

Consolo: Critérios de dimensionamento dos aparelhos de apoio

Aplica-se às versões: EBv9

Assunto:

Quais os critérios utilizados pelo Eberick no dimensionamento do aparelho de apoio?

Artigo:

Nos projetos de estruturas pré-moldadas realizados no Eberick, para a transmissão de esforços entre viga/pilar são utilizados aparelhos de apoio simples de elastômero. Tais apoios promovem uma distribuição mais uniforme das tensões de contato nas ligações entre os elementos de concreto, além de permitir relativa possibilidade de movimentos de translação e rotação para acomodação entre as peças estruturais.

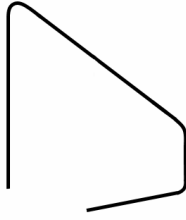
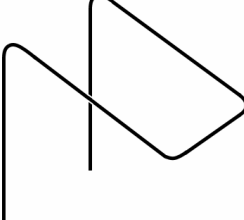
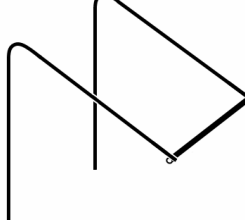
Este artigo apresenta os critérios de dimensionamento dos aparelhos de apoio simples como almofadas de elastômero, descritos no tópico 7.2.1.6 e no Anexo A da NBR 9062:2006.

Recomenda-se também a leitura do artigo [Como solucionar erros de dimensionamento do aparelho de apoio](#), disponível na FAQ da AltoQi.

