

Projeto de bases de pilares

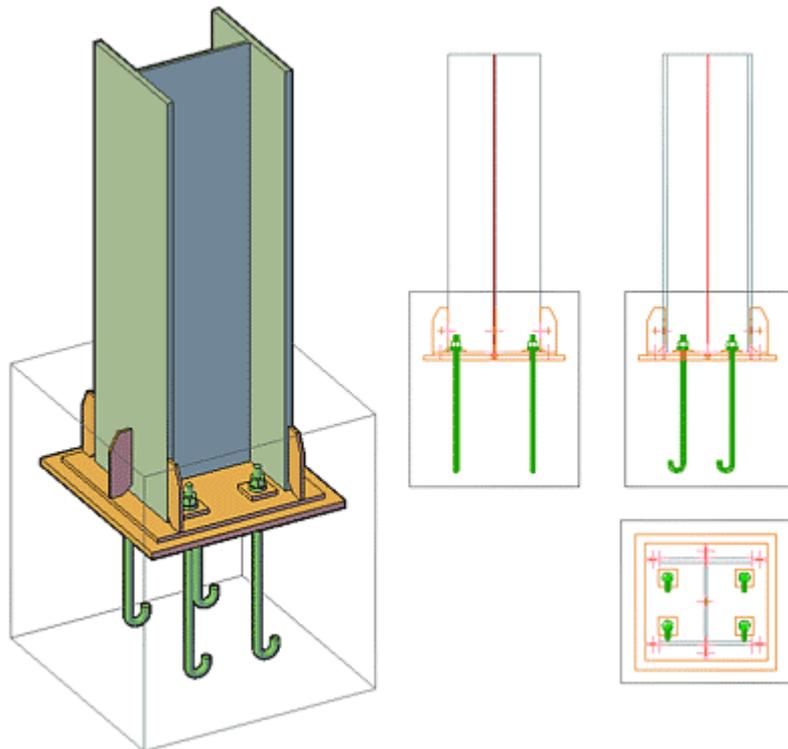
Curso de Projeto e Cálculo de Estruturas metálicas

PARTE 1

INTRODUÇÃO

Curso de Projeto e Cálculo de Estruturas metálicas

São as ligações de interface entre o concreto e o aço



NBR8800 não trata sobre o assunto

6.8 Bases de pilares

Informações para o projeto e o cálculo de bases de pilares podem ser obtidas em S.2. Quando aplicável, a ancoragem dos chumbadores no bloco de concreto deve obedecer às prescrições da ABNT NBR 6118.

S.2 Texto de interesse de 6.8

Fisher, J. M. & Klaiber, L. A. (2006). Base plate and anchor rod design. Steel Design Guide 1, 2a. edição, American Institute of Steel Construction, Chicago.

Mas faz referência a um famoso manual da AISC

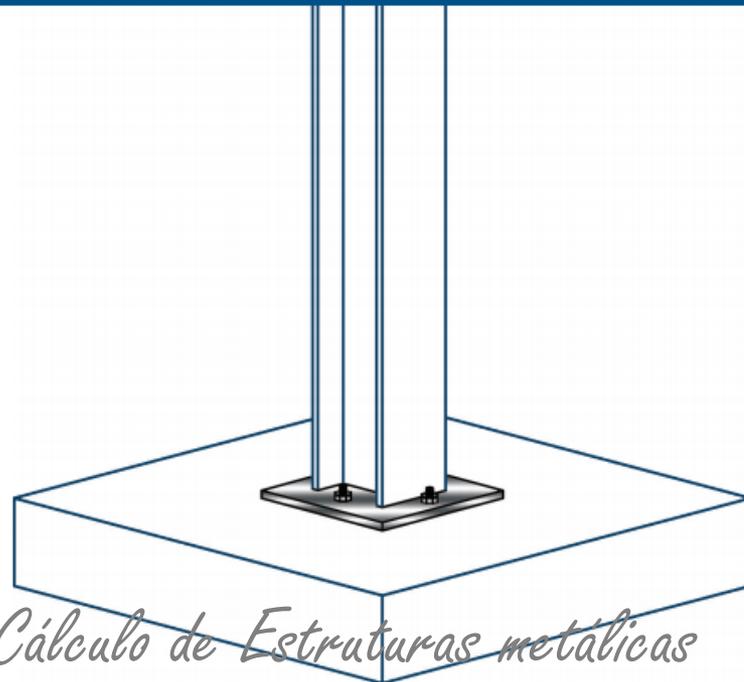
Curso de Projeto e Cálculo de Estruturas metálicas



Steel Design Guide

Base Plate and Anchor Rod Design

Second Edition



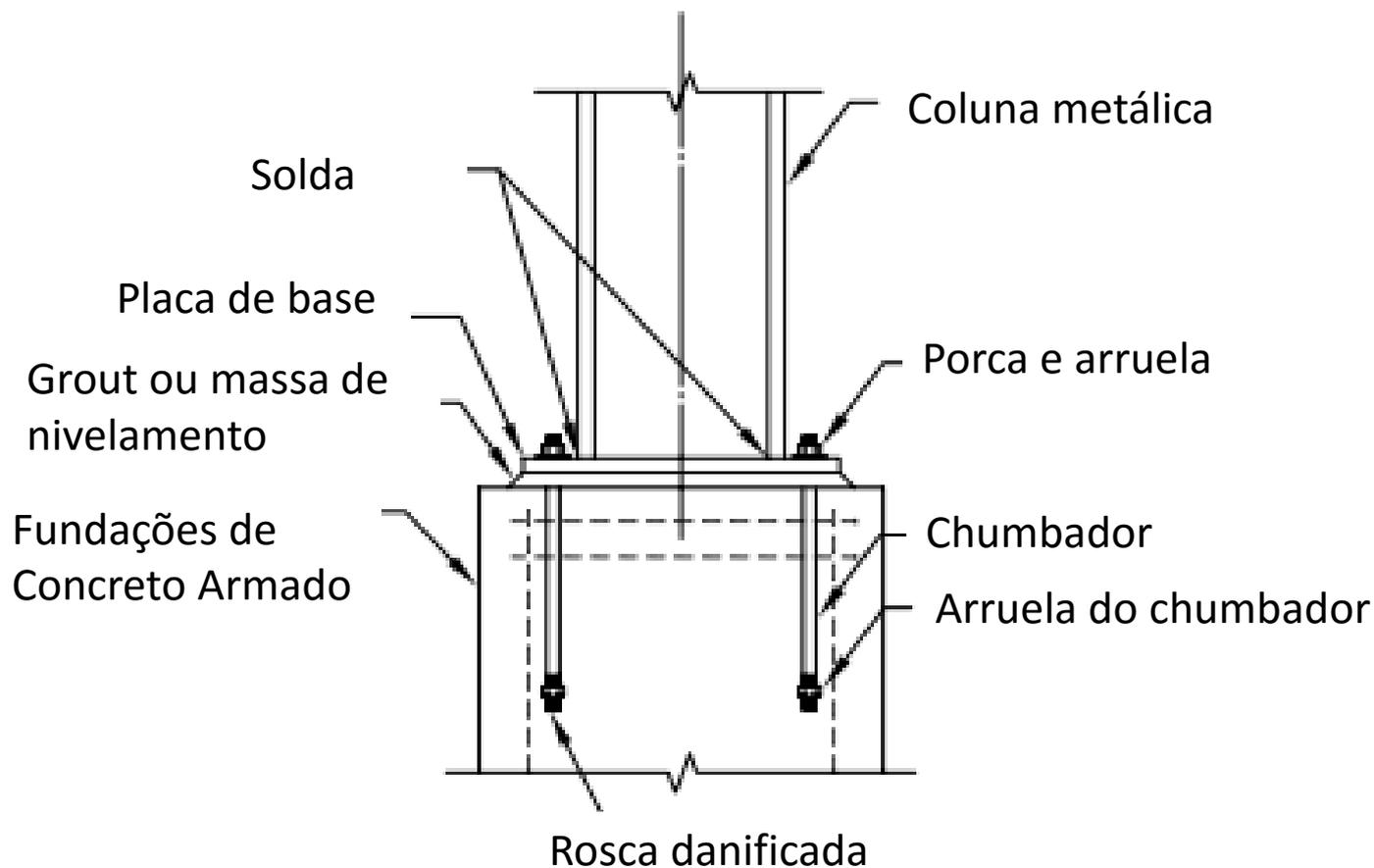
Curso de Projeto e Cálculo de Estruturas metálicas

Podem ser classificadas em três tipos

- ✓ **Bases para cargas axiais concêntricas**
- ✓ **Bases para pequenos momentos fletores**
- ✓ **Bases para grandes momentos fletores**

Além de também ser necessário, por vezes o cálculo para suportar esforços cortantes

Componentes básicos de uma conexão de pilar



Materials para placas de Base

Espessura (t)	Material
$t \leq 101,6 \text{ mm (4'')}$	ASTM A36* (ABNT MR250) ASTM A572 GR42 ou GR50 ASTM A588 GR42 ou GR 50
$101,6\text{mm} < t \leq 152,4\text{mm}$	ASTM A36* (ABNT MR250) ASTM A572 GR42 ou GR50 ASTM A588 GR42 ou GR 50
$t > 152,4\text{mm (6'')}$	ASTM A36* (ABNT MR250)

*** Preferir A36 caso não haja nenhuma restrição**

Materiais para Chumbadores		
Aço	$F_y(\text{kN/cm}^2)$	$F_u(\text{kN/cm}^2)$
SAE 1020	24	38,7
ASTM A36	25	40

Fabricação e Acabamento das Placas de Base

Normalmente são cortadas aplicando calor (maçarico, Plasma etc.)



Curso de Projeto e Cálculo de Estruturas metálicas

Fabricação e Acabamento das Placas de Base

Chapas de espessura $< 2''$ mm não necessitam ser usinadas



Chapas entre $2''$ e $4''$ de espessura podem ser usinadas somente na face de contato com a coluna, prever acréscimo de 5mm

Chapas maiores que $4''$ necessitam usinagem de ambos os lados e acréscimo de 10mm (caso a face inferior não seja grauteada)

Posicionamento por gabaritos



Placas de Base com chumbadores Soldados



Dimensões recomendadas de furos em chumbadores

Ø Chumb.	Ø Furo	Ø Arruela	Espessura da porca
19 mm (3/4")	33mm	50mm	6,4mm
22mm (7/8")	40mm	62mm	8mm
25mm (1")	46mm	76mm	10mm
32mm (1.1/4")	52mm	76mm	12mm
38mm (1.1/2")	58mm	89mm	12mm
45mm (1.3/4")	70mm	102mm	16mm
50mm (2")	83mm	127mm	19mm
62mm (2.1/2")	83mm	140mm	22mm

Bellei, 2010 adota:

Ø Chumb.	Ø Furo	Ø Arruela
16 a 22	Ø chumbador + 8mm	2,2 x Ø Chumbador
25 a 44	Ø chumbador + 10mm	2,0 x Ø Chumbador
50 a 76	Ø chumbador + 15mm	2,0 x Ø Chumbador

