

ARMADURAS DE FRETAGEM EM LAJES PROTENDIDAS COM MONOCORDOALHAS ENGRAXADAS

Jeisson Kalinoski Joly¹

¹ Engenheiro Civil; jeissonkjoly@gmail.com

Resumo

Em lajes protendidas com monocordoalhas engraxadas existem tensões nas regiões das ancoragens proveniente da força de protensão, originando esforços de tração no concreto.

As ancoragens têm por função transmitir permanentemente a força da protensão ao concreto, desta forma o estudo das ancoragens é de extrema importância.

A força aplicada no cabo de protensão nas ancoragens têm o funcionamento básico de um bloco parcialmente carregado, e será mostrado neste trabalho o comportamento do concreto nesta região, devido a diferentes tipos de disposições de ancoragens.

Será mostrado também processo de cálculo da armadura para combater a esses esforços, recomendando de maneira adequada a execução destas armaduras na região.

Palavras-chaves: Concreto protendido, lajes protendidas, fretagem, ancoragem.

Abstract

In prestressed slabs with greased monocordels there are tensions in the regions of the anchorages coming from the protension force, causing tensile stresses in the concrete.

The anchorages have the function of permanently transmitting the force of the protension to the concrete, in this way the study of the anchorages is of extreme importance.

The force applied on the protrusion cable in the anchors has the basic operation of a partially loaded block, and will be shown in this work the behavior of the concrete in this region due to different types of anchorage arrangements.

It will also be shown the process of calculating the reinforcement to combat these efforts, recommending in an appropriate manner the execution of these reinforcements in the region.

Key words: Prestressed concrete, prestressed slabs, freight, anchorage.

Introdução

O concreto protendido surgiu para combater fissuração e deformação em elementos estruturais, constituída de armaduras ativas de fios ou cordoalhas. Para armaduras ativas de cordoalha engraxadas, os elementos não têm aderência entre as cordoalhas e o concreto, e a ligação é feita através das ancoragens.

Região de Tensão nas Ancoragens

As ancoragens têm como finalidade mecânica manter o estado de tensão transferindo permanentemente a força de protensão ao concreto.

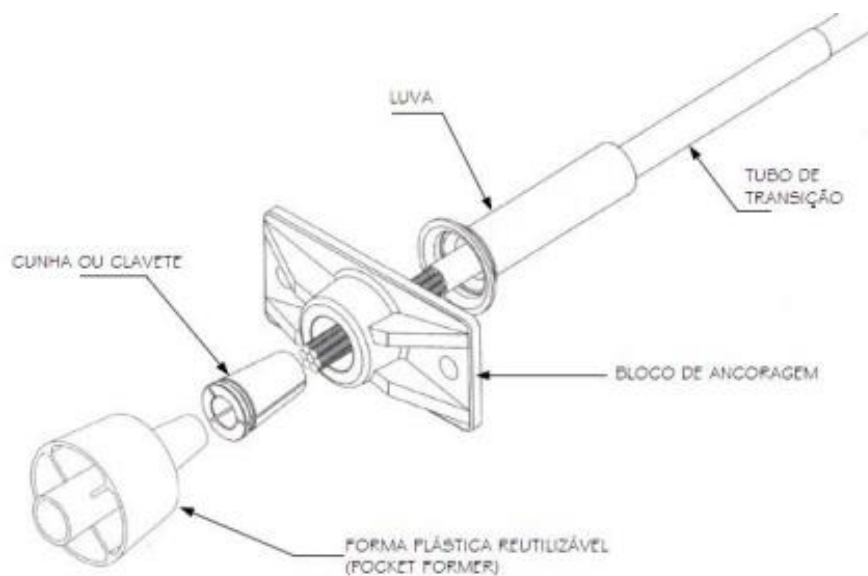


Figura 1 – Detalhe dos elementos da ancoragem ativa

Nas extremidades das peças onde ocorre tensão na ancoragem com o concreto se distingue duas regiões apresentadas por Walter Pfeil (1984), região de introdução de tensões situada no entorno do ponto de aplicação da carga, e região de regularização, compreendendo um certo comprimento da peça, no qual as tensões se difundem e tendem para uma distribuição segundo os diagramas lineares das Resistências dos Materiais.

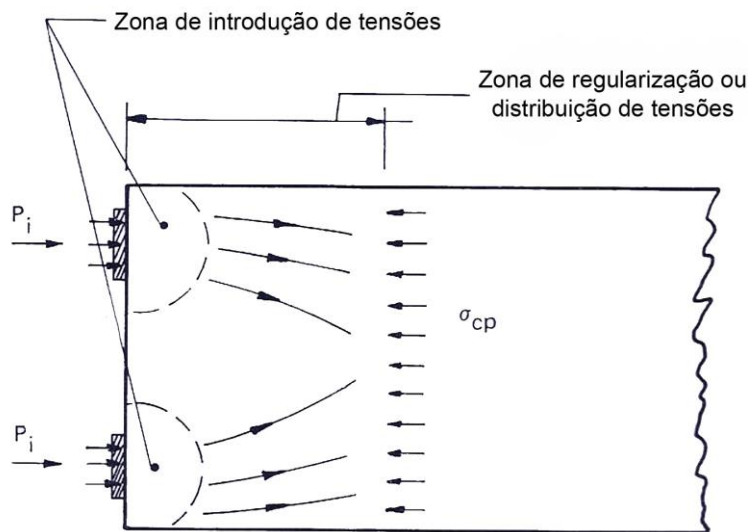


Figura 2 – Zonas de introdução e de regularização de tensões, nas cargas concentradas. (PFEIL,WALTER,1984).

PFEIL,WALTER,(1984) define:

Para efeito de análise convencional de tensões, um cabo de protensão só atua, efetivamente, em toda a seção, além do comprimento da região de regularização de tensões. Nas análises de projeto, entretanto, é usual considerar os cabos efetivos a partir da respectiva seção de ancoragem.