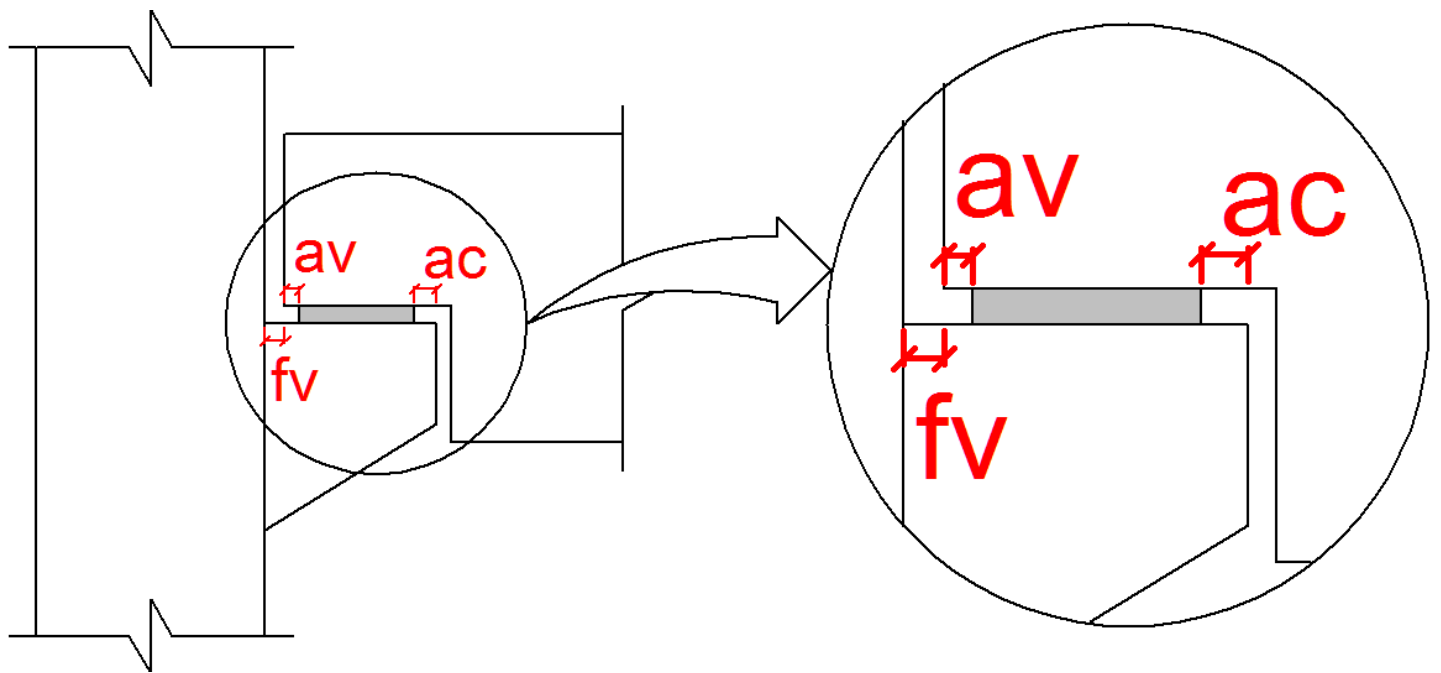
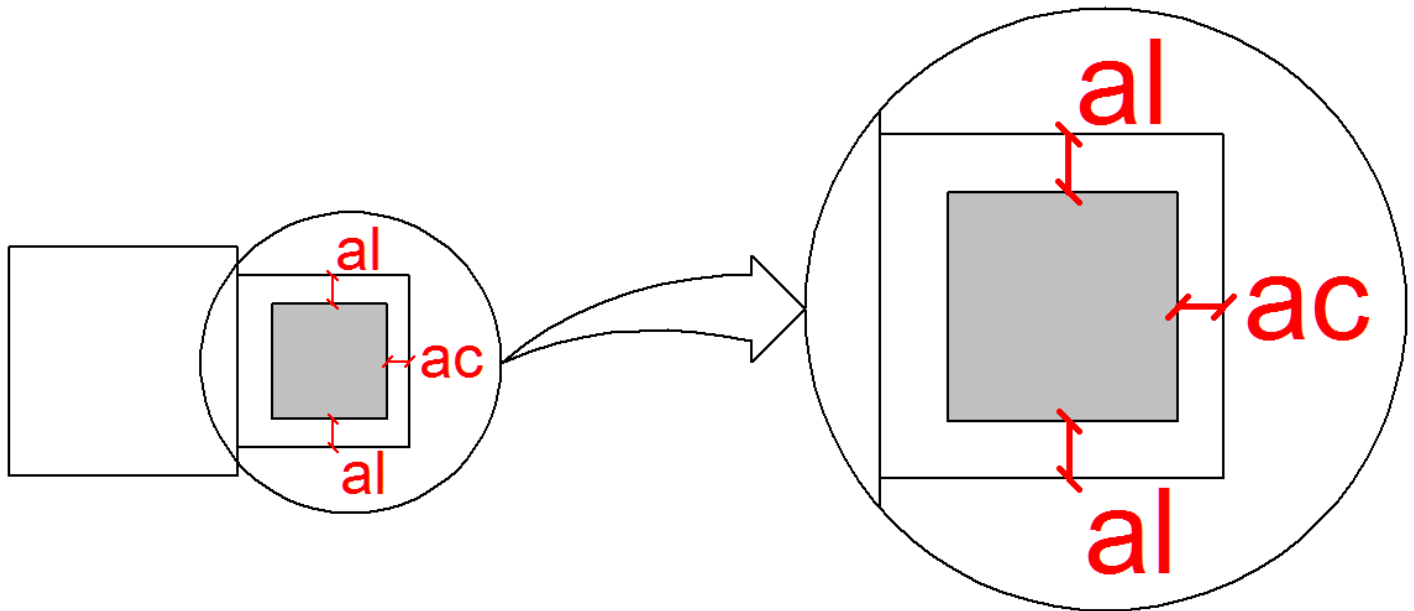
Disposições Construtivas:

Afastamentos:

Os afastamentos do aparelho de apoio até as faces das peças estruturais variam de acordo com o formato da armadura do tirante de ancoragem do consolo, do valor do cobrimento das vigas e dos pilares, e do diâmetro da armadura do tirante. Tais afastamentos devem satisfazer às condições relacionadas na tabela abaixo, em acordo com o item 7.3.3.4 da NBR 9062:2006.