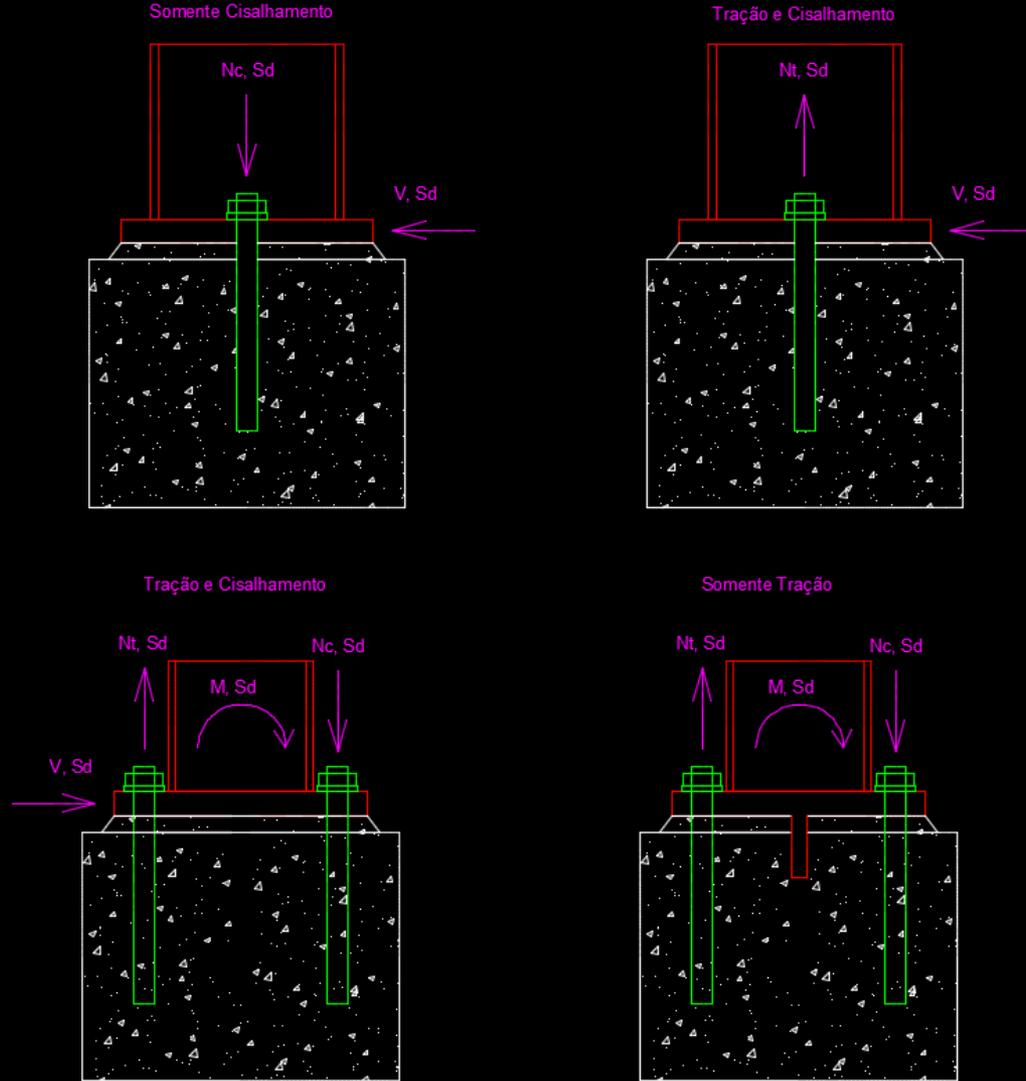
PARTE 2

PROJETO DE

CHUMBADORES

Curso de Projeto e Cálculo de Estruturas metálicas

Projeto de Chumbadores

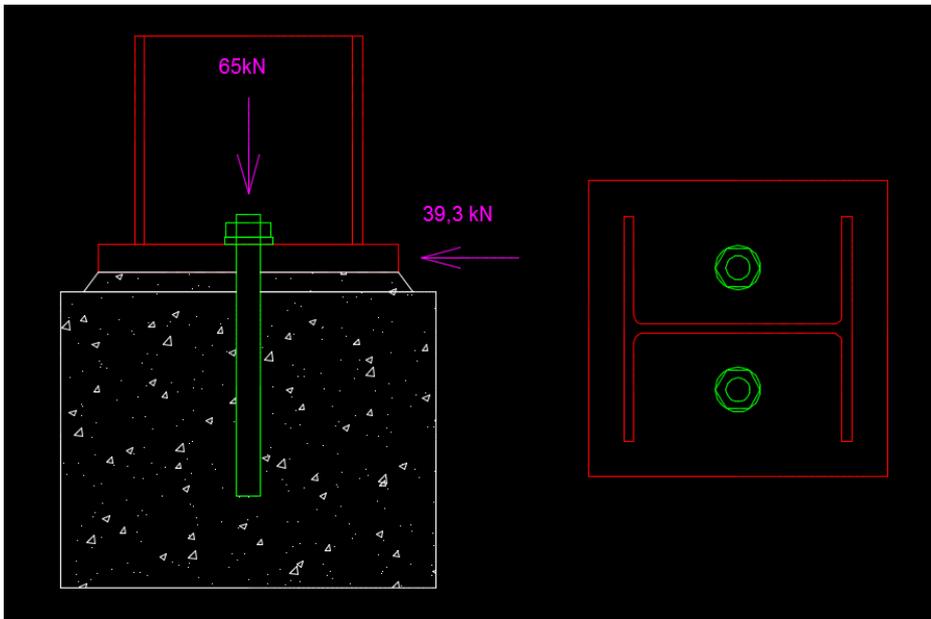


Diâmetro necessário para chumbadores sujeitos somente ao cisalhamento

$$V_{Rd} = \frac{0,4 \cdot A_{chu} \cdot F_u}{1,35} \rightarrow \frac{0,4 \cdot \pi \cdot d_{chu}^2 \cdot F_u}{4 \cdot 1,35} \rightarrow d_{chu} = 2,07 \sqrt{\frac{V_{Sd}}{F_u}}$$

Diâmetro necessário para chumbadores sujeitos somente ao cisalhamento

Exemplo 1: Dimensionar o diâmetro dos chumbadores SAE 1020 necessário para a placa de base abaixo (cargas já devidamente fatoradas conforme Tabela 1 da NBR8800)



Temos 2 chumbadores, portanto:

$$V_{sd} = \frac{39,3}{2} = 19,65 \text{ kN}$$

$$d_{chu} = 2,07 \sqrt{\frac{V_{sd}}{F_u}}$$

$$d_{chu} = 2,07 \sqrt{\frac{19,65}{38,7}} = 14,75 \text{ mm}$$

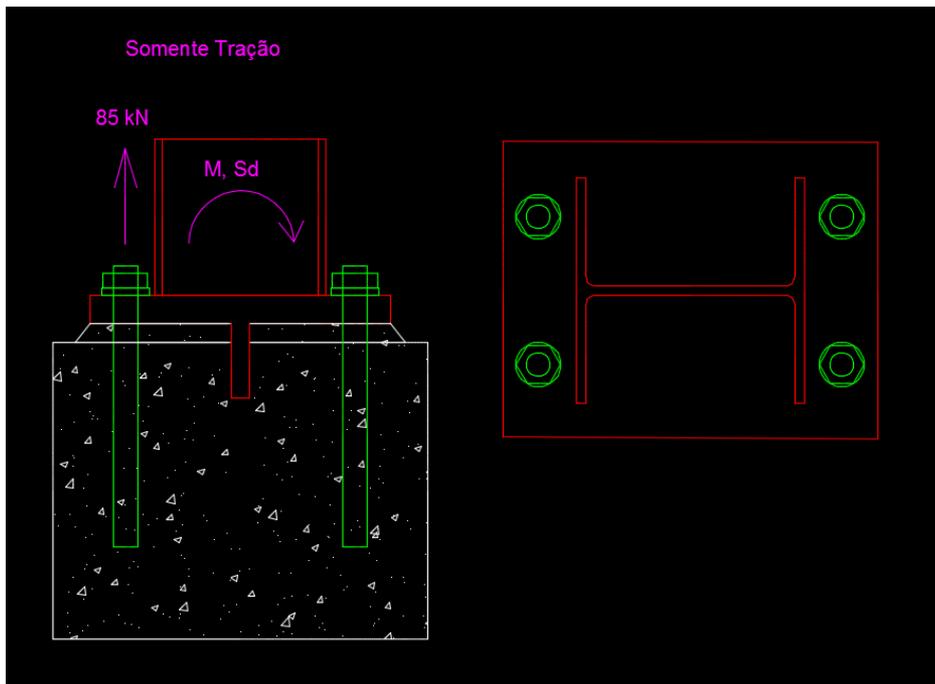
Adotar: D 5/8" (15,87mm)

Diâmetro necessário para chumbadores sujeitos somente à tração

$$N_{Rd} = \frac{0,75 \cdot A_{chu} \cdot F_u}{1,35} \rightarrow \frac{0,75 \cdot \pi \cdot d_{chu}^2 \cdot F_u}{4 \cdot 1,35} \rightarrow d_{chu} = 1,51 \sqrt{\frac{N_{Sd}}{F_u}}$$

Diâmetro necessário para chumbadores sujeitos somente ao cisalhamento

Exemplo 2: Dimensionar o diâmetro dos chumbadores SAE 1020 necessário para a placa de base abaixo (cargas já devidamente fatoradas conforme Tabela 1 da NBR8800, e também se refere à carga em cada chumbador tracionado)



$$d_{chu} = 1,51 \sqrt{\frac{V_{Sd}}{F_u}}$$

$$d_{chu} = 1,51 \sqrt{\frac{85}{38,7}} = 22,37mm$$

Adotar: D 1''(25,4mm)

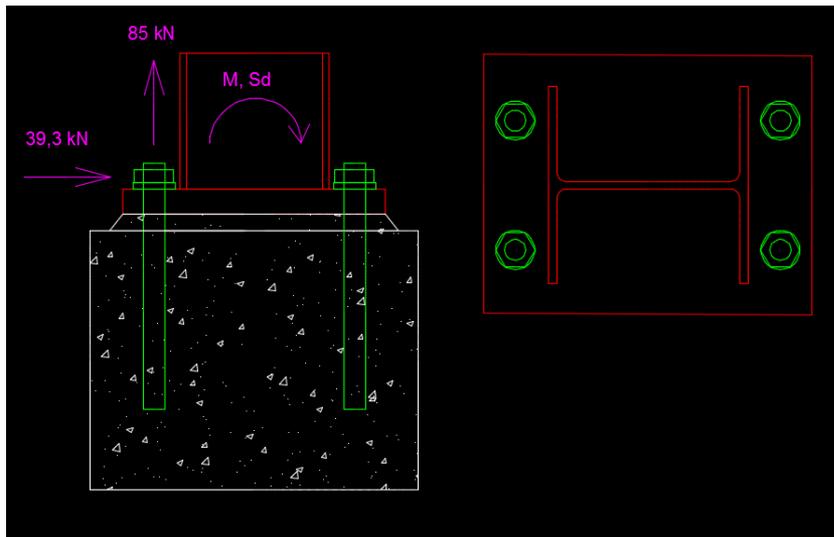
Diâmetro necessário para chumbadores sujeitos à tração e cisalhamento combinados

$$\left(\frac{N_{tSd}}{N_{tRd}}\right)^2 + \left(\frac{V_{tSd}}{V_{tRd}}\right)^2 \leq 1 \rightarrow \left(\frac{N_{tSd}}{0,75 \cdot A_{chu} \cdot F_u}\right)^2 + \left(\frac{V_{Sd}}{0,4 \cdot A_{chu} \cdot F_u}\right)^2 \leq 1$$

$$d_{chu} = \sqrt{1,27 \cdot \sqrt{\frac{11,39 \cdot V_{sd}^2 + 3,24 \cdot N_{sd}^2}{F_u^2}}}$$

Diâmetro necessário para chumbadores sujeitos somente ao cisalhamento

Exemplo 3: Dimensionar o diâmetro dos chumbadores SAE 1020 necessário para a placa de base abaixo (cargas já devidamente fatoradas conforme Tabela 1 da NBR8800, A carga de cisalhamento refere-se a toda a ligação e a tração refere-se a cada chumbador)



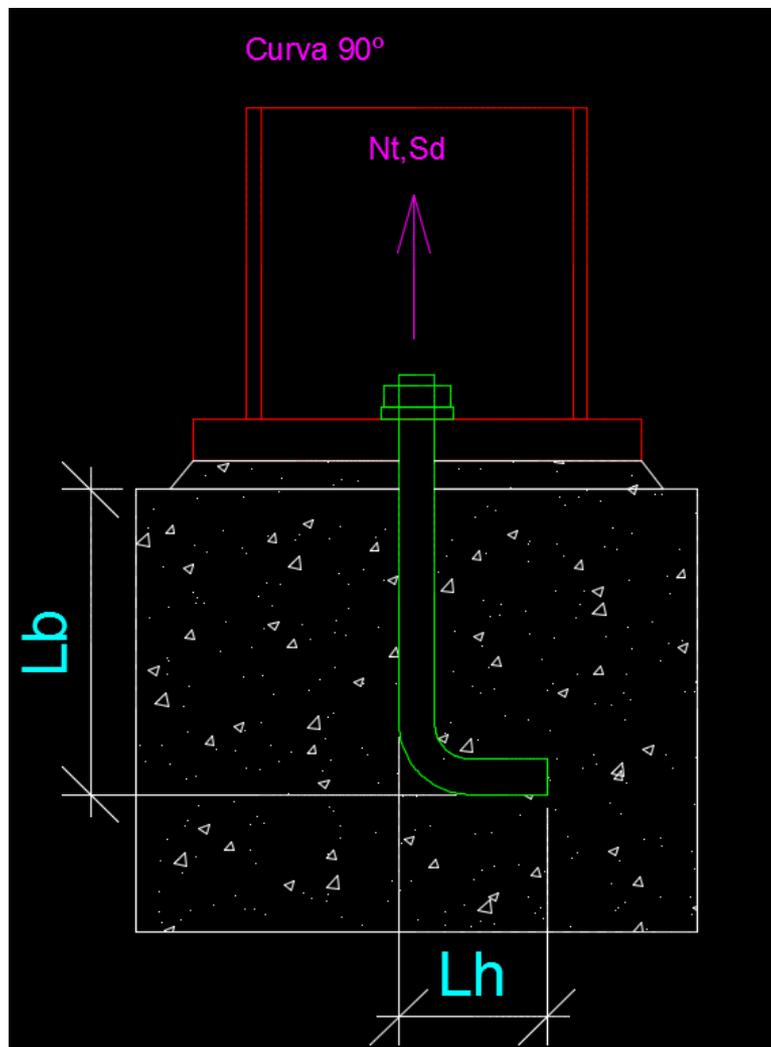
São 4 chumbadores sujeitos ao cisalhamento, portanto:

$$V_{sd} = \frac{39,3}{4} = 9,82 \text{ kN}$$

$$d_{chu} = \sqrt{1,27 \cdot \sqrt{\frac{11,39 \cdot V_{sd}^2 + 3,24 \cdot N_{sd}^2}{Fu^2}}} \rightarrow d_{chu} = \sqrt{1,27 \cdot \sqrt{\frac{11,39 \cdot 9,82^2 + 3,24 \cdot 85^2}{38,7^2}}} \Rightarrow 2,26 \text{ cm}$$

Adotar: D 1'' (25,4mm)

Cálculo do Comprimento de ancoragem dos chumbadores

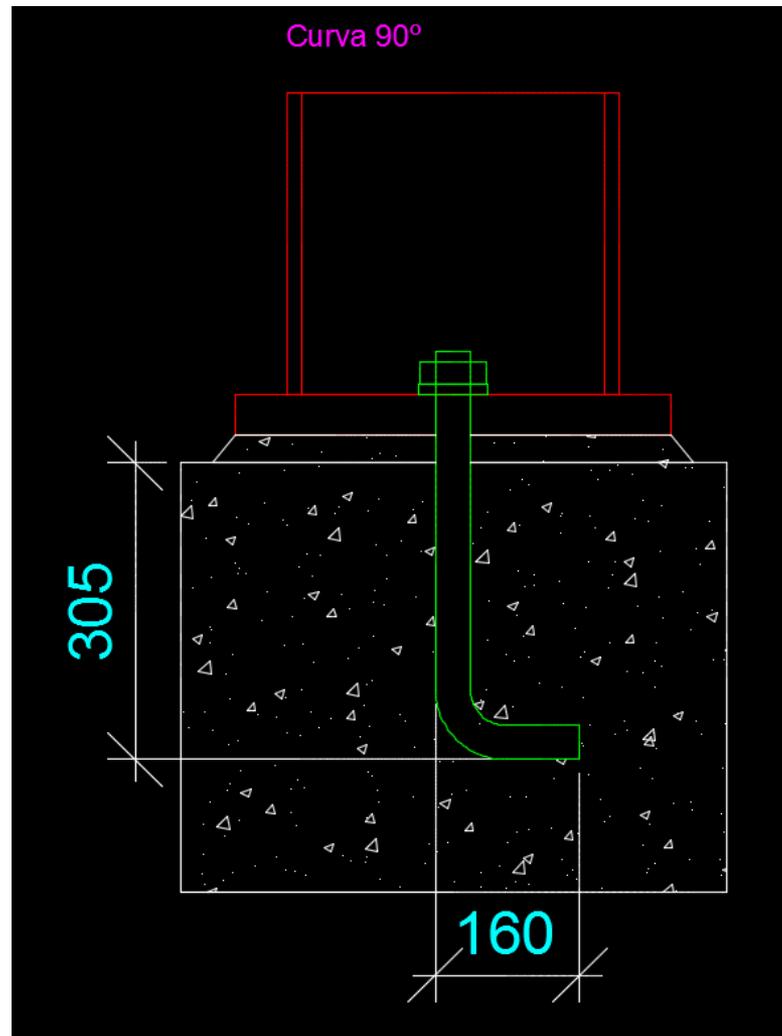


Aço	Lb	Distância entre eixos
SAE 1020 ASTM A36	12d	5d > 100mm
ASTM A325	17d	7d > 100mm