A NBR 6118 (ABNT, 2014) apresenta que para elementos pós-tracionados, a difusão da força ocorra a partir das ancoragens, com um ângulo β de abertura, tal que $\text{tg } \beta = 2/3$, como na imagem da figura 3.

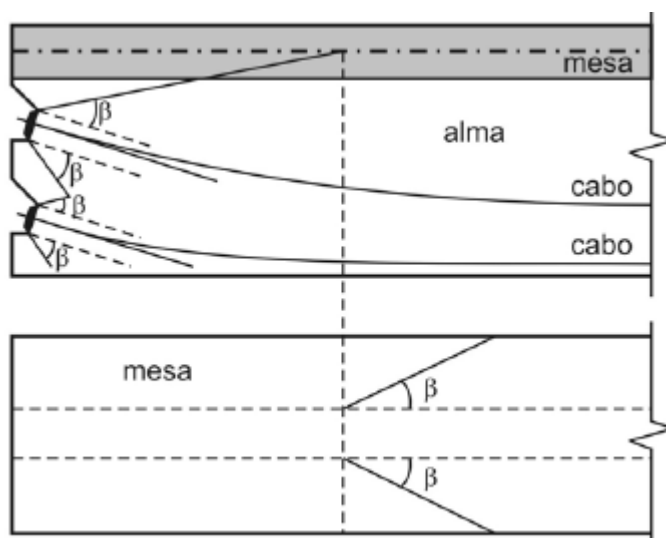


Figura 3 – Introdução da protensão (NBR 6118, 2014).

Ancoragens Centradas

Na região próxima as ancoragens se distingue a região de regularização de tensões, conforme apresentado pelo Fusco (1995), onde as ancoragens de cabos de protensão centradas em relação á peça de concreto têm o funcionamento básico de um bloco parcialmente carregado.

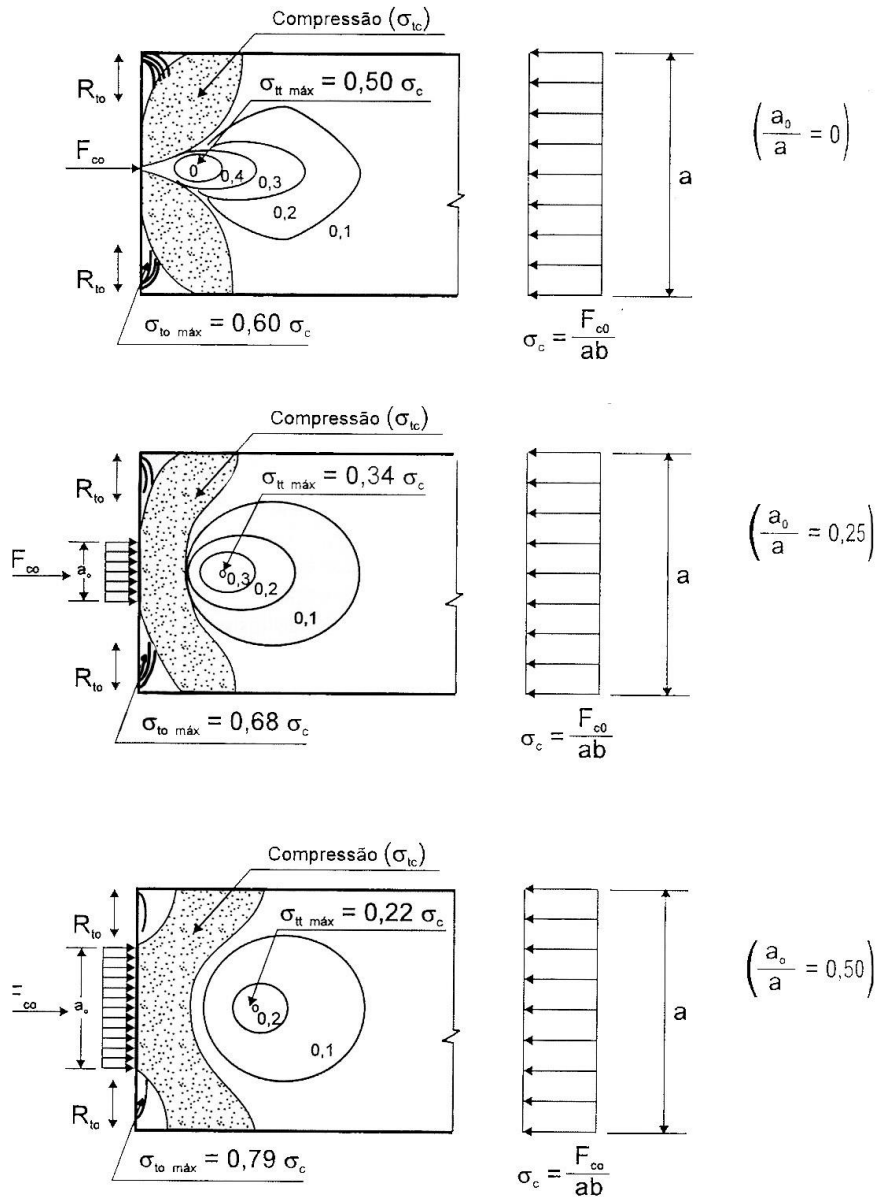


Figura 4 – Tensões de tração na região das ancoragens. (FUSCO,2013)

Existem, portanto, tensões de trações na zona de regularização devido as tensões de fendilhamento e também na superfície da peça onde pode ocorrer fissuração superficial havendo necessidade de armadura superficial de fretagem.

Para as armaduras das ancoragens centradas de uma única carga conforme Fusco (1995) apresenta indicações de armaduras transversais contra o fendilhamento longitudinal e armaduras contra fissuração superficial.