	Alça Vertical	Alça Horizontal	Barra Soldada
Afastamentos			
ac	$cpilar + 3,5\emptyset + 2$	$cpilar + 3,5\emptyset$	$cpilar + \emptyset$
av	$cviga + 3,5\emptyset + 2$	$cviga + 3,5\emptyset$	$cviga + \emptyset$
al	maior valor de ac e av	$cpilar + \emptyset$	$cpilar + \emptyset$

Consolo: Critérios de dimensionamento dos aparelhos de apoio



Legenda:

ac: afastamento à face do consolo

av: afastamento à face da viga

al: afastamento à face lateral da viga ou consolo

cpilar: cobertura da armadura do pilar

cviga: cobertura da armadura da viga

\emptyset : diâmetro da armadura do tirante

Console: Critérios de dimensionamento dos aparelhos de apoio

Em “ Configurações>Dimensionamento>Pilares PM ” , usuário pode desabilitar a opção de cálculo automático dos afastamentos e inserir os valores manualmente, para evitar arredondamentos de cálculo.

The screenshot shows the 'Dimensionamento [Pilares PM]' dialog box. The 'Pilares PM' tab is active. The 'Aparelhos de apoio' section is highlighted with a red border. It contains the following settings:

- Adotar valores normativos
- Afastamento à face externa: 4.25 cm
- Afastamento à face extrema: 4.25 cm
- Afastamento lateral: 4.25 cm

Other sections visible include:

- Tirante:** Formato: Barra soldada; Diâmetro mínimo: 12.5
- Consolos:** Tensão mínima para considerar torção: 10 %; Distância máxima para alinhar consolo na face do pilar: 1 cm
- Estribos (consolos):** Adotar estribo vertical; Espaçamento múltiplo de: 1.0; Espaçamento mínimo: 3 cm; Espaçamento máximo: 10 cm
- Armadura complementar (consolos):** Igualar à armadura do tirante; Diâmetro: 8.0

Buttons at the bottom: OK, Cancelar, Ajuda. Additional buttons: Cálice..., Ligações..., Coeficientes..., Pinos...

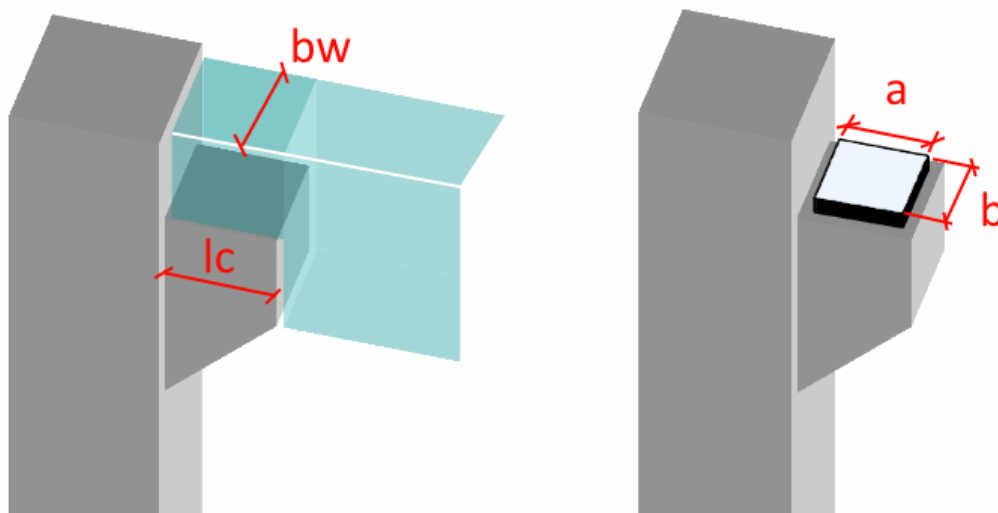
Contudo, recomenda-se manter esta opção habilitada para garantir que o programa calcule automaticamente valores dos afastamentos segundo recomendações normativas.