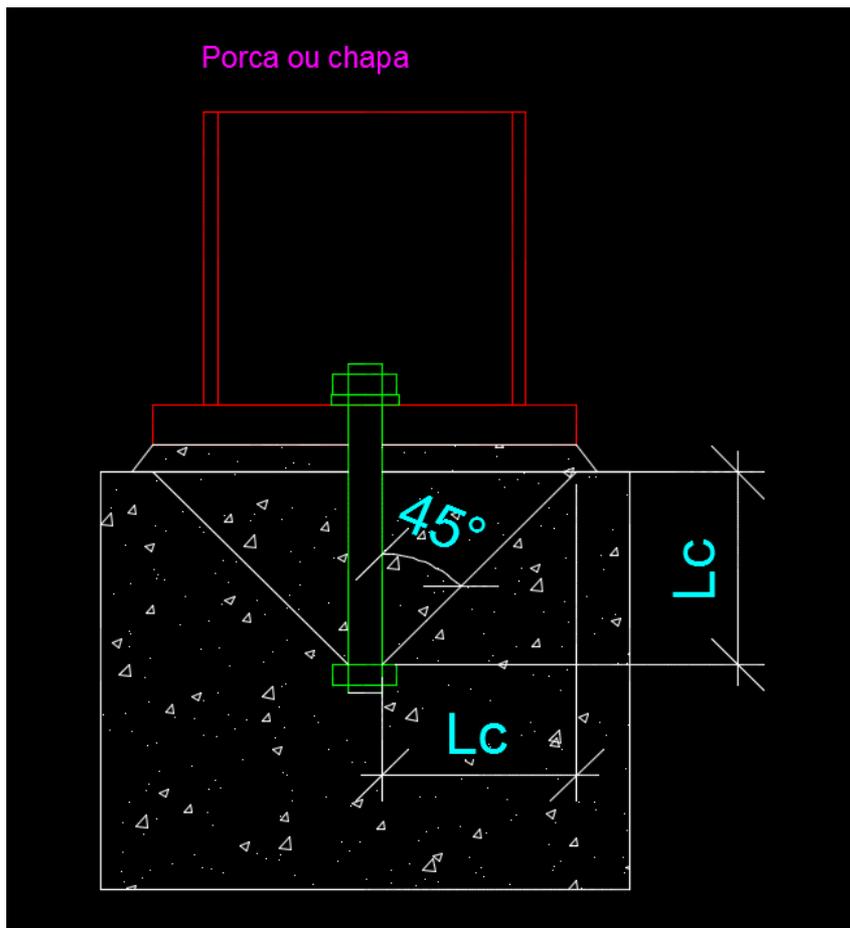
$$L_h = \frac{0,56 \cdot \pi \cdot d^2 \cdot 0,25 \cdot F_u}{2 \cdot 0,7 \cdot F_{ck} \cdot d}$$

$$L_h = \frac{0,3141 \cdot d \cdot F_u}{F_{ck}}$$

Cálculo do Comprimento de ancoragem dos chumbadores



Cálculo do Comprimento de ancoragem dos chumbadores

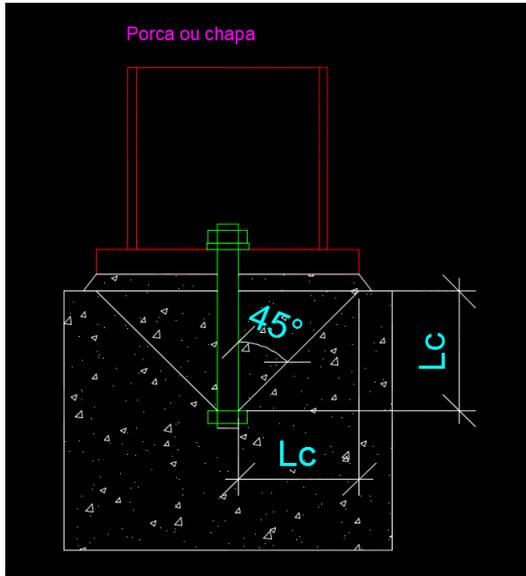


Aço	Lb	Distância entre eixos
SAE 1020 ASTM A36	12d	5d > 100mm
ASTM A325	17d	7d > 100mm

$$A_{cone} = \frac{N_{tsd}}{0,055 \cdot f_{ck}}$$

$$L_c = \sqrt{\frac{A_{cone}}{\pi}}$$

Cálculo do Comprimento de ancoragem dos chumbadores



Exemplo 4: Dimensionar o comprimento dos chumbadores SAE 1020 necessários para a placa com Tração $N_{sd} = 84 \text{ kN}$, $V_{sd} = 54 \text{ kN}$, Concreto 20Mpa.

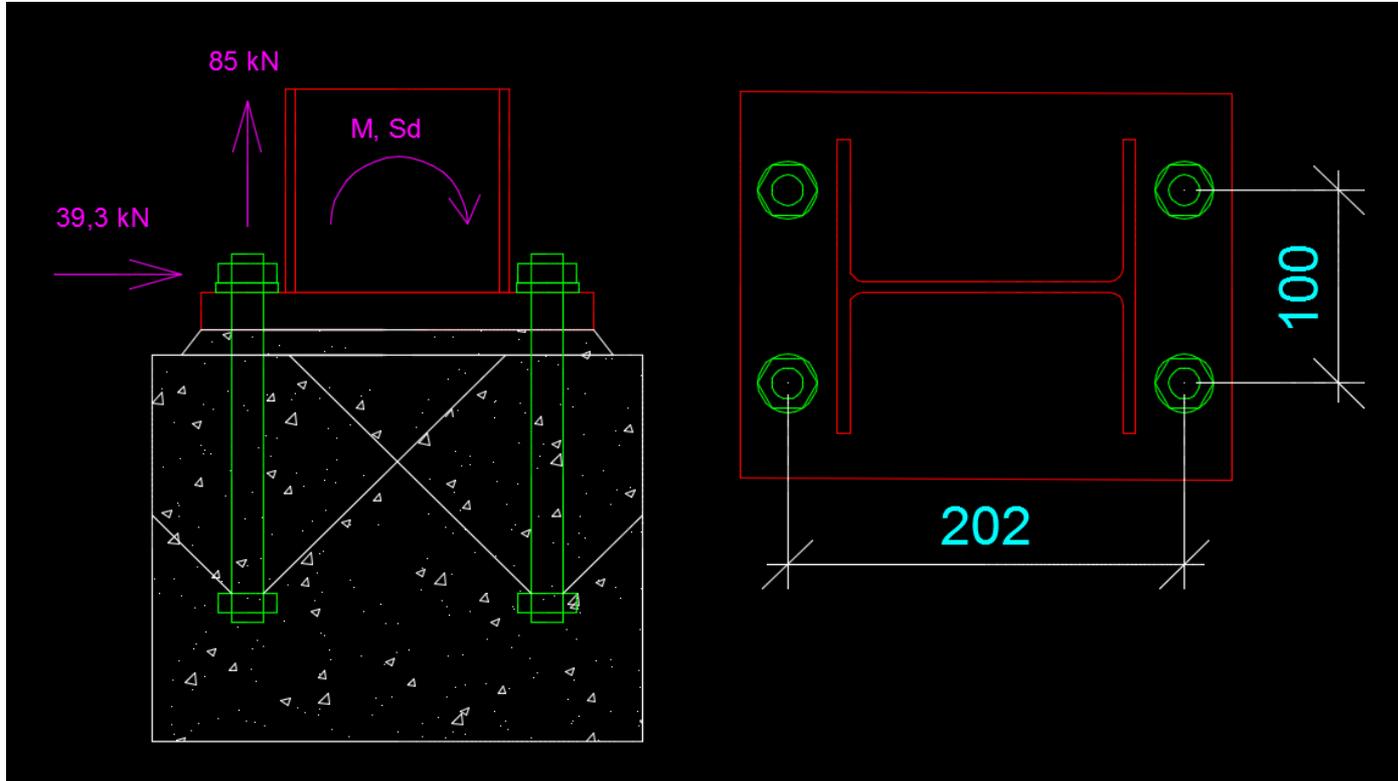
$$d_{chu} = \sqrt{1,27 \cdot \sqrt{\frac{11,39 \cdot V_{sd}^2 + 3,24 \cdot N_{sd}^2}{F_u^2}}}$$

$$d_{chu} = \sqrt{1,27 \cdot \sqrt{\frac{11,39 \cdot 54^2 + 3,24 \cdot 84^2}{38,7^2}}} = 27,87 \text{ mm} \approx 31,75 \text{ mm}$$

$$A_{cone} = \frac{N_{tsd}}{0,055 \cdot f_{ck}} \quad A_{cone} = \frac{84}{0,055 \cdot 2} = 764 \text{ cm}^2$$

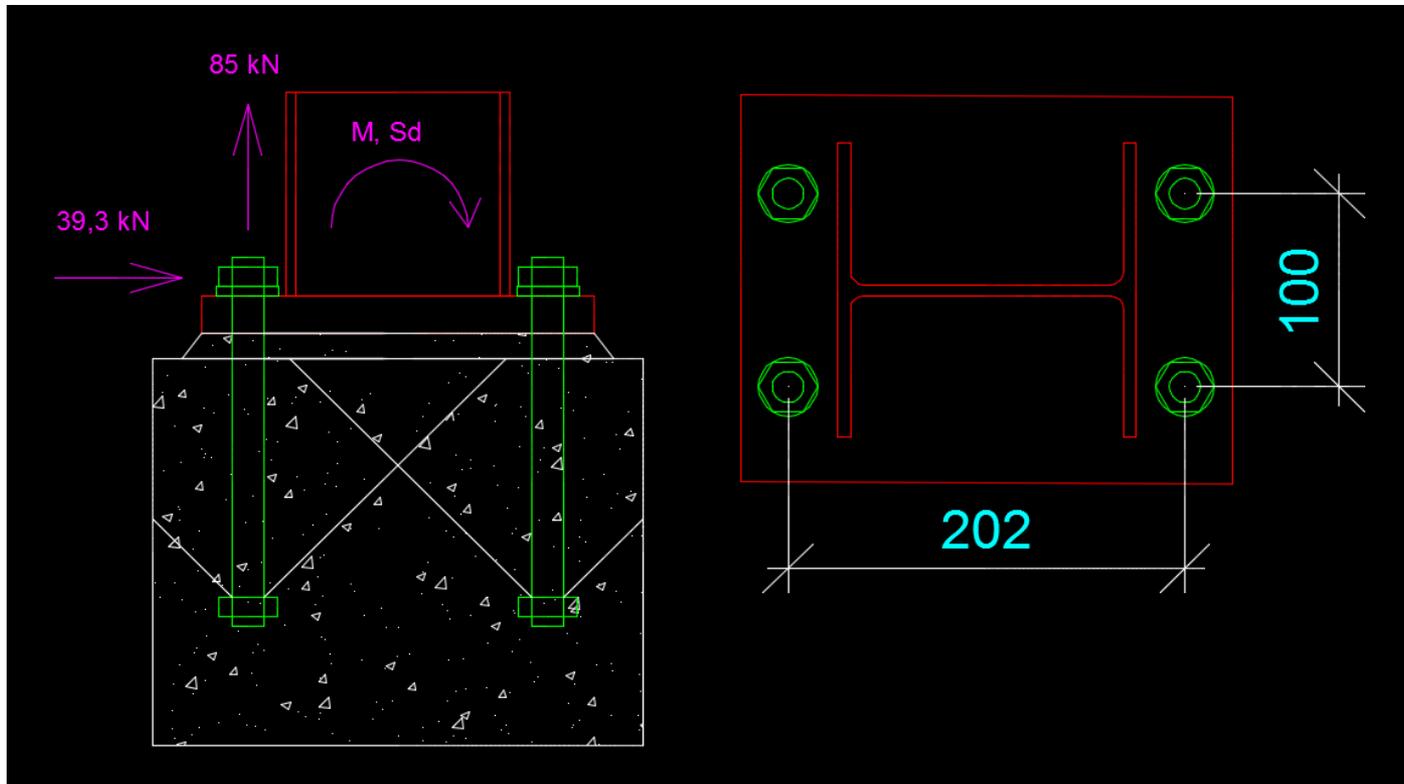
$$L_c = \sqrt{\frac{A_{cone}}{\pi}} \quad L_c = \sqrt{\frac{764}{\pi}} = 15,59 \text{ cm} \quad \text{Porém: } 12 \cdot d = 381 \text{ mm} \text{ Portanto } L_c = 381 \text{ mm}$$

Cálculo do Comprimento de ancoragem dos chumbadores



$$A_{cone} = \pi \cdot L_c^2 - \frac{\left[\pi \cdot L_c^2 \cdot \cos^{-1} \left(\frac{X}{2L_c} \right) \right]}{180} + \frac{X}{2} \sqrt{L_c^2 - \frac{X^2}{4}} \quad X = \text{Distancia entre eixos}$$

Cálculo do Comprimento de ancoragem dos chumbadores



Exemplo 4: Dimensionar o comprimento dos chumbadores SAE 1020 necessários, e o comprimento embutido dos chumbadores

Cálculo do Comprimento de ancoragem dos chumbadores

São 4 chumbadores sujeitos ao cisalhamento, portanto:

$$V_{sd} = \frac{39,3}{4} = 9,82 \text{ kN}$$

$$d_{chu} = \sqrt{1,27 \cdot \sqrt{\frac{11,39 \cdot V_{sd}^2 + 3,24 \cdot N_{sd}^2}{Fu^2}}} \rightarrow d_{chu} = \sqrt{1,27 \cdot \sqrt{\frac{11,39 \cdot 9,82^2 + 3,24 \cdot 85^2}{38,7^2}}} \rightarrow = 2,26 \text{ cm}$$