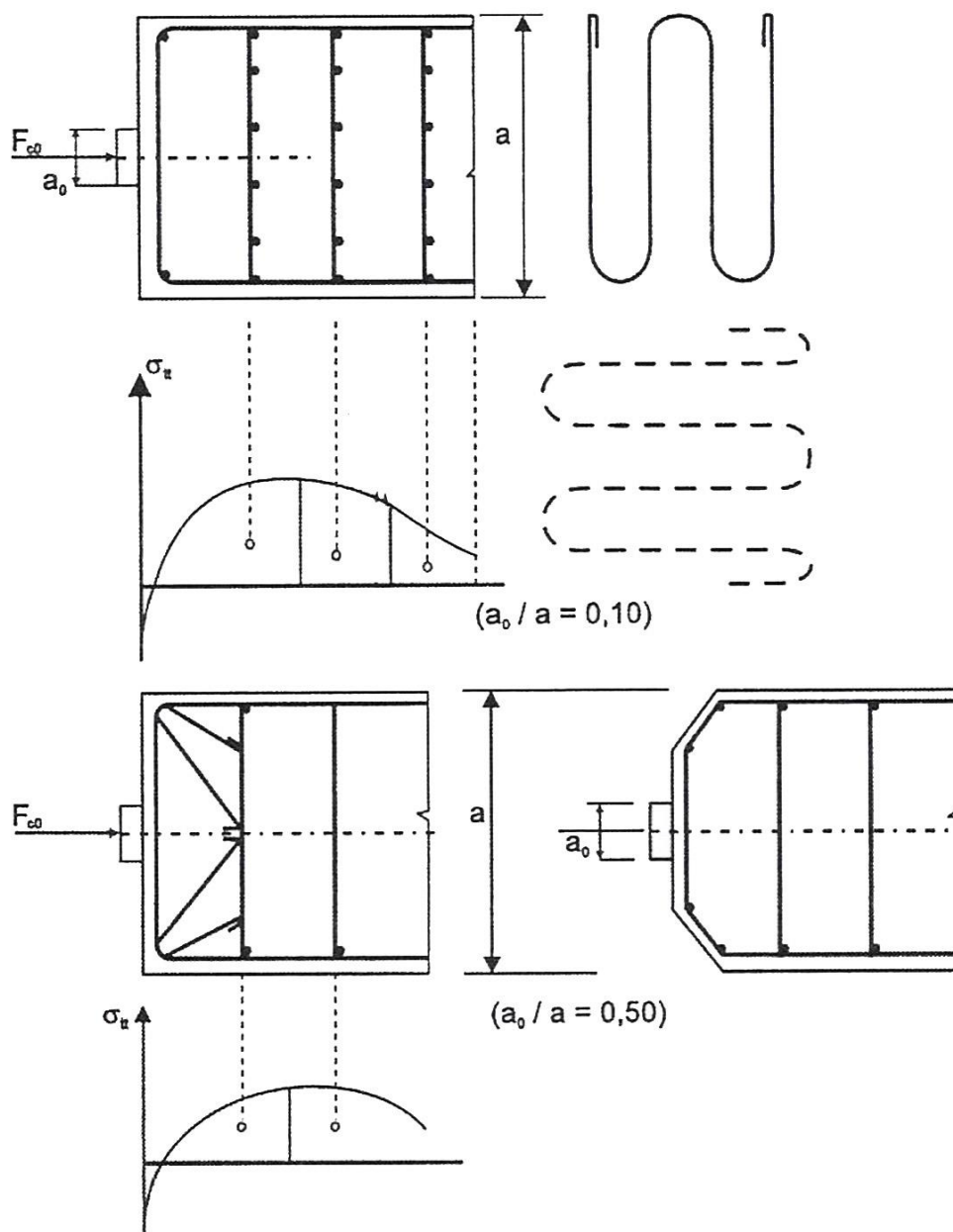


Figura 5 – Arranjo de armaduras das ancoragens centradas. (FUSCO,2013)

Ancoragens Excêntricas

Fusco também analisou ancoragens excêntricas funcionando como bloco carregado por uma única força, sendo aplicada excêntricamente em relação ao eixo da peça, adotando um esquema simplificado de bloco simétrico equivalente conforme a figura 5.

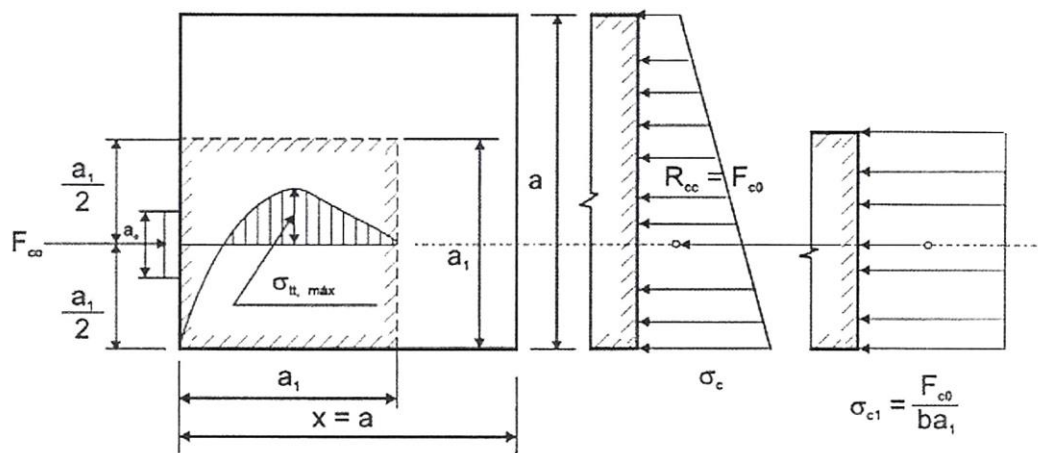


Figura 6 – Ancoragens Excêntricas. (FUSCO,2013)

Devido ao carregamento excêntrico, o diagrama de tensões σ_o não será uniforme concentrando as tensões próximo ao F_{c0} , resultando em um menor efeito de distribuição transversal e menores esforços transversais de tração.