Dimensões mínimas:

As dimensões “ a ” e “ b ” do aparelho de apoio são calculadas automaticamente pelo programa, subtraindo das dimensões disponíveis da região de interseção entre o pilar/viga os afastamentos calculados no tópico acima. Com isso, os valores “ a ” e “ b ” da almofada são obtidos pelas fórmulas abaixo: NBR 9062:2006.

Consolo: Critérios de dimensionamento dos aparelhos de apoio

$$b = bw - 2 \times a$$
$$a = lc - (fv + av + ac)$$



Legenda:

lc: comprimento do consolo

bw: largura da viga

fv: folga da viga

Caso os valores de “ a ” ou “ b ” resultem em um valor inferior a 5,0 cm, o programa emite um aviso informando que as dimensões do aparelho de apoio são insuficientes, o que impossibilita o detalhamento do elemento.

A espessura do aparelho de apoio é informada pelo usuário em “ Configurações>Dimensionamento> Pilares PM>Aparelhos de apoio>Espessura ”. Em “ Concreto Pré-Moldado: Fundamentos e Aplicações ”, El Debs recomenda que a espessura da almofada não seja inferior a 10 mm.

Dimensionamento do aparelho de apoio:

As verificações realizadas para aparelhos de apoio podem ser divididas em quatro grupos: limite de tensões, limite de deformações, verificações de deslocamento e de estabilidade. Esses grupos podem ser divididos em 7 sub-grupos, apresentados na imagem abaixo:

Console: Critérios de dimensionamento dos aparelhos de apoio

Limite de Tensões	<ul style="list-style-type: none">• Limite de tensão de compressão• Limite de tensão por cisalhamento*
Limite de Deformações	<ul style="list-style-type: none">• Limite de deformação por compressão• Limite de deformação por cisalhamento*
Deslocamento	<ul style="list-style-type: none">• Segurança contra o deslizamento*• Segurança contra o levantamento da* borda menos comprimida
Estabilidade	<ul style="list-style-type: none">• Condição e verificação de estabilidade

Segundo El Debs (2000), as verificações de deformação por cisalhamento, deslizamento e levantamento da borda menos comprimida podem ser dispensadas quando há existência de pinos de ancoragem. Com isso, o programa permite desabilitar as verificações marcadas com “*” no menu “ Configurações>Dimensionamento>Pilares PM>Aparelhos de Apoio ”, como demonstrado na imagem abaixo:

Aparelhos de apoio

Espessura cm

Dureza

Dispensar verificações quando houver pinos

Levantamento da borda

Deslizamento

Cisalhamento

Limite de deformação

Nos tópicos a seguir serão descritos os métodos de cálculo para as verificações dos aparelhos de apoio citadas acima.