Adotado 1": 25,4mm $L_c = 12 \cdot d = 12 \cdot 25,4 = 304,8 \text{ mm} \approx 305 \text{ mm}$

$$A_{cone} = \pi \cdot L_c^2 - \frac{\left[\pi \cdot L_c^2 \cdot \cos^{-1} \left(\frac{X}{2L_c} \right) \right]}{180} + \frac{X}{2} \sqrt{L_c^2 - \frac{X^2}{4}}$$

$$A_{cone} = \pi \cdot 30,5^2 - \frac{\left[\pi \cdot 30,5^2 \cdot \cos^{-1} \left(\frac{10}{2 \cdot 30,5} \right) \right]}{180} + \frac{10}{2} \sqrt{30,5^2 - \frac{10^2}{4}} = 1765 \text{ cm}^2$$

$$A_{cone} = \frac{N_{tsd}}{0,055 \cdot f_{ck}} \quad A_{cone} = \frac{85}{0,055 \cdot 2} = 773 \text{ cm}^2 < 1765 \text{ cm}^2 \text{ OK!}$$

Considerações sobre Chumbadores Químicos



Curso de Projeto e Cálculo de Estruturas metálicas

Considerações sobre Chumbadores Químicos

Têm suas características determinadas pelos fabricantes, obedecendo à norma NBR 15.049:2004 – Seus catálogos oferecem informações sobre aplicação, profundidade e distâncias mínimas a serem obedecidas

Considerações sobre Chumbadores Químicos

Tipo 1: Ampola Bi - Componente



Execute o furo na profundidade e diâmetro indicados em tabela



Limpe com ar



Depois com Escova



Introduza a Ampola com o lado arredondado para dentro



Introduza o prisioneiro com auxílio de uma furadeira



Aguarde o tempo de cura e instale a chapa, a porca e a arruela

Link do Vídeo https://youtu.be/Z_qkmCzGXxs

Curso de Projeto e Cálculo de Estruturas metálicas

Considerações sobre Chumbadores Químicos

DADOS TÉCNICOS PARA INSTALAÇÃO EM BASE MACIÇA

CÓDIGO	470270	470271	470272	470273	470274	470275	470276
AMPOLA WQA (MEDIDAS NOMINAIS)	5/16"	3/8"	1/2"	5/8"	3/4"	1"	1 1/4"
PRISIONEIRO WQA (D - MEDIDA DA ROSCA UNC)	5/16"	3/8"	1/2"	5/8"	3/4"	1"	1 1/4"
DIÂMETRO DO FURO (Do - mm)	10	12	14	18	25	28	35
PROFUNDIDADE DO FURO (h ef - mm)	80	90	110	125	170	210	280
ESPESSURA MÍNIMA DO CONCRETO (h nom - mm)	110	120	140	160	220	260	340
DIÂMETRO DO FURO NO ELEMENTO A FIXAR (Df - mm)	10	12	14	18	22	26	32
TORQUE MÁXIMO (N x m)	10	20	40	80	120	180	250
CHAVE (pol)	1/2"	9/16"	3/4"	15/16"	1 1/8"	1 1/2"	1 7/8"
DISTÂNCIA À BORDA DO CONCRETO PARA CARGA MÁXIMA (mm)	120	90	110	125	170	210	280
DISTÂNCIA ENTRE CHUMBADORES PARA CARGA MÁXIMA (mm)	240	180	220	250	340	420	560
DISTÂNCIA MÍNIMA À BORDA DO CONCRETO (C min - mm)	40	45	55	65	85	105	140
DISTÂNCIA MÍNIMA ENTRE CHUMBADORES (S min - mm)	40	45	55	65	85	105	140
CARGA DE TRAÇÃO RECOMENDADA (kN)	8	12	16	20	30	36	60
CARGA DE CISLHAMENTO RECOMENDADA - AÇO 5.8 (kN)	5	8	12	22	35	50	60
CARGA DE CISLHAMENTO COM DIST. MIN. DA BORDA (kN)	1,3	1,7	2,5	3,3	6,1	9,1	15,9
MOMENTO FLETOR RECOMENDADO - AÇO 5.8 (Nm)	10	20	35	95	195	320	650

Esses dados são válidos para cada chumbador aplicado em distâncias normais da borda e entre si, em concreto não fissurado com resistência de 20 MPa.

Nas fixações em que a temperatura do material base variar entre 100 °C e 120 °C, as cargas deverão ser reduzidas em 30%. Para garantia das resistências apresentadas na tabela acima, deve-se sempre utilizar o sistema completo **Walsywa** com ampolas e prisioneiros WQA.

TEMPOS DE CURA

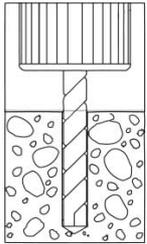
TEMPERATURA DO MATERIAL BASE (°C)	-5 < 0	0 < 10	10 < 20	>20
BASE SECA	5 h	1 h	30 min	20 min
BASE ÚMIDA	10 h	2 h	1 h	40 min

Curso de Projeto e Cálculo de Estruturas metálicas

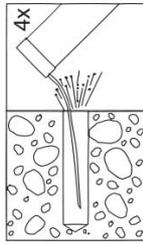
Considerações sobre Chumbadores Químicos

Tipo 2: Fixação por injeção

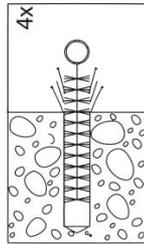
MÉTODOS DE APLICAÇÃO EM CONCRETO E ALVENARIA MACIÇA



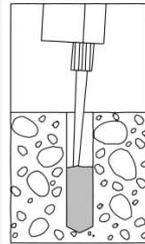
1 Faça o furo com diâmetro e profundidade indicados;



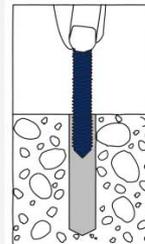
2 Injete ar para retirar o excesso de pó do furo;



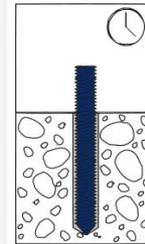
3 Limpe totalmente o furo com auxílio de uma escova;



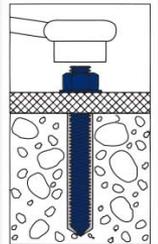
4 Introduza o bico misturador no furo e preencha 3/4 do total com a resina;



5 Introduza o prisioneiro com um movimento giratório;



6 Aguarde o tempo de cura recomendado em tabela;



7 Após a cura, posicione o elemento a fixar e dê o torque.



Considerações sobre Chumbadores Químicos

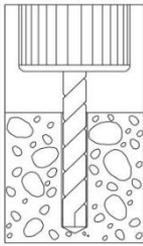
Tipo 2: Fixação por injeção

DIÂMETRO DA BARRA ROSCADA	FURO (mm)		CARGAS DE TRAÇÃO (CONCRETO 28 MPa)	APLICAÇÕES POR EMB. 400 ml
	DIÂMETRO	PROFUNDIDADE	CARGA DE RUPTURA (kgf)	
5/16"	10	80	2338	83
3/8"	12	90	3133	51
1/2"	14	110	4495	36
5/8"	18	125	6595	18
3/4"	24	170	11958	7
1"	28	210	17352	5

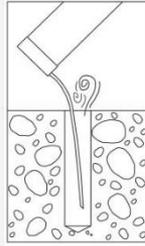
TEMPERATURA	TEMPO PARA APLICAÇÃO	TEMPO FINAL DE CURA
0 - 5 °C	4 h	30 h
5 - 10 °C	2 h	15 h
10 - 20 °C	60 min.	12 h
20 - 30 °C	30 min.	4 h
30 - 40 °C	15 min.	3 h

Considerações sobre Chumbadores Mecânicos

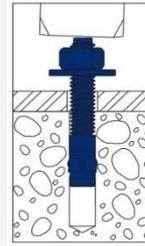
INSTRUÇÕES DE APLICAÇÃO



1 Faça o furo com diâmetro e profundidade indicados;



2 Limpe o furo totalmente com auxílio de um soprador;



3 Introduza o chumbador no furo através da peça a ser fixada com auxílio de um martelo;



4 Dê o torque.

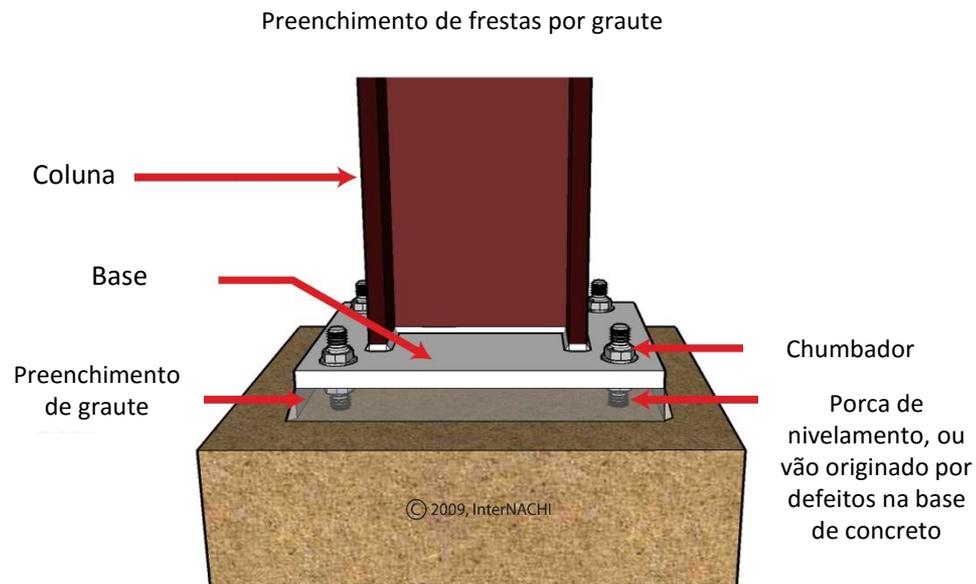
Considerações sobre Chumbadores Mecânicos

CÓDIGO**	DESCRIÇÃO	Ø NOMINAL		COMP. CHUMBADOR	COMP. ROSCA	PROFUNDIDADE MÍNIMA DO FURO	ESPESSURA MÁX. A SER FIXADA	ALTURA DE PORÇA + ARRUELA	CARGAS MÉDIAS* (kgf)		DISPONÍVEL EM
		aA	b	c	d	e	f	Tração	Cisalhamento		
		pol.	pol.	mm	mm	mm	mm				
470424	WB 14134		1 3/4"	44,4	19		6				Aço Carbono e Aço Inox
470425	WB 14214	1/4"	2 1/4"	57,1	30	35	19	6.3	825	744	Aço Carbono e Aço Inox
470426	WB 14314		3 1/4"	82,5	55		44				Aço Carbono e Aço Inox
470427	WB 56200		2"	50,8	20		6				Aço Carbono e Aço Inox
470450	WB 56234	5/16"	2 3/4"	69,8	35	40	25	8	1400	1310	Aço Carbono
470428	WB 56314		3 1/4"	82,5	42		33				Aço Carbono
470429	WB 56414		4 1/4"	107,9	67		60				Aço Carbono e Aço Inox
470430	WB 38214		2 1/4"	57,1	22		6				Aço Carbono e Aço Inox
470481	WB 38234		2 3/4"	69,8	35		19				Aço Carbono
470431	WB 38300		3"	76,2	41		25				Aço Carbono e Aço Inox
470482	WB 38312	3/8"	3 1/2"	88,9	51	45	37	10	1919	1695	Aço Carbono e Aço Inox
470432	WB 38334		3 3/4"	95,2	60		44				Aço Carbono e Aço Inox
470483	WB 38500		5"	127	92		75				Aço Carbono
470335	WB 38700		7"	117,8	75		100				Aço Inox
470433	WB 12234		2 3/4"	69,8	25		6				Aço Carbono e Aço Inox
470330	WB 12312		3 1/2"	88,9	43		10				Aço Inox
470484	WB 12334		3 3/4"	95,2	50		32				Aço Carbono e Aço Inox
470434	WB 12400		4"	101,6	57		38				Aço Carbono e Aço Inox
470485	WB 12414	1/2"	4 1/4"	107,9	63	55	40	13,4	3193	3346	Aço Carbono e Aço Inox
470444	WB 12412		4 1/2"	114,3	70		44				Aço Carbono
470435	WB 12514		5 1/4"	133,4	70		75				Aço Carbono e Aço Inox
470486	WB 12512		5 1/2"	139,7	95		83				Aço Carbono e Aço Inox
470487	WB 12700		7"	177,8	100		114				Aço Carbono
470451	WB 12812		8 1/2"	215,9	100		150				Aço Carbono
470436	WB 58312		3 1/2"	88,9	45		12				Aço Carbono e Aço Inox
470488	WB 58412		4 1/2"	114,3	60		37				Aço Carbono e Aço Inox
470437	WB 58500		5"	127	60		37				Aço Carbono e Aço Inox
470489	WB 58600	5/8"	6"	152,4	100	65	75	17	4026	5494	Aço Carbono
470438	WB 58700		7"	177,8	100		75				Aço Carbono e Aço Inox
470445	WB 58800		8"	203,2	100		125				Aço Carbono
470453	WB 58812		8 1/2"	215,9	100		140				Aço Carbono
470454	WB 58100		10"	254	100		178				Aço Carbono
470439	WB 34414		4 1/4"	107,9	55		6				Aço Carbono e Aço Inox
470446	WB 34434		4 3/4"	120,7	65		19				Aço Carbono e Aço Inox
470490	WB 34512		5 1/2"	139,7	65		44				Aço Carbono e Aço Inox
470440	WB 34614	3/4"	6 1/4"	158,8	80	85	57	20	7708	9691	Aço Carbono e Aço Inox
470491	WB 34700		7"	177,8	100		70				Aço Carbono
470441	WB 34812		8 1/2"	215,9	100		120				Aço Carbono e Aço Inox
470447	WB 34100		10"	254	100		156				Aço Carbono
470457	WB 34120		12"	304,8	100		200				Aço Carbono
470442	WB 78800		8"	203,2	82		120				Aço Carbono
470448	WB 78900	7/8"	9"	228,6	143	95	125	22	9100	10050	Aço Carbono
470449	WB 78100		10"	254	143		137				Aço Carbono
470443	WB 10900	1"	9"	228,6	157	115	98	25	11230	10214	Aço Carbono
470492	WB 10120		12"	304,8	157		175				Aço Carbono

* Carga última obtida em concreto de 30 MPa. Testes realizados no Laboratório **Walsywa**. ** Os códigos referem-se aos produtos em Aço Carbono.