Comparando com blocos de carregamento centrados, os carregamentos excêntricos demonstram zonas a fissuração superficial (σ_{to}) maiores, figura 7.

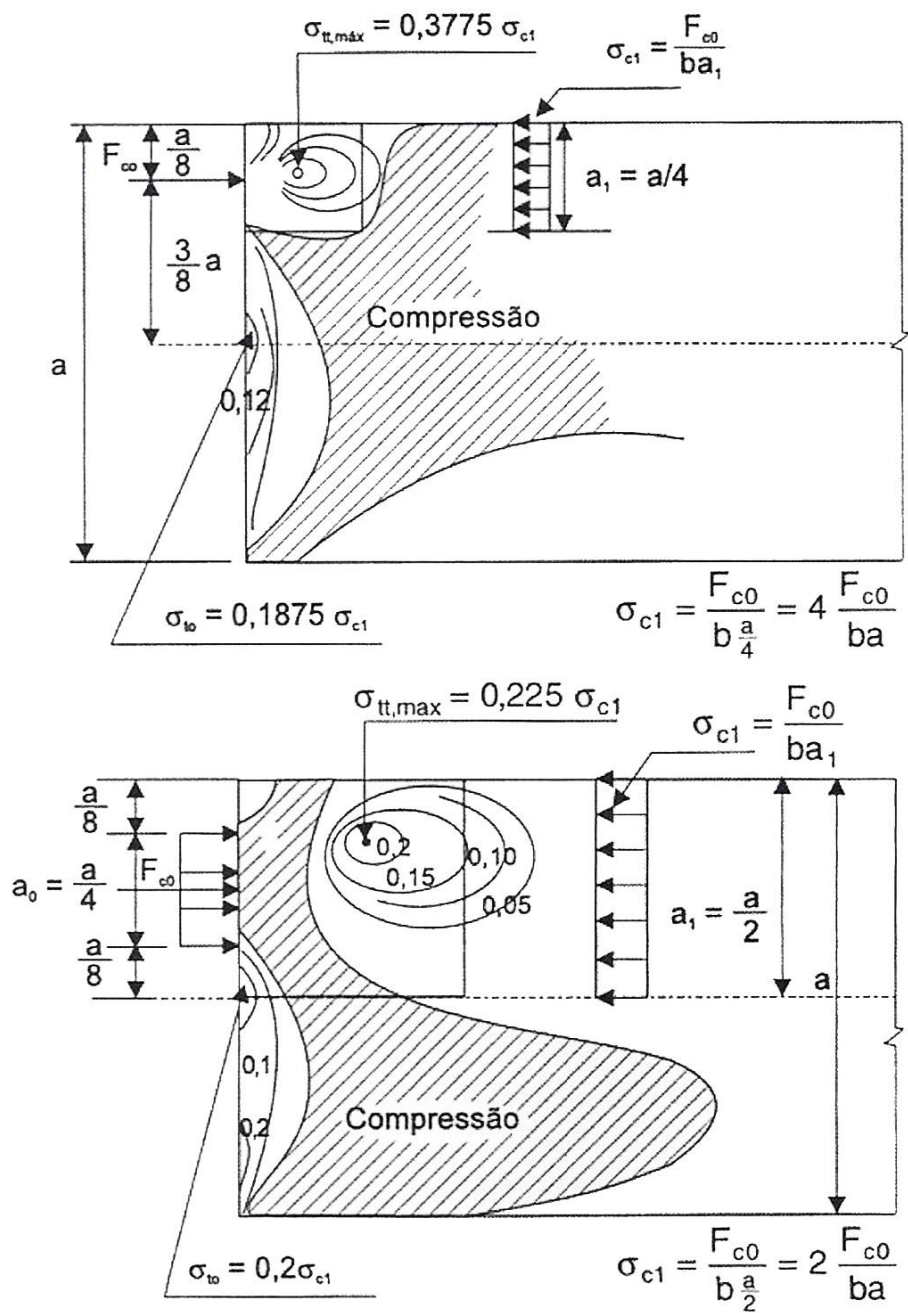


Figura 7 – Ancoragens Excêntricas. (FUSCO,2013)

Ancoragens Múltiplas

Neste caso o bloco é submetido a várias cargas distribuídas e aplicando o mesmo conceito de bloco simétrico equivalente. Sendo assim a resultante das tensões σ_c já regularizadas é dividido em partes de modo que sejam iguais as forças externas, figura 8.

