

Estruturas Subterâneas

[2023]

Na construção de uma usina hidrelétrica, será escavado um túnel circular, em rocha, com raio de 2 m (R) e centro a 80 m de profundidade (z).

Propriedades da rocha: peso específico: $\gamma = 27 \text{ kN/m}^3$; módulo de cisalhamento: $G = 4 \text{ GPa}$.

Suponha que, na região do túnel, o estado inicial de tensão seja hidrostático e constante, com valor $\sigma_0 = \gamma z$. Para os cálculos, suponha ainda que o túnel seja escavado em um espaço elástico infinito.

1.

a. Calcule o deslocamento radial da parede do túnel (δ_m), para o caso de o túnel não ser revestido (o índice m se refere à palavra *maciço*).

Fórmula:

$$\delta_m = \frac{\sigma_0 R}{2G}.$$

b. Continuando o item a, faça gráficos das tensões no maciço ao redor do túnel, em função de r (distância ao centro do túnel, $R \leq r < \infty$): σ_r (tensão normal radial) x r e σ_θ (tensão normal tangencial) x r .

Fórmulas:

$$\sigma_r = \sigma_0 - \sigma_0 \frac{R^2}{r^2}, \quad \sigma_\theta = \sigma_0 + \sigma_0 \frac{R^2}{r^2}$$

2. O túnel será construído pelo *Novo Método Austríaco* (*NÖT* ou *NATM*).

a. Suponha, por simplicidade, que o suporte de concreto projetado seja instantaneamente instalado, imediatamente depois da escavação, também instantânea. Propriedades do suporte: espessura: 20 cm (d); módulo de elasticidade: 20 GPa (E_c).

Calcule a tensão normal radial (p) aplicada pelo maciço sobre o suporte.

Calcule o deslocamento radial da parede do maciço (δ_m) (que é igual ao deslocamento radial do suporte, δ_e ; o índice e se refere à palavra *estrutura*)?

Fórmulas:

Deslocamento radial do suporte quando sujeito a tensão normal radial externa (p), aplicada pelo maciço:

$$\delta_e = \frac{pR^2}{E_c d}$$

Deslocamento radial da parede do maciço quando sujeita a tensão normal radial interna (p), aplicada pelo suporte:

$$\delta_m = \frac{(\sigma_0 - p)R}{2G}$$

b. Considere agora uma situação mais realista do que a descrita em **a**: à medida que o túnel é escavado, vai-se formando o suporte de concreto projetado.

Para representar aproximadamente o fenômeno tridimensional, com auxílio do modelo bidimensional, suponhamos que o suporte seja instalado depois que a parede do túnel, ainda não revestido, tiver sofrido um deslocamento radial igual a δ'_m . Depois de instalado o suporte, a parede do maciço sofrerá um deslocamento radial adicional igual a δ''_m , que é igual ao deslocamento radial do suporte ($\delta_e = \delta''_m$).

Calcule a tensão normal radial (p) aplicada pelo maciço sobre o suporte, na hipótese de que δ'_m seja igual a metade do deslocamento calculado em **1a**.

Calcule o deslocamento radial do suporte (δ_e).

Calcule o deslocamento radial da parede do maciço ($\delta_m = \delta'_m + \delta''_m$).