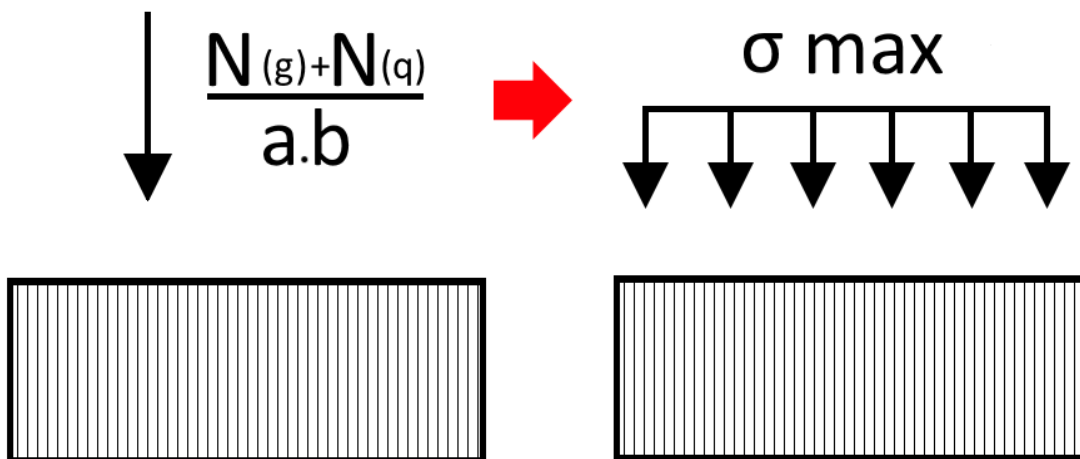
Limite de Tensões

- Compressão

A tensão atuante (s_{max}) no aparelho de apoio é determinada dividindo-se a reação da viga (N_{tot}), considerando as reações permanentes (N_g) e acidentais (N_q), pela área (A) do aparelho de apoio

Conso: Critérios de dimensionamento dos aparelhos de apoio

(a x b).



O valor da tensão atuante deve ser inferior ao o valor da tensão limite (σ_{lim}), estabelecida como 7 MPa para almofadas simples pelo item A.18 do anexo A da NBR 9062:2006.

$$\sigma_{max} \leq \sigma_{lim}$$

- Cisalhamento

A tensão atuante total de cisalhamento (τ_{tot}) no aparelho de apoio é determinada pelo somatório das tensões de cisalhamento devido à força normal de compressão (τ_n), ações horizontais (τ_h) e devido a rotação (τ_θ).

$$\tau_{tot} = (\tau_n) + (\tau_h) + (\tau_\theta)$$

A tensão devido à força normal de compressão (τ_n) depende das reações normais permanentes (N_g) e acidentais (N_q) e das dimensões do aparelho de apoio, sendo determinada pela seguinte expressão:

$$\tau_n = \frac{1,5(N_g + 1,5N_q)}{\beta \cdot A}$$

Sendo β o fator de forma determinado por:

Conso: Critérios de dimensionamento dos aparelhos de apoio

$$\beta = \frac{A}{2.h.(a+b)}$$

A tensão devido à força horizontal (t_h) depende das reações horizontais permanentes (H_g) e acidentais (H_q) e das dimensões do aparelho de apoio (a e b), sendo determinada pela seguinte expressão:

$$\tau_h = \frac{H_g + 0,5H_q}{A}$$

A tensão de cisalhamento atuante devido à rotação do aparelho de apoio (t_θ) depende da rotação no apoio, das dimensões da almofada (a e b) e do módulo de elasticidade transversal (G) do elastômero, sendo determinada pela seguinte expressão:

$$\tau_\theta = \frac{G.a^2}{2.h^2} . (\tan(\theta_g) + 1,5.\tan(\theta_q))$$

O valor do módulo de elasticidade transversal (G) é adotado em função da dureza Shore A do elastômero, de acordo com a Tabela A.1, do anexo A.9 da NBR 9062:2006.

Tabela A.1 – Correspondência entre dureza Shore A e o módulo G, à temperatura de 20° C

Dureza Shore A (unidade)	50	60	70
Módulo G (MPa)	0.8	1.0	1.2

Fonte: NBR 9062:2006

O valor da dureza é selecionado pelo usuário em “ Configurações>Dimensionamento>Pilares PM>Aparelhos de apoio>Dureza ” , conforme imagem abaixo:

Console: Critérios de dimensionamento dos aparelhos de apoio

Aparelhos de apoio

Espessura cm

Dureza →

Dispensar verificações quando houver

Levantamento da borda

Deslizamento

Cisalhamento

Limite de deformação

Com a obtenção das parcelas que constituem a tensão de cisalhamento total no aparelho de apoio, o valor resultante deve ser inferior a tensão de cisalhamento limite:

$$\tau_{tot} \leq \tau_{lim}$$

O valor da tensão de cisalhamento limite (τ_{lim}) é calculado como cinco vezes o valor do módulo de elasticidade transversal (G):

$$\tau_{lim} = 5.G$$

Esta verificação pode ser dispensada marcando-se a opção "Dispensar verificações quando houver pinos>Cisalhamento".