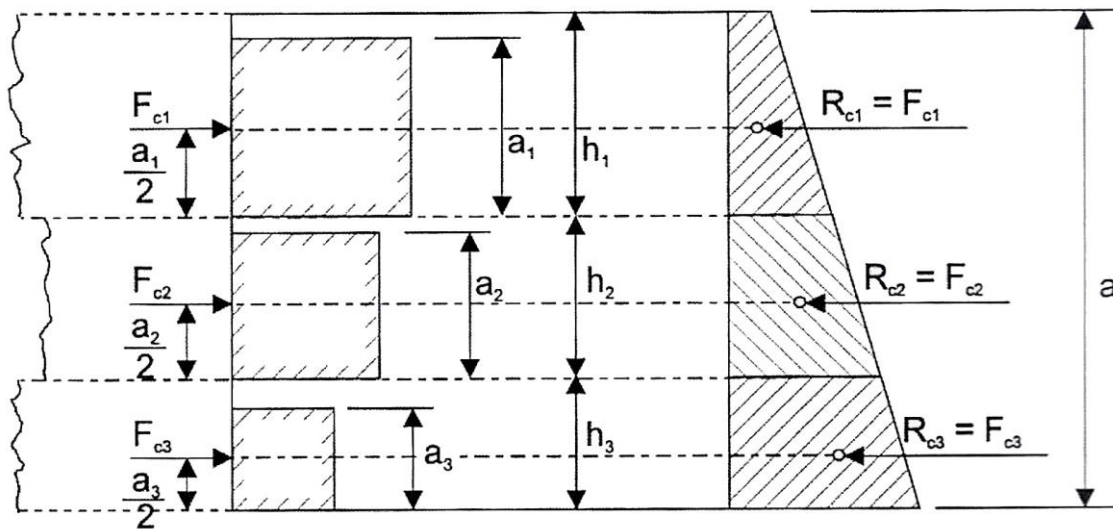


Figura 8 – Ancoragens Múltiplas. (FUSCO,2013)

Para a situação de equilíbrio ser atendida as forças externas F_{c1} , F_{c2} e F_{c3} devem estar alinhadas com as resultantes R_{c1} , R_{c2} e R_{c3} , podendo subdividir a altura total a em blocos parciais, conforme apresentado por (Fusco, 1995), aplicando a regra do bloco simétrico equivalente.

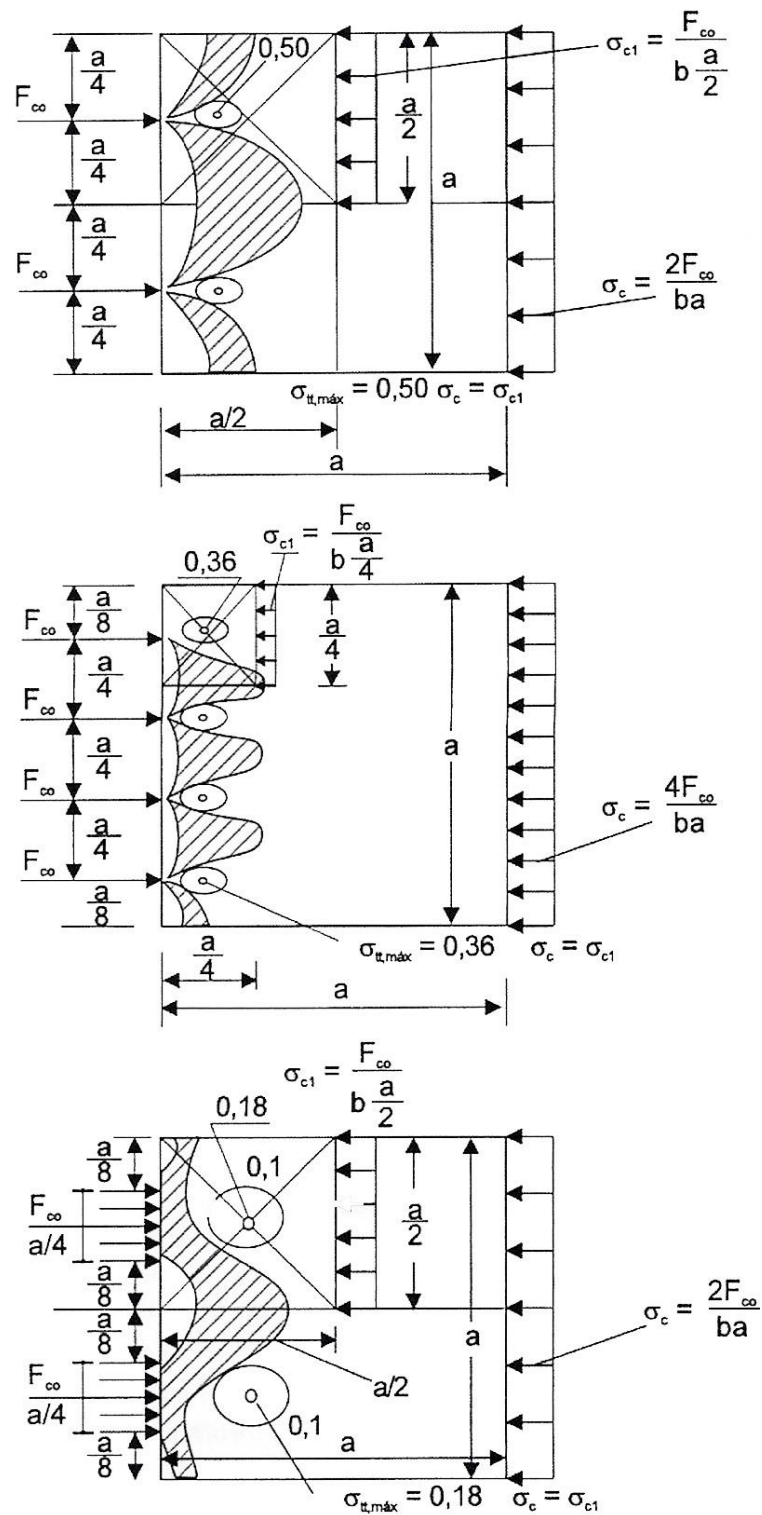


Figura 9 – Ancoragens Múltiplas equilibradas. (FUSCO,2013)

Por existir somente tensões transversais de tração correspondentes a fissuração superficial da peça e ao fendilhamento, o comprimento da zona de perturbação ficará reduzido ao comprimento do maior bloco simétrico.

Se não existir distribuição equilibrada das cargas externas, não é válido a consideração dos blocos simétricos equivalentes. Surgem além dos esforços de tração que produzem a fissuração superficial e o fendilhamento dos blocos outros esforços transversais de tração. Esses esforços decorrem dos desvios no fluxo de tensões, para que haja equilíbrio consequente das forças externas não estarem alinhadas com as tensões resultantes.