Curso de Projeto e Cálculo de Estruturas metálicas

Considerações sobre Graute



5. Propriedades e características:

Massa unitária	2,200 kg/dm ³
Resistência à compressão às 24 horas (NBR 5.739/07)	25 MPa
Resistência à compressão aos 3 dias (NBR 5.739/07)	35 MPa
Resistência à compressão aos 28 dias (NBR 5.739/07)	50 MPa
Tempo em aberto para lançamento a 25 °C	30 minutos
Teor de cloretos	Isto



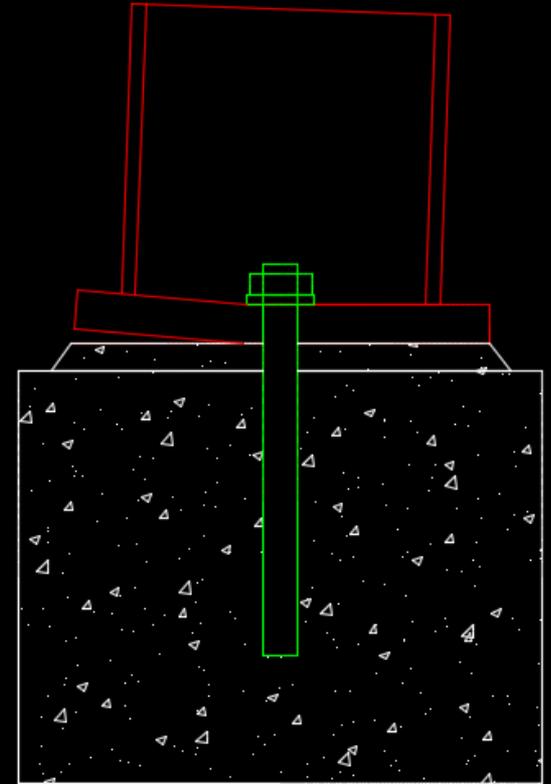
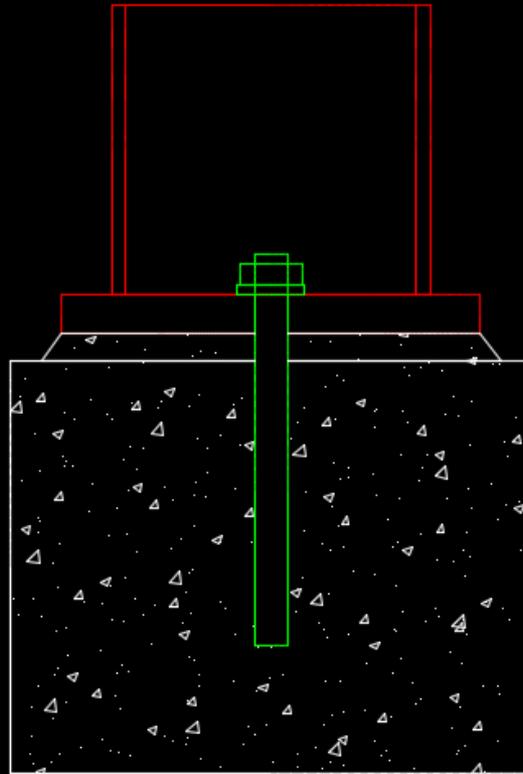
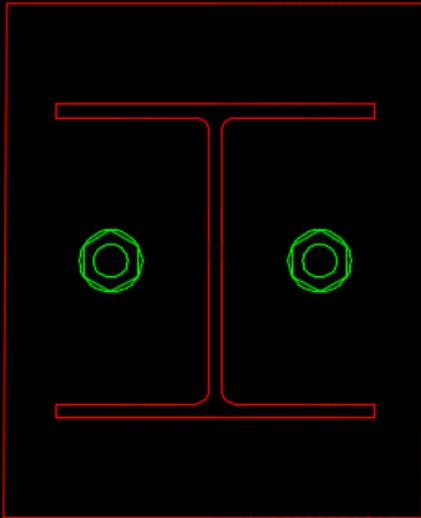
PARTE 3

CÁLCULO DE PLACAS

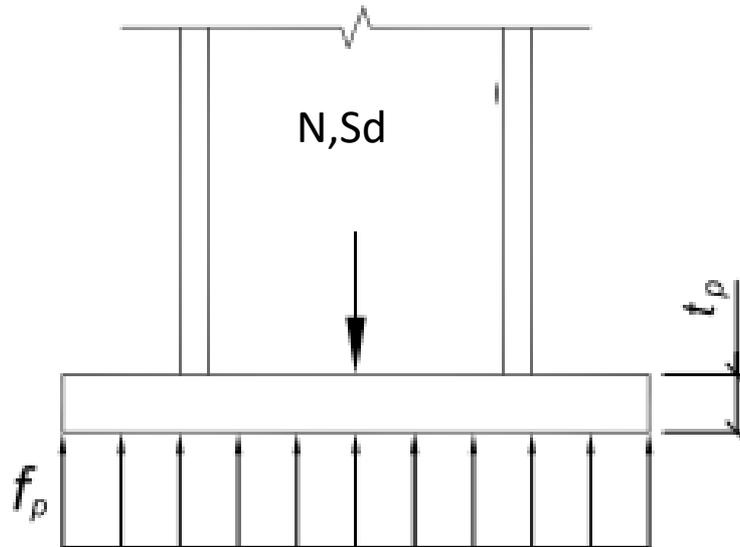
DE BASE

Curso de Projeto e Cálculo de Estruturas metálicas

Bases articuladas

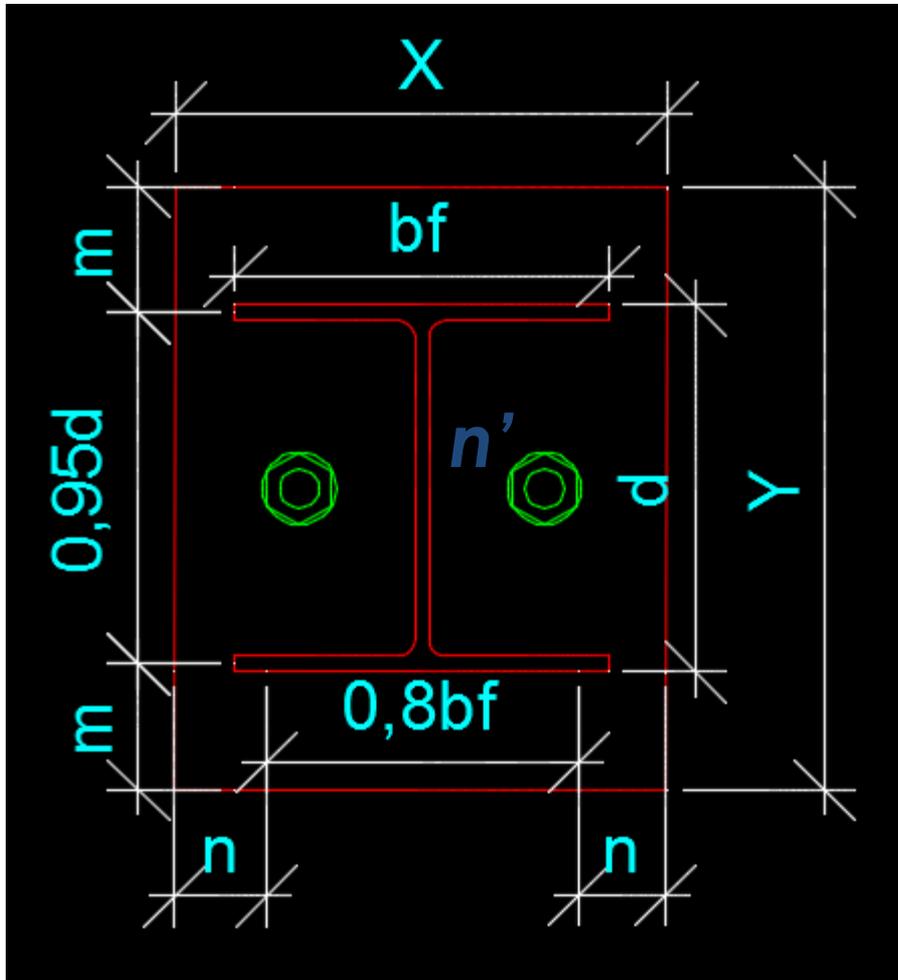


Projeto de bases para cargas axiais de compressão concêntrica em Perfis I e H



Quando há somente cargas axiais, a chapa deve ter área suficiente para proteger o concreto, e ter espessura suficiente para não deformar permanentemente

Projeto de bases para cargas axiais de compressão concêntrica em Perfis I e H



$$\sigma_c = \frac{N_{Sd}}{X \cdot Y}$$

$$n' = \sqrt{\frac{d \cdot bf}{4}}$$

$$m = \frac{Y - 0,95d}{2}$$

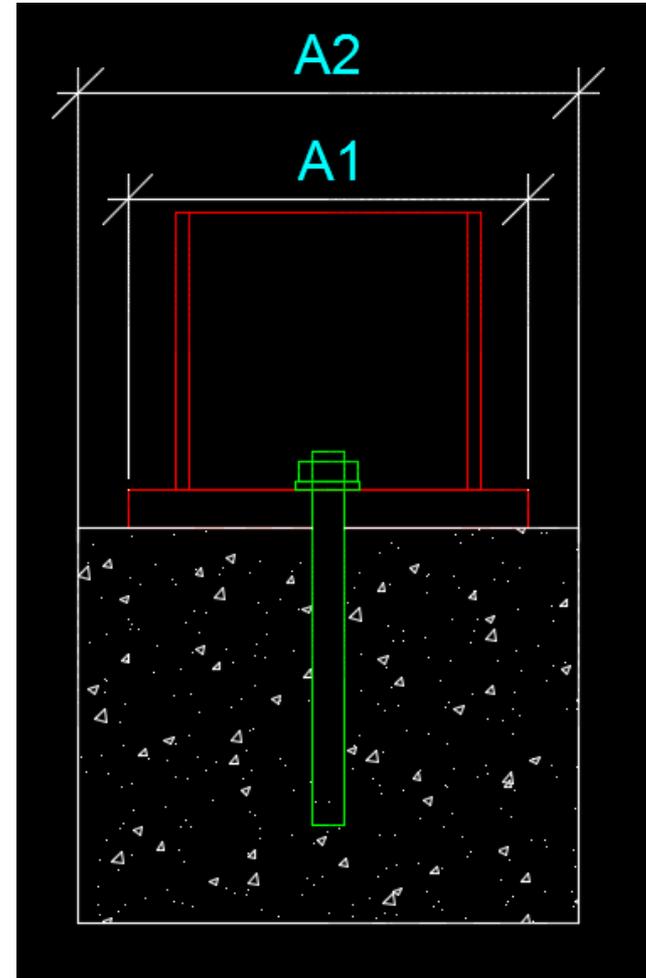
$$n = \frac{X - 0,8bf}{2}$$

Projeto de bases para cargas axiais de compressão concêntrica em Perfis I e H

$$\sigma_{c,Rd} = \frac{f_{ck}}{1,4 \cdot 1,4} \cdot \sqrt{\frac{A_2}{A_1}} \rightarrow 0,51 \cdot f_{ck} \cdot \sqrt{\frac{A_2}{A_1}}$$

$$\sigma_{c,Rd} \leq f_{ck}$$

$$t = 1,49 \cdot l \cdot \sqrt{\frac{\sigma_c}{F_y}}$$



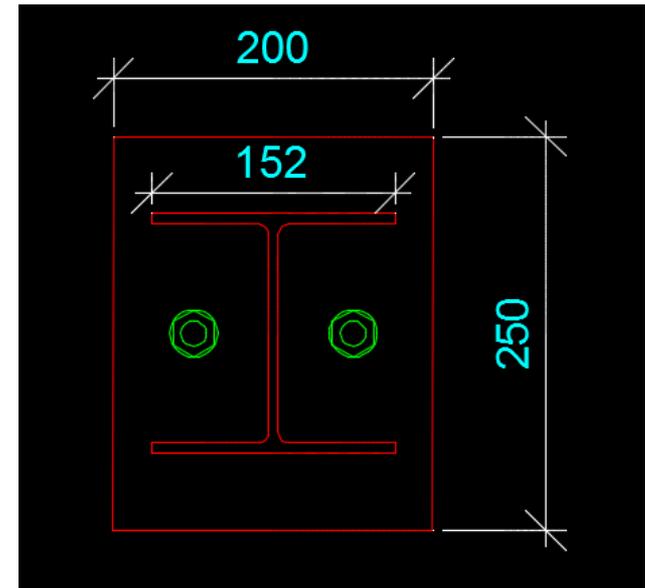
Projeto de bases para cargas axiais de compressão concêntrica em Perfis I e H

Exemplo 5: Dimensionar a espessura da chapa A36 de base, apoiada sobre um bloco de 500mm x 500mm de concreto $f_{ck}=25\text{Mpa}$, para um pilar W150X22,5(H) e sujeita a uma carga de compressão axial de 125kN

$$n' = \sqrt{\frac{d \cdot bf}{4}} \rightarrow n' = \sqrt{\frac{15,2 \cdot 15,2}{4}} = 7,6\text{cm}$$

$$m = \frac{Y - 0,95d}{2} \quad m = \frac{25 - 0,95 \cdot 15,2}{2} = 5,28\text{cm}$$

$$n = \frac{X - 0,8bf}{2} \quad n = \frac{20 - 0,8 \cdot 15,2}{2} = 3,92\text{cm}$$



