Critério K4

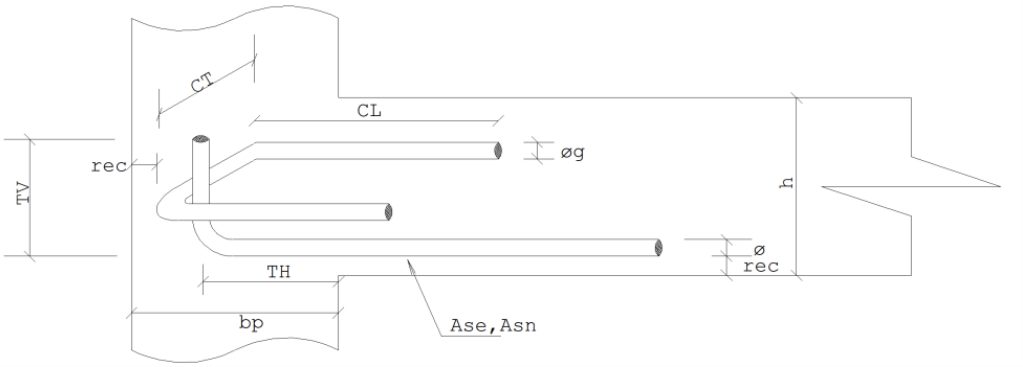
Critério de ancoragem de armadura positiva em apoios extremos (K4=1)

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;
cob: cobrimento da armadura;
b_e: largura efetiva do pilar;
V_d: força cortante de cálculo;
l_b: comprimento de ancoragem para armadura longitudinal;
ϕ : diâmetro da barra longitudinal;
ϕ_g: diâmetro da barra do grampo;
ϕ_{ep}: diâmetro da barra do estribo do pilar, adotado como 6 mm;

TH : comprimento horizontal da barra longitudinal a partir da face do pilar;
TV: 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 ϕ = r + 5.5 * ϕ
Sendo:

r = 2.5 * ϕ para ϕ < 20 mm

r = 4.0 * ϕ para ϕ >=20 mm

R ϕ >= 6 cm

be = bp - cob - ϕ ep
lbe = lb * Asn / Ase
lbeg = 0.7 *lbe
Sendo:

lbe ≥ lb / 3. lbeg ≥ lb / 3.

lbe ≥ 10 * ϕ lbeg ≥ 10 * ϕ

lbe ≥ 10 cm lbeg ≥ 10 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 (ϕ) 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:

TH = lbe
TV = 0
A estes valores calculados, são realizadas correções adicionais para:

correção do critério K74, comprimento mínimo=40*ϕ;
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 = be
TV = 13. * ϕ
A estes valores calculados, são realizadas correções adicionais para:

correção do critério K74, comprimento mínimo=40*ϕ;
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 = be - ϕg
TV = 13.* ϕ
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:

Asg = Asn - Ase * (be / lbeg)

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:

Asg = Asg * lbg / ((be - ϕg) + 10 * ϕg)

O comprimento longitudinal do grampo é adotado como sendo: 95 * ϕg ou lbg dependendo do critério K89 adotado.

O comprimento transversal do grampo depende do número de ramos:

2 ramos de estribos → bw – 2. * cob – 1.
4 ramos de estribos → 2./3. * (bw – 2. * cob – 1.)
6 ramos de estribos → 3./5. * (bw – 2. * cob – 1.)
A escolha do número de grampos e a bitola, a partir de Asg 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 - ϕg
TV = 13. * ϕ
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.