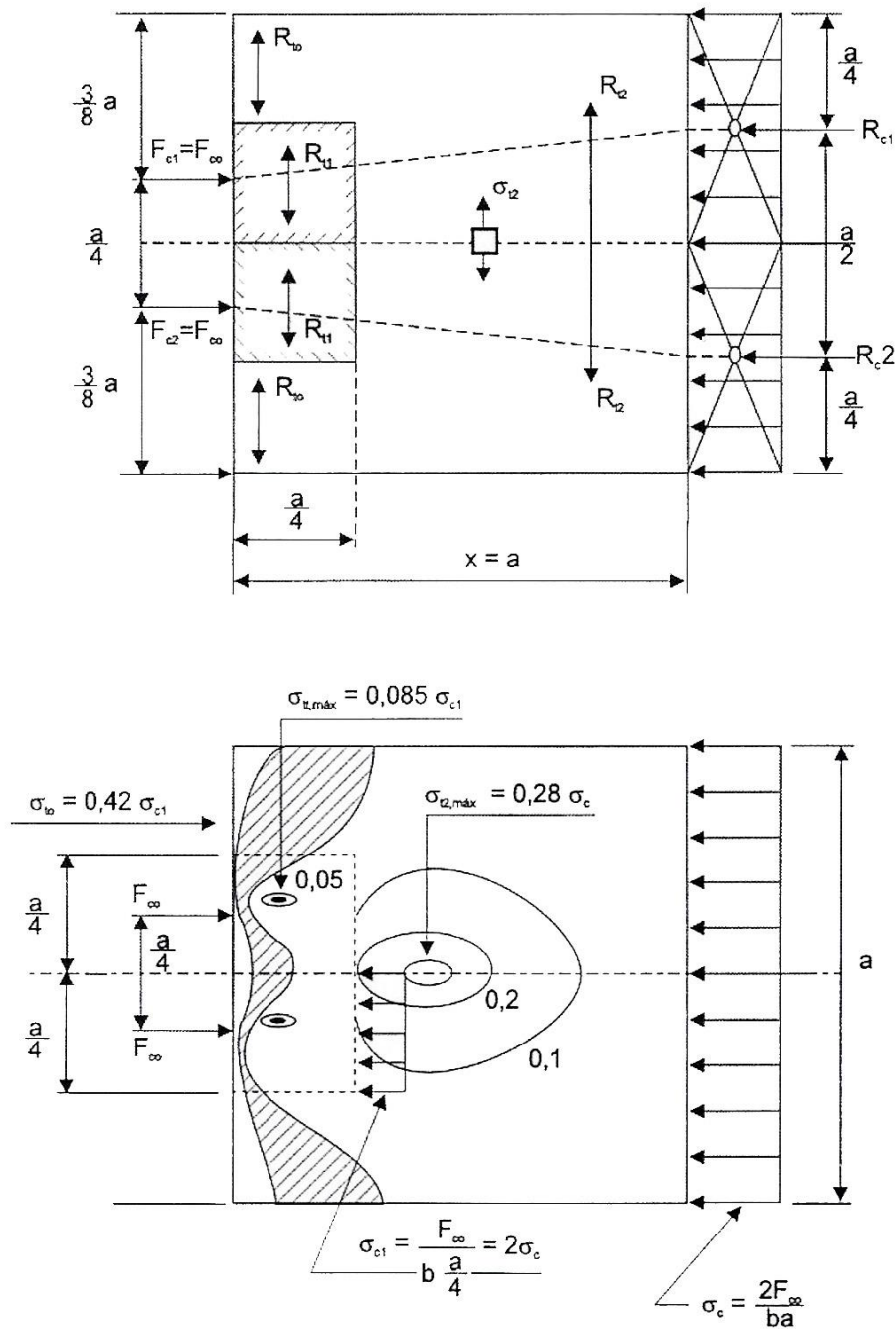


Figura 10 – Ancoragens Múltiplas não equilibradas. (FUSCO,2013)