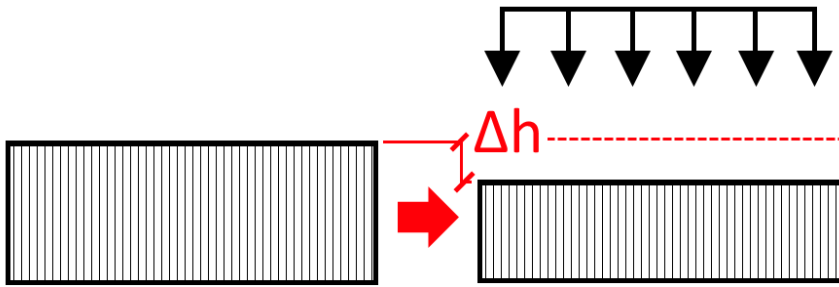
Limite de Deformações

- Compressão (vertical)

A deformação por compressão normal (afundamento) da almofada é limitada a 15% da sua altura inicial, ou seja:

$$\Delta h \leq 0,15.h$$

Console: Critérios de dimensionamento dos aparelhos de apoio



A variação da altura (Δh) é determinada por:

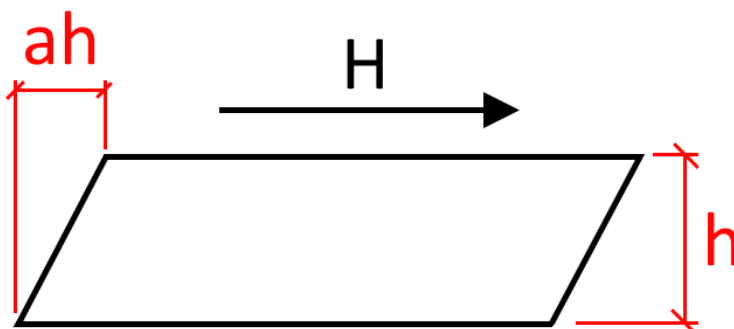
$$\Delta h = \frac{\sigma_{\max} \cdot h}{k_1 \cdot G \cdot \beta + k_2 \cdot \sigma_{\max}}$$

Os coeficientes k_1 e k_2 são empíricos e seus valores, na ausência de valores experimentais, podem ser adotados como 4 e 3, respectivamente. Logo, a fórmula utilizada para o cálculo da variação da altura da almofada é:

$$\Delta h = \frac{\sigma_{\max} \cdot h}{4 \cdot G \cdot \beta + 3 \cdot \sigma_{\max}}$$

- Cisalhamento (horizontal)

A verificação da deformação por cisalhamento consiste em limitar o ângulo de distorção do aparelho de apoio, limitando o deslocamento horizontal relativo (ah) entre as faces superior e inferior.



O valor do deslocamento horizontal é calculado pela expressão abaixo:

Conso: Critérios de dimensionamento dos aparelhos de apoio

$$ah = \frac{\tau h \cdot h}{G}$$

O valor limite, definido pelo anexo A.20 da NBR 9062:2006, é definido como metade do valor da altura da almofada, ou seja:

$$ah \text{ lim} = 0,5 \cdot h$$

Esta verificação pode ser dispensada marcando-se a opção "Dispensar verificações quando houver pinos > Cisalhamento".

