

## Critério K4

### Critério de ancoragem de armadura positiva em apoios extremos (K4=1)

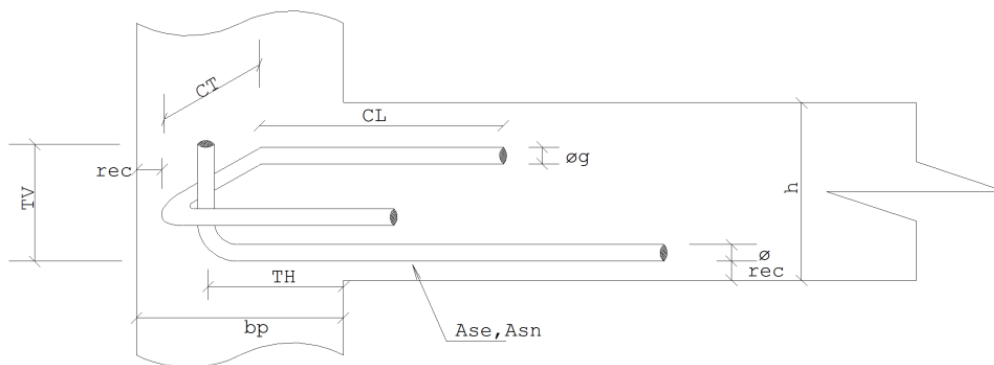
Este é o critério mais recomendado para ancoragem da armadura positiva em apoios extremos. Ele se baseia também na colocação de “grampos” (armaduras de diâmetros reduzidos em forma de U, dispostos horizontalmente e que, geralmente, envolvem as armaduras longitudinais) para ancoragem em apoios de pequenas dimensões.

Importante: estes grampos são calculados e detalhados apenas quando necessários. Este procedimento é recomendado pela NBR 6118.

Diversos fatores afetam as condições para ancoragem da armadura longitudinal nos apoios extremos de uma viga para o critério de ancoragem selecionado K4=1. Dentre eles podemos citar:

- quantidade de armadura necessária a ancorar;
- largura do apoio;
- cobrimento, diâmetro do estribo do pilar, diâmetro do grampo etc;
- diâmetro das barras longitudinais a ancorar;
- número de barras que chegam até o apoio;
- quantidade de camadas da armadura longitudinal;
- número de barras por camada;
- Etc.

A figura abaixo ilustra algumas variáveis envolvidas no problema:



São definidas as variáveis:

- $A_{sn}$ : área necessária de armadura que deve chegar no apoio;
- $A_{se}$ : área efetiva de armadura que chega no apoio;
- $b_p$ : largura do apoio;
- $b_w$ : largura da viga;
- $h$ : altura da viga;
- $c_{ob}$ : cobrimento da armadura;
- $b_e$ : largura efetiva do pilar;
- $V_d$ : força cortante de cálculo;
- $l_b$ : comprimento de ancoragem para armadura longitudinal;
- $\Phi$ : diâmetro da barra longitudinal;
- $\Phi_g$ : diâmetro da barra do grampo;
- $\Phi_{ep}$ : diâmetro da barra do estribo do pilar, adotado como 6 mm;

$T_H$  : comprimento horizontal da barra longitudinal a partir da face do pilar;

$T_V$ : comprimento vertical do gancho a 90°;

$CL$ : comprimento longitudinal do grampo;

$CT$ : comprimento transversal do grampo.

Variáveis para decisão do caso de ancoragem a ser considerado:

$A_{se}$  = área efetiva de armadura que chega até a face do apoio após o corte das barras sobre o diagrama de momentos decalado.

$$R \phi = r + 5.5 * \phi$$

Sendo:

$$r = 2.5 * \phi \text{ para } \phi < 20 \text{ mm}$$

$$r = 4.0 * \phi \text{ para } \phi \geq 20 \text{ mm}$$

$$R \phi \geq 6 \text{ cm}$$

$$b_e = b_p - c_{ob} - \phi_{ep}$$

$$l_{be} = l_b * A_{sn} / A_{se}$$

$$l_{beg} = 0.7 * l_{be}$$

Sendo:

$$l_{be} \geq l_b / 3. \quad l_{beg} \geq l_b / 3.$$

$$l_{be} \geq 10 * \phi \quad l_{beg} \geq 10 * \phi$$

$$l_{be} \geq 10 \text{ cm} \quad l_{beg} \geq 10 \text{ cm}$$

O valor de  $l_{be}$  é calculado separadamente para as barras pertencentes a primeira camada, primeira e segunda camadas e número de barras necessárias para atender a área de armadura que deve chegar ao apoio  $A_{sn}$ .