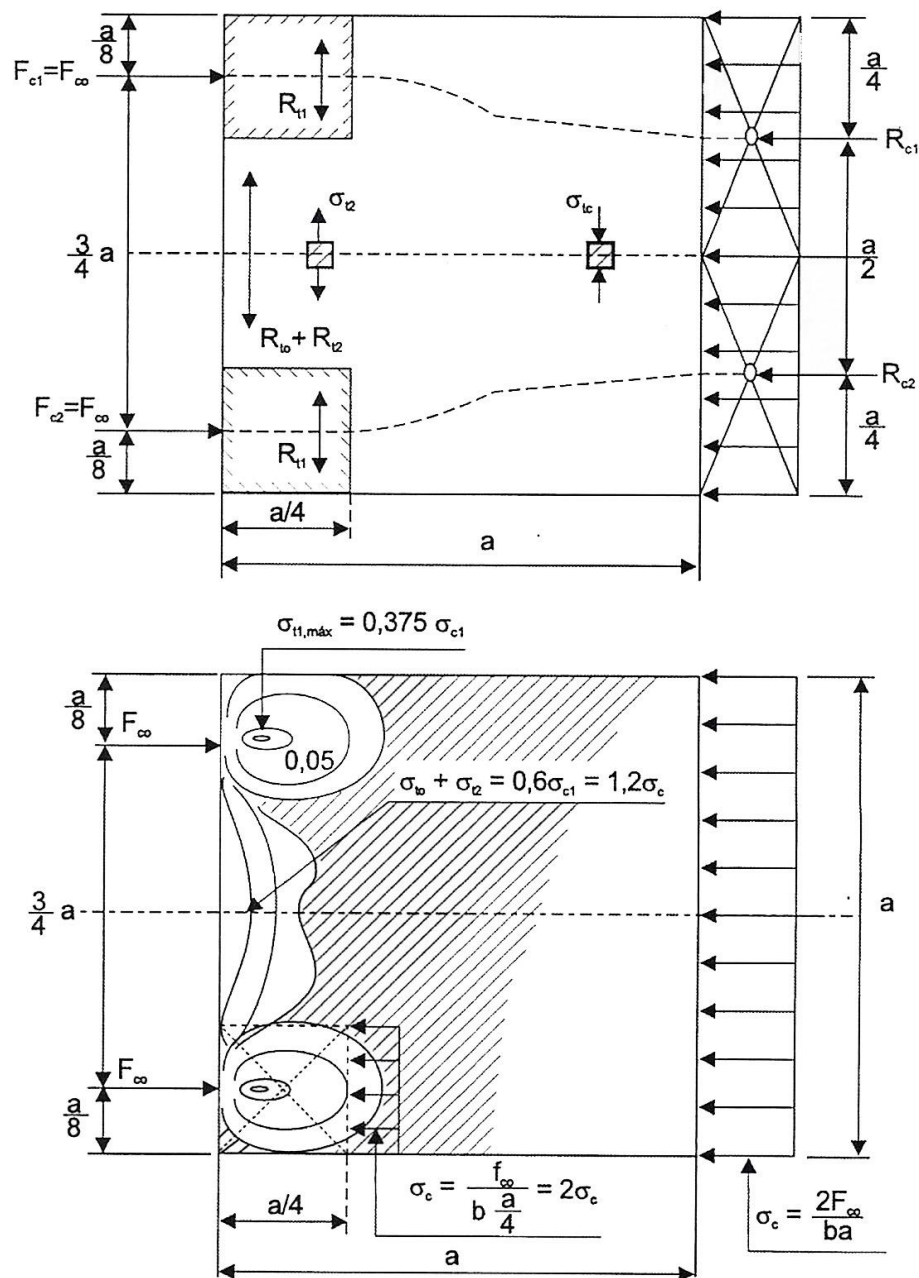


Figura 11 – Ancoragens Múltiplas não equilibradas. (FUSCO,2013)

Na figura 11 observa-se que surge uma tensão σ_{t2} com tendência a fendilhamento no interior da peça. A zona de tendência à fissuração superficial fica subdividida em três regiões.

FUSCO,(2013) define:

O equilíbrio leva a nova de tração transversal para a periferia da peça, a qual engloba a região de fissuração superficial entre as duas cargas aplicadas. Nesse caso, Leonhardt sugere que o bloco seja considerado como uma viga parede situada no plano de difusão dos esforços.

Leonhardt (1973) calcula a força de tração T provocada pela força da protensão introduzida no concreto:

$$T = 0,25 P \left(1 - \frac{h_b}{h}\right) \quad (1.1)$$

Onde:

T é a força de tração;

P é a força de protensão;

h_b é a altura da placa de ancoragem;

h é a altura da laje;

Resultante da força de tração na periferia da peça:

$$R = 0,04 P \quad (1.2)$$

Área de aço para resistir aos esforços de tração na peça:

$$A_s = \frac{T}{0,5 f_{yd}} \quad (1.3)$$

A_s é a área de aço necessária;

f_{yd} é a resistência de projeto ao escoamento do aço de armadura passiva;

As tensões no concreto devido as ancoragens não devem ultrapassar os limites:

- Em serviço

$$f_{cp} = 0,6 f_{ck} \sqrt{\frac{A'b}{Ab}} \leq 1,25 f_{ck} \quad (1.4)$$

- Ato da protensão

$$f_{cp} = 0,8 f_{ckj} \sqrt{\frac{A'b}{Ab}} - 0,2 \leq 1,25 f_{ckj} \quad (1.5)$$

f_{cp} é a tensão máxima de compressão no concreto;

f_{ck} e f_{ckj} são as resistências características do concreto a compressão em serviço e no ato da protensão;

Ab é a área da placa e ancoragem;

$A'b$ é a área ampliada da placa de ancoragem;

Aplicação.

Em uma laje com espessura de 20 cm composta por cordoalhas engraxadas CP190RB ϕ 12,7 mm , fazer as verificações das regiões de introdução de protensão.

$P_i = 150$ KN força inicial no ato da protensão (apenas com perdas iniciais);

$P_{\infty} = 120$ KN força efetiva em serviço (após todas as perdas);

Placas de ancoragem 7cm x 13cm (dimensões do catalogo da Rudloff);

-Verificação tensões no concreto devido as placas de ancoragem.

No ato da protensão:

$$f_{cp} = 0,8 f_{ckj} \sqrt{\frac{A'b}{Ab}} - 0,2$$

$$f_{cp} = 0,8 f_{ckj} \sqrt{\frac{(7 \times 13)}{(7 \times 13)}} - 0,2$$

$$f_{cp} = 0,72 f_{ckj}$$

$$\frac{150}{7 \times 13} = 0,72 f_{ckj}$$

$$f_{ckj} \geq 2,29 \frac{KN}{cm^2} \cong 22,9 MPa$$

Em serviço:

$$f_{cp} = 0,6 f_{ck} \sqrt{\frac{7 \times 13}{7 \times 13}}$$

$$f_{cp} = 0,6 f_{ck}$$

$$\frac{120}{7 \times 13} = 0,6 f_{ck}$$

$$f_{ck} \geq 2,20 \frac{KN}{cm^2} \cong 22 MPa$$

-Determinar área de aço da armadura de fretagem.

