja exatamente P_{\min} , determine os valores das reações de engastamento da base do contraforte;
- Calcule a máxima tensão de compressão na base do contraforte, para essa condição.

Resolução

A área e o módulo resistente da seção transversal da base do contraforte são dados por

$$A = bh; \quad W = \frac{bh^2}{6}$$

As máximas e mínimas tensões normais atuantes na base do contraforte são dadas por

$$\sigma_{t,c}^{\max} = -\frac{Q + N \sin(\alpha) + P}{A} \pm \frac{M}{W}$$

Para que não haja tração,

$$\sigma_t^{\max} = -\frac{Q + N \sin(\alpha) + P}{A} + \frac{M}{W} < 0 .$$

Ou seja,

$$P > \frac{A}{W} M - Q - N \sin(\alpha)$$

E logo,

$$P_{\min} = \frac{A}{W} M - Q - N \sin(\alpha)$$

Admitindo que o pináculo pese justamente P_{\min} , as reações de apoio serão

$$\begin{cases} H_A = N \cos(\alpha) \\ V_A = Q + N \sin(\alpha) + P_{\min} \\ M_A = N \cos(\alpha) H \end{cases}$$

E a máxima tensão de compressão será:

$$\sigma_{c,\max} = -\frac{Q + N \sin(\alpha) + P_{\min}}{A} - \frac{M}{W}$$

Nota: ao substituir os valores numéricos, deve-se atentar para usar um conjunto coerente de unidades de grandezas!

Respostas Numéricas

a) $P_{\min} = \{253 / 78 / 553\} \text{ kN}$

b) $H_A = \{141 / 155 / 198\} \text{ kN} ;$

$$V_A = \{3394 / 3733 / 4752\} \text{ kN} ;$$

$$M_A = \{3394 / 3733 / 4752\} \text{ kNm}$$

c) $\sigma_c^{\max} = \{-0,47 / -0,52 / -0,66\} \text{ MPa}$