Deslocamentos

- Deslizamento

A verificação ao deslizamento consiste em comparar o esforço horizontal atuante no aparelho de apoio com a força de resistência limite ao deslizamento devido ao atrito. A verificação é realizada isoladamente para os efeitos devido às cargas permanentes e totais, em acordo com o anexo A.21 da NBR 9062:2006, e devem atender a seguinte condição:

$$H < H \text{ lim}$$

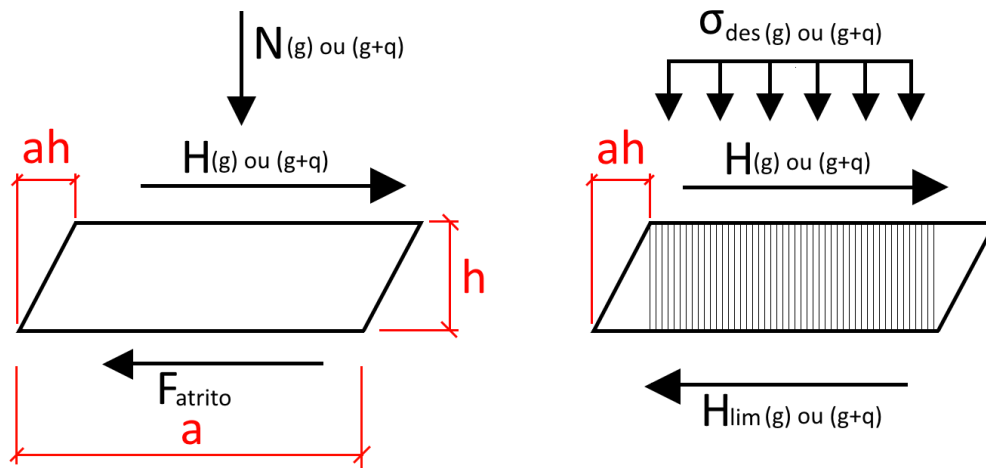
Onde:

$$H_{\text{lim}} = \mu \cdot N$$
$$\mu = 0,1 + \frac{0,2}{\sigma}$$

Os valores de “ N ” e “ μ ” dependem de quais esforços estão sendo avaliados, se permanente (g) ou total (g+q). As expressões a seguir são calculadas para ambos os casos, ou seja, são verificadas isoladamente para as cargas permanentes (g) e total (g+q), conforme citado anteriormente.

Para o cálculo de “ μ ”, o valor da tensão normal é considerado com a área reduzida devido a deformação horizontal por cisalhamento:

Consolo: Critérios de dimensionamento dos aparelhos de apoio



$$\sigma_{\text{des}(g) \text{ ou } (g+q)} = \frac{N_{(g) \text{ ou } (g+q)}}{(a-ah).b}$$

$$\mu_{\text{des}(g) \text{ ou } (g+q)} = 0,1 + \frac{0,2}{\sigma_{\text{des}(g) \text{ ou } (g+q)}}$$