Força de tração

$$T = 0,25 P \left(1 - \frac{h_b}{h}\right)$$

$$T = 0,25 \times 150 \times \left(1 - \frac{13}{20}\right)$$

$$T = 13,1 \text{ KN}$$

Área de aço para tração devido ao fendilhamento

$$A_s = \frac{T}{0,5 f_{yd}}$$

$$A_s = \frac{13,1}{0,5 \times 43,48}$$

$$A_s = 0,6 \text{ cm}^2$$

Resultante da força de tração na periferia da peça

$$R = 0,04 P$$

$$R = 0,04 \times 150$$

$$R = 6 \text{ KN}$$

Área de aço para tração na periferia da peça

$$A_s = \frac{R}{0,5 f_{yd}}$$

$$A_s = \frac{6}{0,5 \times 43,48}$$

$$A_s = 0,28 \text{ cm}^2$$

Em lajes com monocordoalhas engraxadas Emerick (2005), recomenda armaduras de mínimas para armaduras de fretagem:

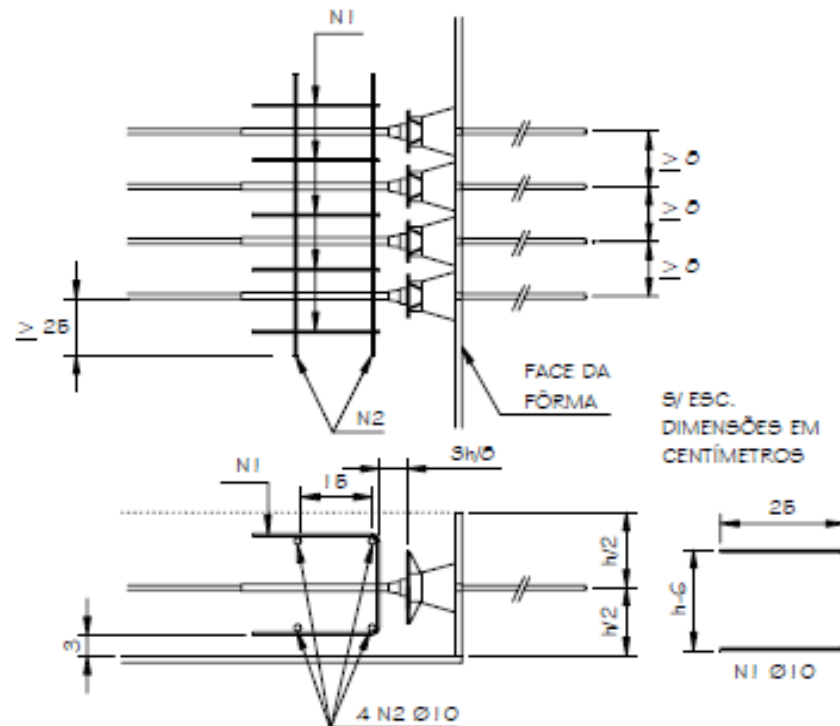


Figura 12 – Fretagem para feixes de cabos – ancoragem ativa – sistema com monocordoalhas engraxadas. (EMERICK,2005)

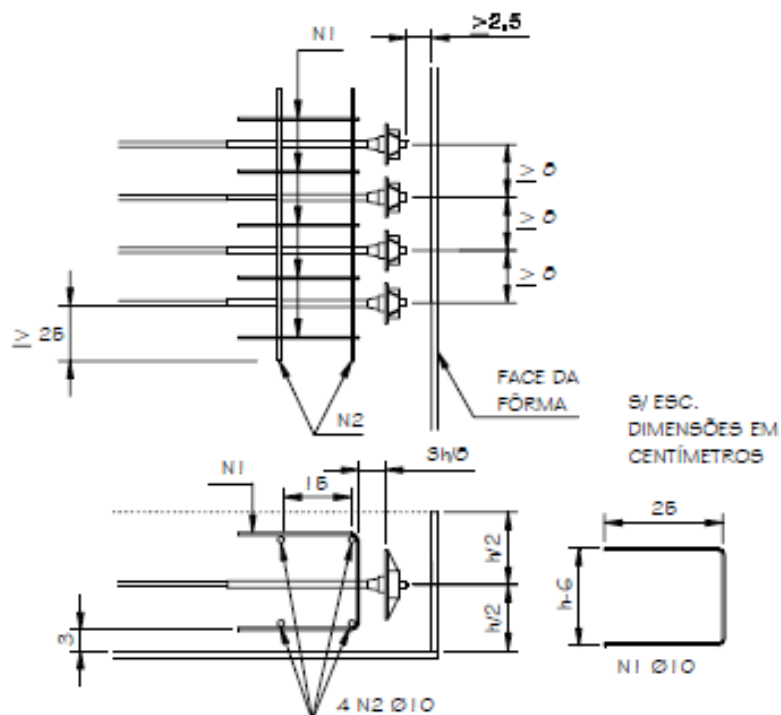


Figura 13 – Fretagem para feixes de cabos – ancoragem passiva – sistema com monocordoalhas engraxadas. (EMERICK,2005)

Referências

FUSCO, Péricles Brasiliense . Técnica de Armar as Estruturas de Concreto. 2. ed. [S.l.]: Pini, 2013. 396 p.

PFEIL, Walter. Concreto Protendido: Introdução. 1. ed. [S.l.]: S.A, 1984. 200 p. v. 1.

EMERICK, Alexandre A. Projeto E Execução De Lajes Protendidas . 1. ed. [S.l.]: Interciência, 2005. 208 p. v. 1.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 6118:2003 “Projeto de Estruturas de Concreto – Procedimento”.

LEONHARDT, Fritz . Construções de concreto: Casos especiais de dimensionamento de estruturas de concreto armado . [S.l.]: Editora Interciencia, 1973. 162 p. v. 2.

Catálogo da Rudloff, Link para download:

http://www.rudloff.com.br/downloads/catalogo_concreto_protendido_rev-06.pdf