Em função do valor da largura efetiva do apoio ( $b_e$ ), a armadura efetiva que chega no apoio ( $A_{se}$ ), diâmetro da armadura ( $\phi$ ) etc, diversos métodos podem ser empregados para a devida ancoragem das armaduras longitudinais nos apoios extremos. Diversos tipos de ancoragem são tratados pelo sistema:

apenas de barras retas (com uma ou mais camadas);

ganchos nas extremidades com barras apenas da primeira camada;

ganchos nas extremidades com barras das duas primeiras camadas;

apenas com grampos longitudinais;

ancoragem mista com grampos longitudinais e ganchos nas barras extremas da primeira camada.

Como temos inúmeras variáveis que governam estes casos de ancoragem das barras longitudinais nos apoios extremos, a solução para ancoragem das barras não é única, diversas soluções são possíveis para o atendimento a esta questão de ancoragem. Os principais casos serão descritos a seguir.

## Caso 1: $b_e > l_{be}$

As barras longitudinais são ancoradas com:

$$T_H = l_{be}$$

$$T_V = 0$$

A estes valores calculados, são realizadas correções adicionais para:

correção do critério K74, comprimento mínimo =  $40 * \phi$ ;

correção do número de diâmetros impostos como mínimo;

comprimentos verticais mínimos;

comprimentos verticais padrões.

## Caso 2: $l_{beg} \leq b_e < l_{be}$ e $R\phi \leq b_e$

As barras longitudinais são ancoradas com trecho reto e vertical:

$$TH = b_e$$

$$TV = 13 \cdot \phi$$

A estes valores calculados, são realizadas correções adicionais para:

correção do critério K74, comprimento mínimo =  $40 \cdot \phi$ ;

correção do número de diâmetros impostos como mínimo;

comprimentos verticais mínimos;

comprimentos verticais padrões.

Correção para ancoragem em mais de uma camada

## Caso 3: $R\phi \leq b_e < l_{beg}$

A ancoragem será realizada pelas barras longitudinais e grampos. As barras longitudinais são ancoradas com:

$$TH = b_e - \phi_g$$

$$TV = 13 \cdot \phi$$

A estes valores calculados, são realizadas correções adicionais para:

comprimentos verticais mínimos;

comprimentos verticais padrões;

correção para colocação de grampos, critério K48.

Os grampos são calculados e detalhados como abaixo. Fazendo:

$l_{bg}$  = comprimento de ancoragem do grampo;

$A_{sg}$  = área necessária de grampos.

Calculamos:

$$A_{sg} = A_{sn} - A_{se} \cdot (b_e / l_{beg})$$

Em função da largura efetiva do pilar, a área total necessária para os grampos deve ser acrescida, e, portanto, sua tensão reduzida, para que o comprimento de ancoragem do grampo seja inferior ao comprimento da largura do pilar. A seguinte correção pode ser realizada em função do critério de projeto K89:

$$A_{sg} = A_{sg} \cdot l_{bg} / ((b_e - \phi_g) + 10 \cdot \phi_g)$$

O comprimento longitudinal do grampo é adotado como sendo:  $95 \cdot \phi_g$  ou  $l_{bg}$  dependendo do critério K89 adotado.

O comprimento transversal do grampo depende do número de ramos:

2 ramos de estribos  $\rightarrow b_w - 2 \cdot c_{ob} - 1$ .

4 ramos de estribos  $\rightarrow 2/3 \cdot (b_w - 2 \cdot c_{ob} - 1)$

6 ramos de estribos  $\rightarrow 3/5 \cdot (b_w - 2 \cdot c_{ob} - 1)$

A escolha do número de grampos e a bitola, a partir de  $A_{sg}$  e do número de ramos de grampos é realizada para a 2a, 3a e 4a bitola da armadura de flexão do arquivo de critérios definido para o projeto. A escolha é feita para a 2a bitola se o número de grampos for 1 ou 2; para a 3a bitola se o número de grampos for 1, 2, 3 ou 4 e para a 4a bitola nos demais casos.

Quando o número de camadas de grampos ultrapassa o número 5, este valor é adotado como máximo e os estribos são detalhados com comprimento transversal reduzido e um número maior de grampos por camada de tal forma que a área necessária total para os grampos seja atendida.

## Caso 4: $b_e < R\phi$

A ancoragem será realizada exclusivamente pelos grampos. As barras longitudinais apenas da primeira camada são ancoradas com ganchos com os valores abaixo:

$$TH = bp - \phi g$$

$$TV = 13. * \phi$$

$$Asg = Asn$$

A estes valores calculados, são realizadas correções adicionais para:

comprimentos verticais mínimos

comprimentos verticais padrões

A correção da área necessária de grampos em função da largura efetiva do pilar e o detalhamento do número de grampos e comprimentos transversal e longitudinal seguem os mesmos procedimentos já expostos acima.