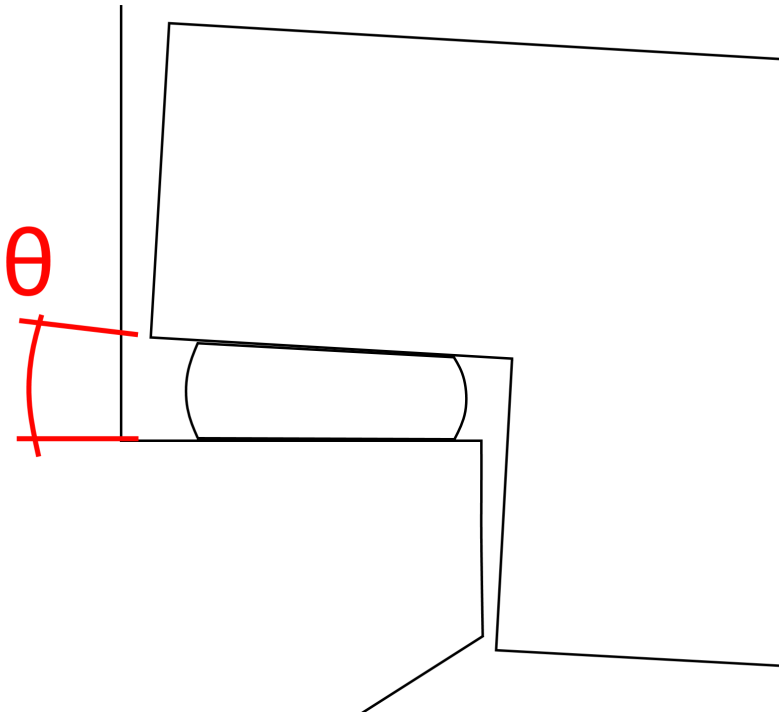
$$H_{\text{lim}(g) \text{ ou } (g+q)} = \mu_{\text{des}(g) \text{ ou } (g+q)}.N_{(g) \text{ ou } (g+q)}$$

Esta verificação pode ser dispensada marcando-se a opção "Dispensar verificações quando houver pinos > Deslizamento".

- Levantamento da borda menos comprimida

A verificação da condição de não levantamento da borda menos comprimida consiste em comparar as tangentes das rotações resultantes das cargas permanentes e totais a um valor de rotação limite, estabelecida no anexo A.22 da NBR 9062:2006.

Console: Critérios de dimensionamento dos aparelhos de apoio



Para a verificação com as cargas permanentes, as seguintes expressões são utilizadas:

$$\tan(\theta_g) < \frac{2 \cdot h_1}{a}$$

$$h_1 = \frac{h \cdot \sigma_g}{10 \cdot G \cdot B + 2 \cdot \sigma_g}$$

$$\sigma_{g'} = \frac{N_g}{(a - ah) \cdot b}$$

$$B = \frac{a \cdot b}{2 \cdot h \cdot (a + b)}$$

Para a verificação com as cargas totais, as seguintes expressões são utilizadas:

Conso: Critérios de dimensionamento dos aparelhos de apoio

$$\tan(\theta_g) + 1,5 \tan(\theta_q) < \frac{2 \cdot h_2}{a}$$

$$h_2 = \frac{h \cdot \sigma_{g+q'}}{10 \cdot G \cdot B + 2 \cdot \sigma_{g+q'}}$$

$$\sigma_{g+q'} = \frac{N_g + N_q}{(a - ah)b}$$

Esta verificação pode ser dispensada marcando-se a opção "Dispensar verificações quando houver pinos > Levantamento da borda".

Estabilidade

- Condição e verificação da estabilidade

Quando a espessura do aparelho de apoio (h) for menor que à quinta parte do seu comprimento (a/5), dispensa-se a verificação da estabilidade da almofada, conforme anexo A.25 da NBR 9062:2006.

$$h < \frac{a}{5}$$

Caso contrário deve-se comparar a tensão de compressão atuante total com a tensão limite, definida pela fórmula abaixo:

$$\sigma_{\max} \leq \frac{2a \cdot G \cdot \beta}{3 \cdot h}$$

No artigo [Como solucionar erros de dimensionamento do aparelho de apoio](#) será demonstrado um exemplo prático, explicando como solucionar situações de erro no dimensionamento do aparelho de apoio com base nos critérios de cálculo apresentados nesse artigo.

Referências Bibliográficas:

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9062: Projeto e Execução de Estruturas de Concreto Pré-Moldado. Rio de Janeiro, 2006.

EL DEBS, M. K. Concreto pré-moldado: fundamentos e aplicações. São Carlos: EESC-USP, 2000. 456 p.

Console: Critérios de dimensionamento dos aparelhos de apoio

ID de solução único: #2527

Autor: : Fabio de Marchi Pintos

Última atualização: 1970-01-01 01:00