Projeto de bases para cargas axiais de compressão concêntrica em Perfis I e H

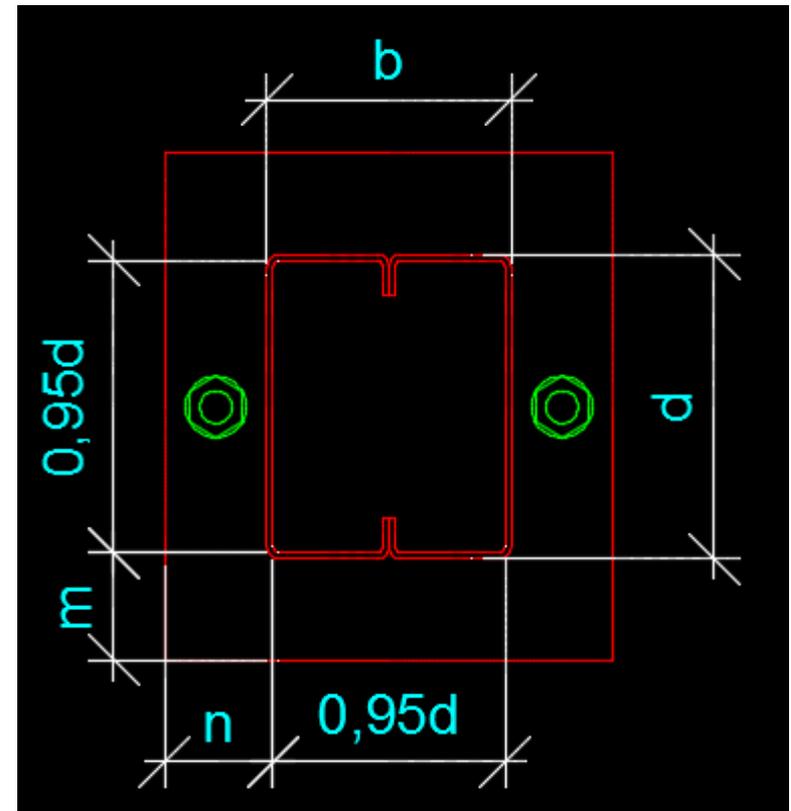
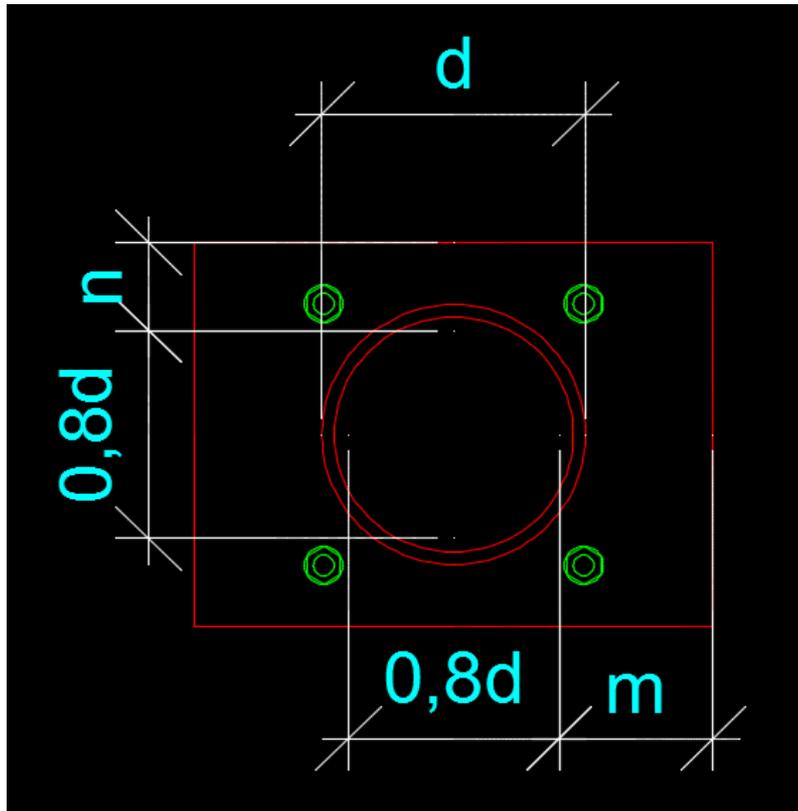
$$\sigma_c = \frac{N_{sd}}{X \cdot Y} \quad \sigma_c = \frac{125}{20 \cdot 25} = 0,25 \text{ kN/cm}^2$$

$$\sigma_{c,Rd} = 0,51 \cdot f_{ck} \cdot \sqrt{\frac{A_2}{A_1}}$$

$$\sigma_{c,Rd} = 0,51 \cdot 2,5 \cdot \sqrt{\frac{50 \cdot 50}{20 \cdot 25}} = 2,85 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}, \text{ Porém } \sigma_c \leq f_{ck} = 2,5 \text{ kN/cm}^2$$

$$t = 1,49 \cdot l \cdot \sqrt{\frac{\sigma_c}{F_y}} \quad t = 1,49 \cdot 7,6 \cdot \sqrt{\frac{0,25}{25}} = 1,13 \text{ cm} \approx 1/2'' (12,7 \text{ mm})$$

Projeto de bases para cargas axiais de compressão concêntrica em perfis tubulares



Projeto de bases para cargas axiais tubulares

Exemplo 6: Dimensionar a placa de base e os chumbadores, para concreto f_{ck} 25MPa.

Cortante na ligação: 45 kN

Compressão: 99 kN

Chapa A36, Chumbador SAE 1020

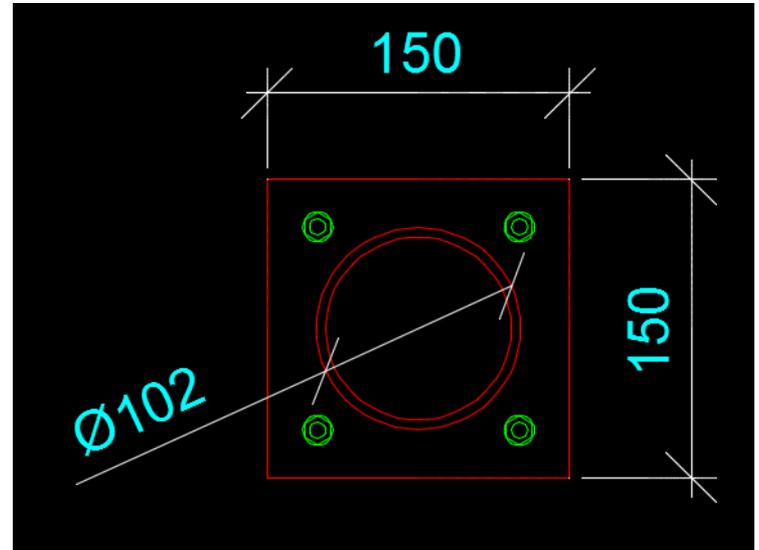
Largura da Base: 200mm x 200mm

Temos 4 chumbadores, portanto:

$$V_{sd} = \frac{45}{4} = 11,25 \text{ kN}$$

$$d_{chu} = 2,07 \sqrt{\frac{V_{sd}}{F_u}}$$

$$d_{chu} = 2,07 \sqrt{\frac{11,25}{38,7}} = 1,11 \text{ cm} \approx 12,7 \text{ mm} \left(\frac{1}{2}'' \right)$$



Profundidade: $12d = 12 \cdot 1,27 = 15,24 \text{ cm}$

Projeto de bases para cargas axiais tubulares

$$\sigma_c = \frac{N_{sd}}{X \cdot Y}$$

$$\sigma_c = \frac{99}{15 \cdot 15} = 0,44 \text{ kN/cm}^2$$

$$\sigma_{c,Rd} = \frac{f_{ck}}{1,4 \cdot 1,4} \cdot \sqrt{\frac{A_2}{A_1}} \rightarrow 0,51 \cdot f_{ck} \cdot \sqrt{\frac{A_2}{A_1}} \quad \sigma_{c,Rd} = 0,51 \cdot 2,5 \cdot \sqrt{\frac{20 \cdot 20}{15 \cdot 15}} = 1,7 \text{ kN/cm}^2 \text{ OK!}$$

$$m = n = \frac{15 - 0,80 \cdot 10,2}{2} \rightarrow 3,42 \text{ cm}$$

$$t = 1,49 \cdot l \cdot \sqrt{\frac{\sigma_c}{F_y}}$$

$$t = 1,49 \cdot 3,42 \cdot \sqrt{\frac{0,44}{25}} = 6,76 \text{ mm} \approx 8 \text{ mm}$$

Projeto de bases para cargas axiais tubulares

Exemplo 6: Dimensionar a placa de base e os chumbadores, para concreto f_{ck} 20MPa.

Cortante na ligação: 55 kN

Compressão: 140 kN

Chapa A36, Chumbador A36

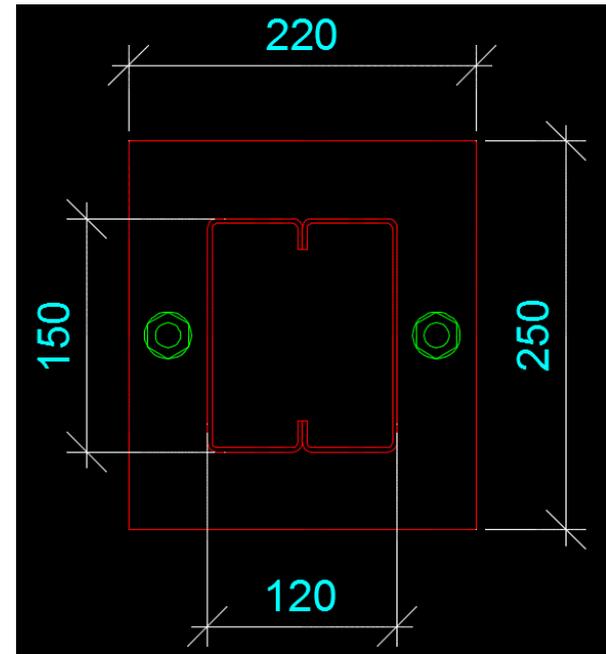
Largura da Base: 300mm x 300mm

Temos 2 chumbadores, portanto:

$$V_{sd} = \frac{55}{2} = 27,5 \text{ kN}$$

$$d_{chu} = 2,07 \sqrt{\frac{V_{sd}}{F_u}}$$

$$d_{chu} = 2,07 \sqrt{\frac{27,5}{40}} = 1,71 \text{ cm} \approx 19 \text{ mm} \left(\frac{3}{4} \right)$$



Profundidade: $12d = 12 \cdot 1,9 = 22,8 \text{ cm}$

Projeto de bases para cargas axiais tubulares

$$\sigma_c = \frac{N_{sd}}{X \cdot Y}$$

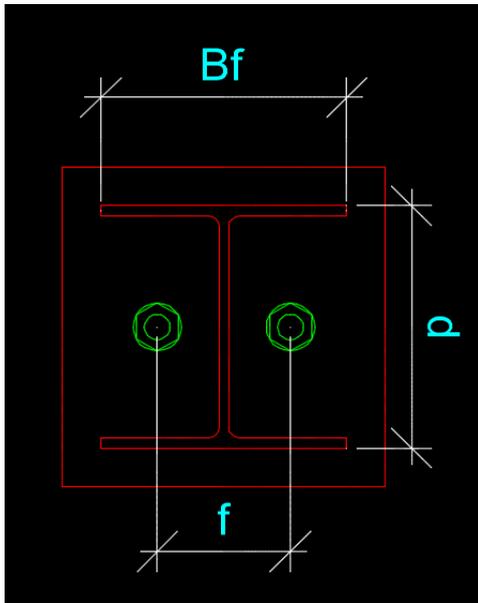
$$\sigma_c = \frac{140}{22 \cdot 25} = 0,25 \text{ kN/cm}^2$$

$$\sigma_{c,Rd} = \frac{f_{ck}}{1,4 \cdot 1,4} \cdot \sqrt{\frac{A_2}{A_1}} \rightarrow 0,51 \cdot f_{ck} \cdot \sqrt{\frac{A_2}{A_1}} \quad \sigma_{c,Rd} = 0,51 \cdot 2,0 \cdot \sqrt{\frac{30 \cdot 30}{22 \cdot 25}} = 1,3 \text{ kN/cm}^2 \text{ OK!}$$

$$m = \frac{25 - 0,95 \cdot 15}{2} \rightarrow 5,37 \text{ cm} \quad n = \frac{22 - 0,95 \cdot 12}{2} \rightarrow 5,30 \text{ cm}$$

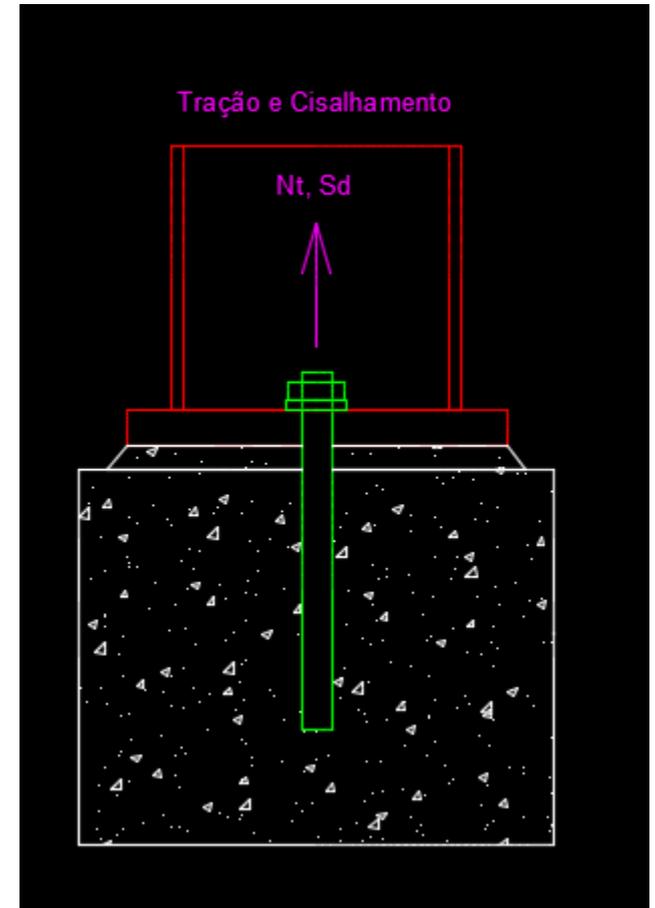
$$t = 1,49 \cdot l \cdot \sqrt{\frac{\sigma_c}{F_y}} \quad t = 1,49 \cdot 5,37 \cdot \sqrt{\frac{0,25}{25}} = 8,00 \text{ mm}$$

Projeto de bases para tração



$$\text{para } d \geq 1,42B_f: t = 0,63 \cdot \sqrt{\frac{N_{sd} \cdot f}{B_f \cdot F_y}}$$

$$\text{para } d < 1,42B_f: t = 1,05 \cdot \sqrt{\frac{N_{sd} \cdot f \cdot d}{F_y (d^2 + 2 \cdot B_f^2)}}$$



Projeto de bases para tração

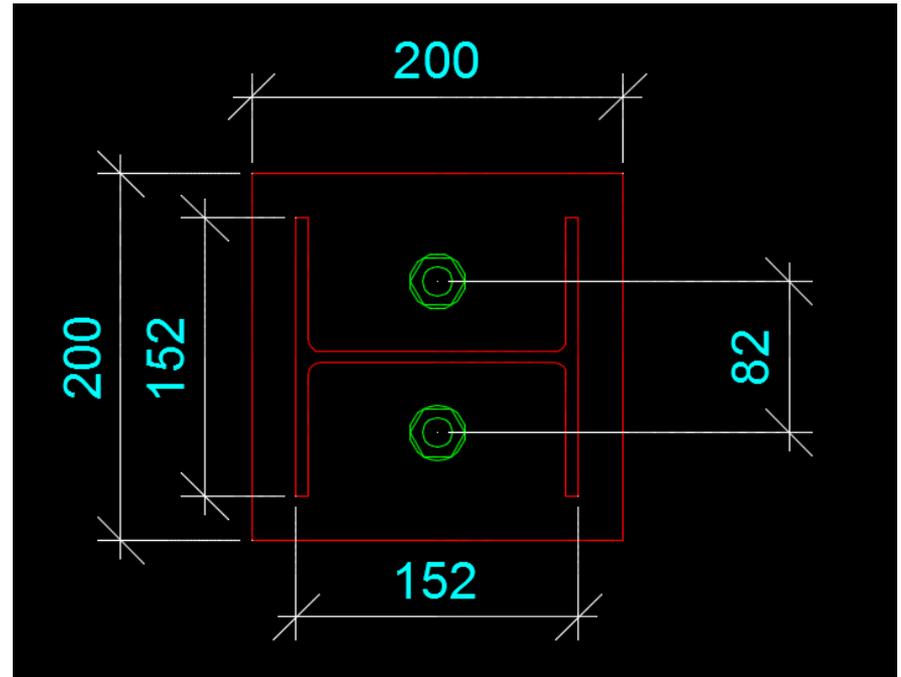
Exemplo 6: Dimensionar a placa de base e os chumbadores, para concreto f_{ck} 20MPa.

Cortante na ligação: 85 kN

Tração: 125 kN

Chapa A36, SAE1020

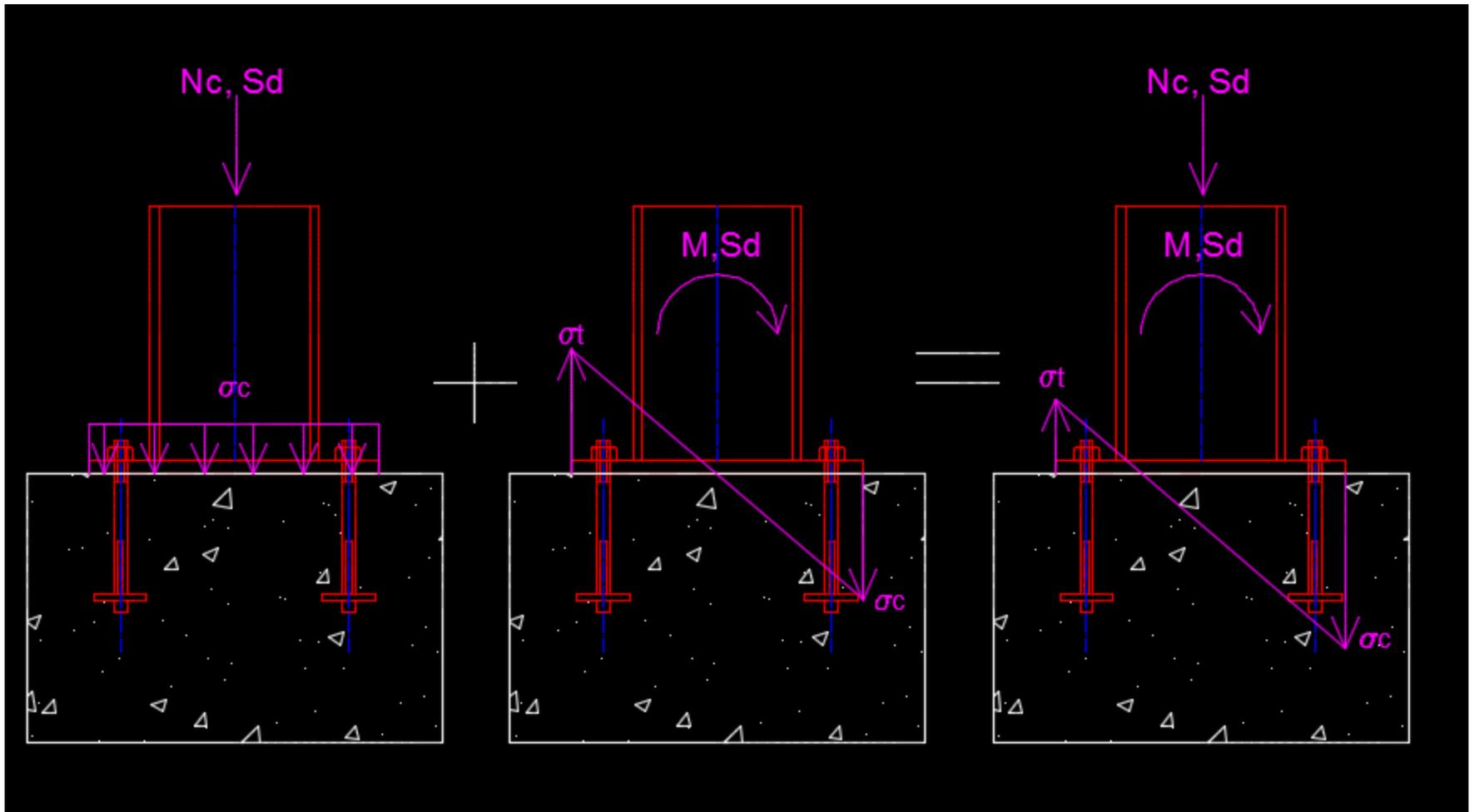
$$1,42B_f = 15,2 \cdot 1,42 = 21,6\text{cm} > d = 15,2\text{cm}$$



$$\text{para } d < 1,42B_f: t = 1,05 \cdot \sqrt{\frac{N_{sd} \cdot f \cdot d}{F_y(d^2 + 2 \cdot B_f^2)}}$$

$$t = 1,05 \cdot \sqrt{\frac{125 \cdot 8,2 \cdot 15,2}{25(15,2^2 + 2 \cdot 15,2^2)}} = 9,95\text{mm} \approx 3/8$$

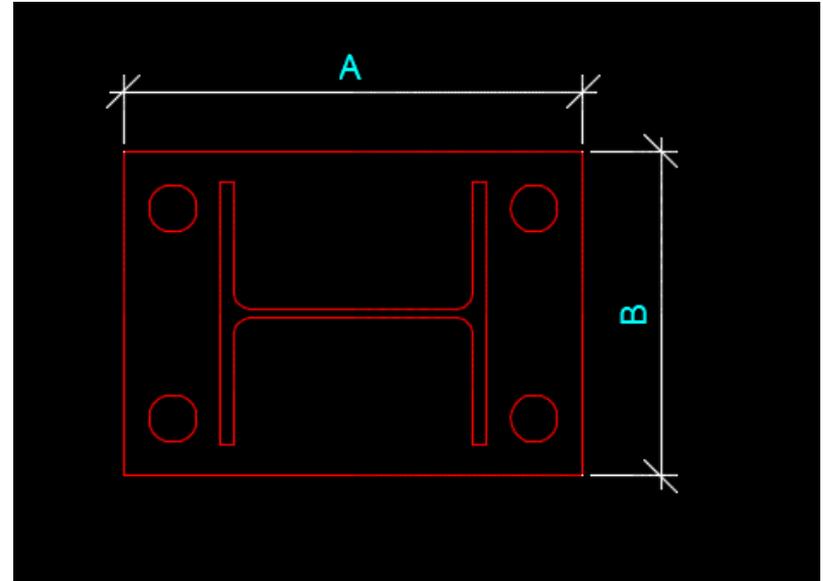
Bases engastadas a Momento Fletor e compressão



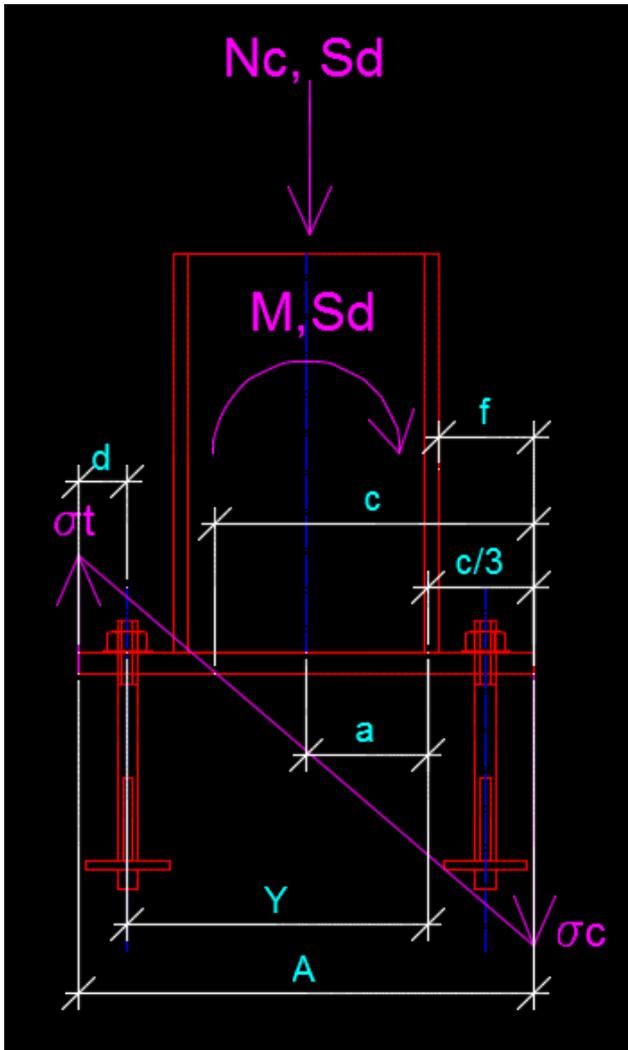
Bases engastadas a Momento Fletor e compressão

$$\sigma_c = \frac{N_{Sd}}{A \cdot B} + \frac{M_{Sd}}{W} \rightarrow \frac{N_{Sd}}{A \cdot B} + \frac{6 \cdot M_{Sd}}{B \cdot A^2}$$

$$\sigma_t = \frac{N_{Sd}}{A \cdot B} - \frac{M_{Sd}}{W} \rightarrow \frac{N_{Sd}}{A \cdot B} - \frac{6 \cdot M_{Sd}}{B \cdot A^2}$$



Bases engastadas a Momento Fletor e compressão



$$c = \frac{\sigma_c \cdot A}{\sigma_c + \sigma_t} \quad a = \frac{A}{2} - \frac{c}{3} \quad Y = A - d - \frac{c}{3}$$

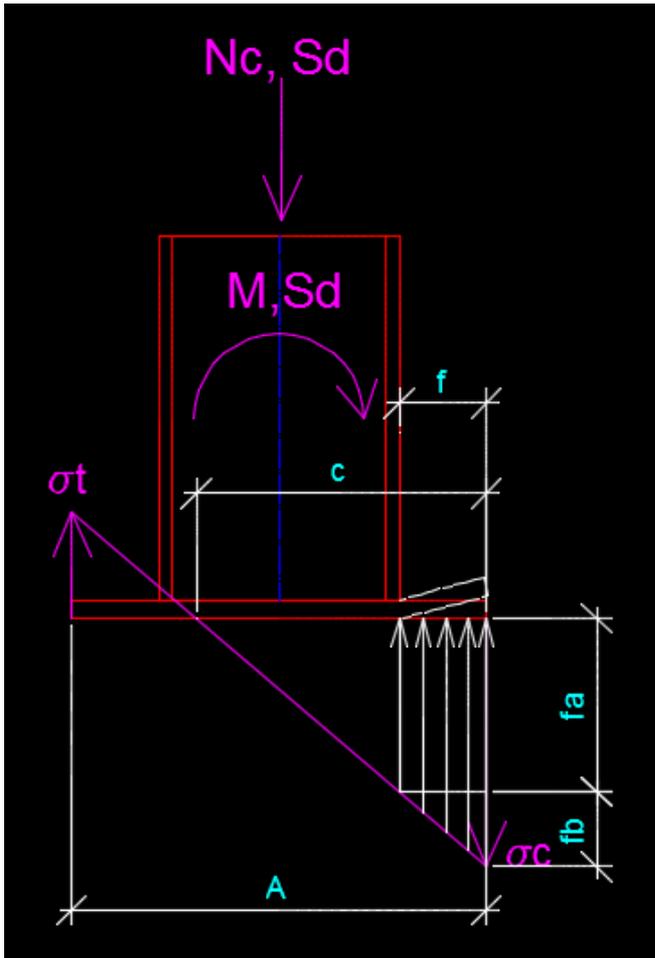
Esforço na linha de chumbadores tracionados:

$$T = \frac{M_{Sd} - N_{Sd} \cdot a}{Y}$$

Máximo valor admissível de σ_c :

$$\sigma_{c,Rd} = \frac{f_{ck}}{1,4 \cdot 1,4} \cdot \sqrt{\frac{A_2}{A_1}} \rightarrow 0,51 \cdot f_{ck} \cdot \sqrt{\frac{A_2}{A_1}}$$

Bases engastadas a Momento Fletor e compressão



Método matematicamente preciso:

$$\frac{c}{\sigma_c} = \frac{f}{f_b} \quad f_b = f \cdot \frac{\sigma_c}{c}$$

$$M_{ch} = \frac{f_a \cdot f^2}{2} + \frac{f_b \cdot f^2}{3}$$

Método Aproximado:

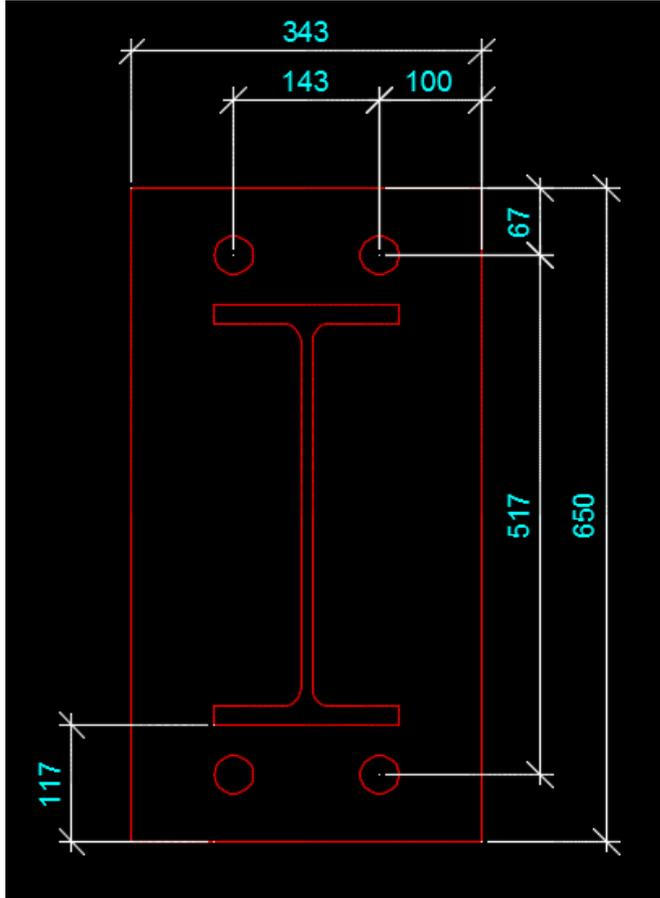
$$M_{ch} = \frac{\sigma_c \cdot f^2}{2}$$

Espessura da Chapa:

$$t = \sqrt{\frac{6 \cdot M_{ch}}{1,35 \cdot F_y}} \rightarrow t = 2,10 \cdot \sqrt{\frac{M_{ch}}{F_y}}$$

Bases engastadas a Momento Fletor e compressão

Exemplo 7: Dimensionar a chapa A36 de base abaixo... Adotar A2~A1 Concreto f_{ck} 30MPa
Chumbadores SAE1020



Cargas:

$$N_{Sd,cp} = 250kN$$

$$N_{Sd,CA} = 350kN$$

$$M_{Sd,cp} = 5000kN.cm \quad M_{Sd,CA} = 10.000kN.cm$$

$$H_{Sd,cp} = 20kN$$

$$H_{Sd,CA} = 40kN$$

Cargas Fatoradas:

$$N_{Sd} = 1,4 \cdot 250 + 1,5 \cdot 350 = 875 kN$$

$$M_{Sd} = 1,4 \cdot 5000 + 1,5 \cdot 10000 = 22000kN.cm$$

$$H_{Sd} = 1,4 \cdot 20 + 1,5 \cdot 40 = 88 kN$$

Bases engastadas a Momento Fletor e compressão

$$\sigma_c = \frac{N_{Sd}}{A \cdot B} + \frac{M_{Sd}}{W} \rightarrow \frac{N_{Sd}}{A \cdot B} + \frac{6 \cdot M_{Sd}}{B \cdot A^2} \quad \sigma_c = \frac{875}{65 \cdot 34,3} + \frac{6 \cdot 22000}{34,3 \cdot 65^2} = 1,30 \text{ kN/cm}^2$$

$$\sigma_t = \frac{N_{Sd}}{A \cdot B} - \frac{M_{Sd}}{W} \rightarrow \frac{N_{Sd}}{A \cdot B} - \frac{6 \cdot M_{Sd}}{B \cdot A^2} \quad \sigma_t = \frac{875}{65 \cdot 34,3} - \frac{6 \cdot 22000}{34,3 \cdot 65^2} = 0,51 \text{ kN/cm}^2$$

Máximo valor admissível de σ_c :

$$\sigma_{c,Rd} = \frac{f_{ck}}{1,4 \cdot 1,4} \cdot \sqrt{\frac{A_2}{A_1}} \rightarrow 0,51 \cdot f_{ck} \cdot \sqrt{\frac{A_2}{A_1}} \quad \sigma_{c,Rd} = 0,51 \cdot 3,0 \cdot \sqrt{1} = 1,53 \text{ kN/cm}^2 \text{ OK!}$$

Tração nos chumbadores:

$$c = \frac{\sigma_c \cdot A}{\sigma_c + \sigma_t} = \frac{1,30 \cdot 65}{1,30 + 0,51} = 46,68 \text{ cm}$$

$$Y = A - d - \frac{c}{3} = 65 - 6,7 - \frac{46,68}{3} = 42,74 \text{ cm}$$

$$T = \frac{M_{Sd} - N_{Sd} \cdot a}{Y} = \frac{22000 - 875 \cdot 16,94}{42,74} = 167,93 \text{ kN}$$

$$a = \frac{A}{2} - \frac{c}{3} = \frac{65}{2} - \frac{46,68}{3} = 16,94 \text{ cm}$$

$$T = \frac{167,93}{2} = 83,96 \text{ kN por chumbador tracionado}$$

Curso de Projeto e Cálculo de Estruturas metálicas

Bases engastadas a Momento Fletor e compressão

Espessura da placa de base:

Método matematicamente preciso:

$$\frac{c}{\sigma_c} = \frac{f}{f_b} \quad f_b = f \cdot \frac{\sigma_c}{c} \quad f_b = 11,7 \cdot \frac{1,3}{46,68} = 0,33 \text{ kN/cm}^2$$

$$f_a = \sigma_c - f_b = 1,3 - 0,33 = 0,97 \text{ kN/cm}^2$$

$$M_{ch} = \frac{f_a \cdot f^2}{2} + \frac{f_b \cdot f^2}{3} \quad M_{ch} = \frac{0,97 \cdot 11,7^2}{2} + \frac{0,33 \cdot 11,7^2}{3} = 81,44 \text{ kN.cm}$$

$$t = \sqrt{\frac{6 \cdot M_{ch}}{1,35 \cdot F_y}} \rightarrow t = 2,10 \cdot \sqrt{\frac{M_{ch}}{F_y}} \quad t = 2,10 \cdot \sqrt{\frac{81,44}{25}} = 3,79 \text{ cm} \approx 38 \text{ mm}$$

Método aproximado:

$$M_{ch} = \frac{\sigma_c \cdot f^2}{2} = \frac{1,3 \cdot 11,7^2}{2} = 88,97 \text{ kN.cm} \quad t = 2,10 \cdot \sqrt{\frac{88,97}{25}} = 3,96 \text{ cm} \approx 40 \text{ mm}$$

Bases engastadas a Momento Fletor e compressão

São 4 chumbadores sujeitos ao cisalhamento, portanto:

$$V_{sd} = \frac{88}{4} = 22 \text{ kN}$$

$$d_{chu} = \sqrt{1,27 \cdot \sqrt{\frac{11,39 \cdot V_{sd}^2 + 3,24 \cdot N_{sd}^2}{Fu^2}}} \rightarrow d_{chu} = \sqrt{1,27 \cdot \sqrt{\frac{11,39 \cdot 22^2 + 3,24 \cdot 83,96^2}{38,7^2}}} \rightarrow = 2,35 \text{ cm}$$

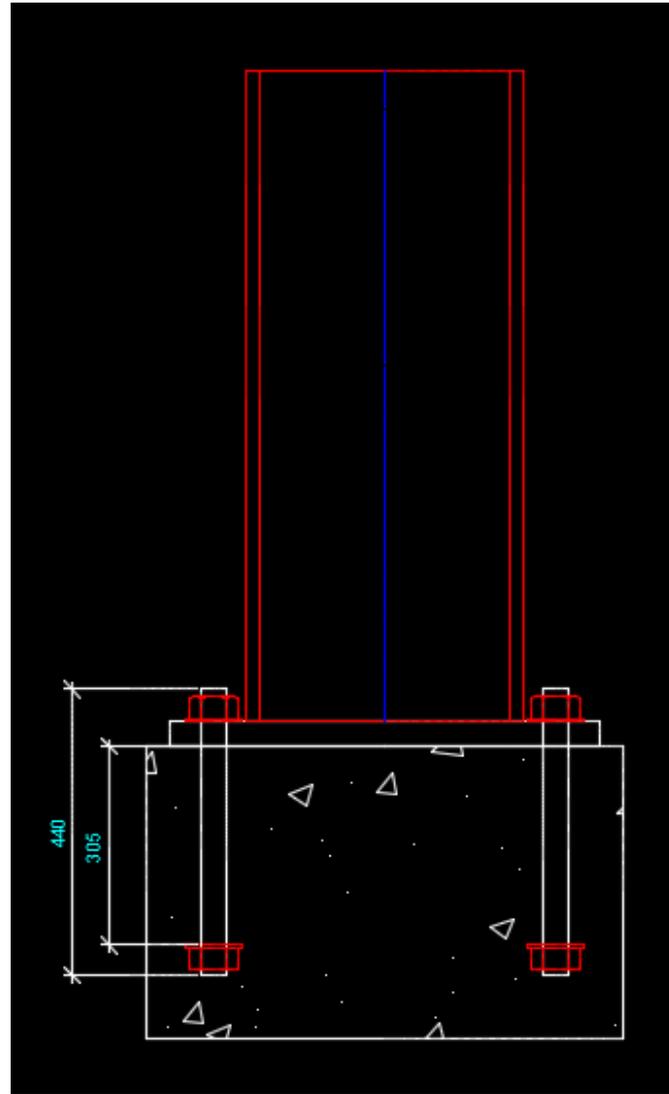
Adotado 1": 25,4mm $L_c = 12 \cdot d = 12 \cdot 25,4 = 304,8 \text{ mm} \approx 305 \text{ mm}$

$$A_{cone} = \pi \cdot L_c^2 - \frac{\left[\pi \cdot L_c^2 \cdot \cos^{-1} \left(\frac{X}{2L_c} \right) \right]}{180} + \frac{X}{2} \sqrt{L_c^2 - \frac{X^2}{4}}$$

$$A_{cone} = \pi \cdot 30,5^2 - \frac{\left[\pi \cdot 30,5^2 \cdot \cos^{-1} \left(\frac{14,3}{2 \cdot 30,5} \right) \right]}{180} + \frac{14,3}{2} \sqrt{30,5^2 - \frac{14,3^2}{4}} = 1894 \text{ cm}^2$$

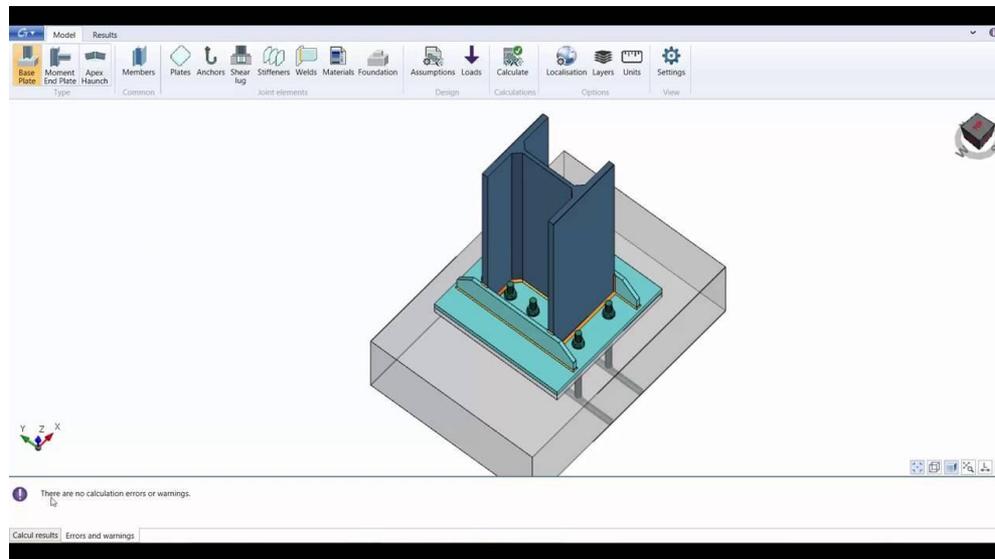
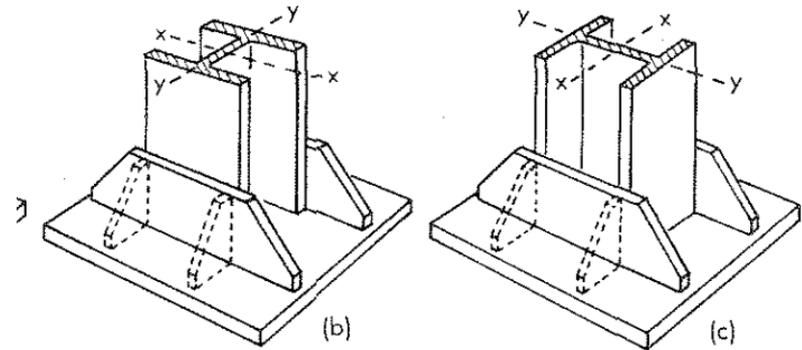
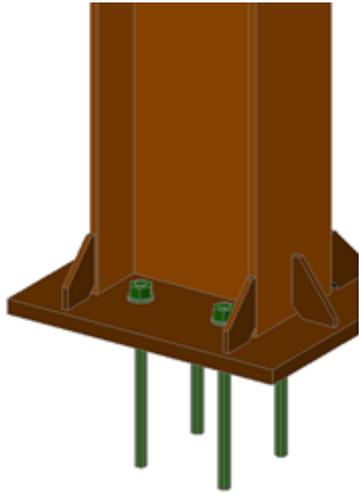
$$A_{cone} = \frac{N_{tsd}}{0,055 \cdot f_{ck}} \quad A_{cone} = \frac{83,96}{0,055 \cdot 3} = 508,84 \text{ cm}^2 < 1894 \text{ cm}^2 \text{ OK!}$$

Bases engastadas a Momento Fletor e compressão

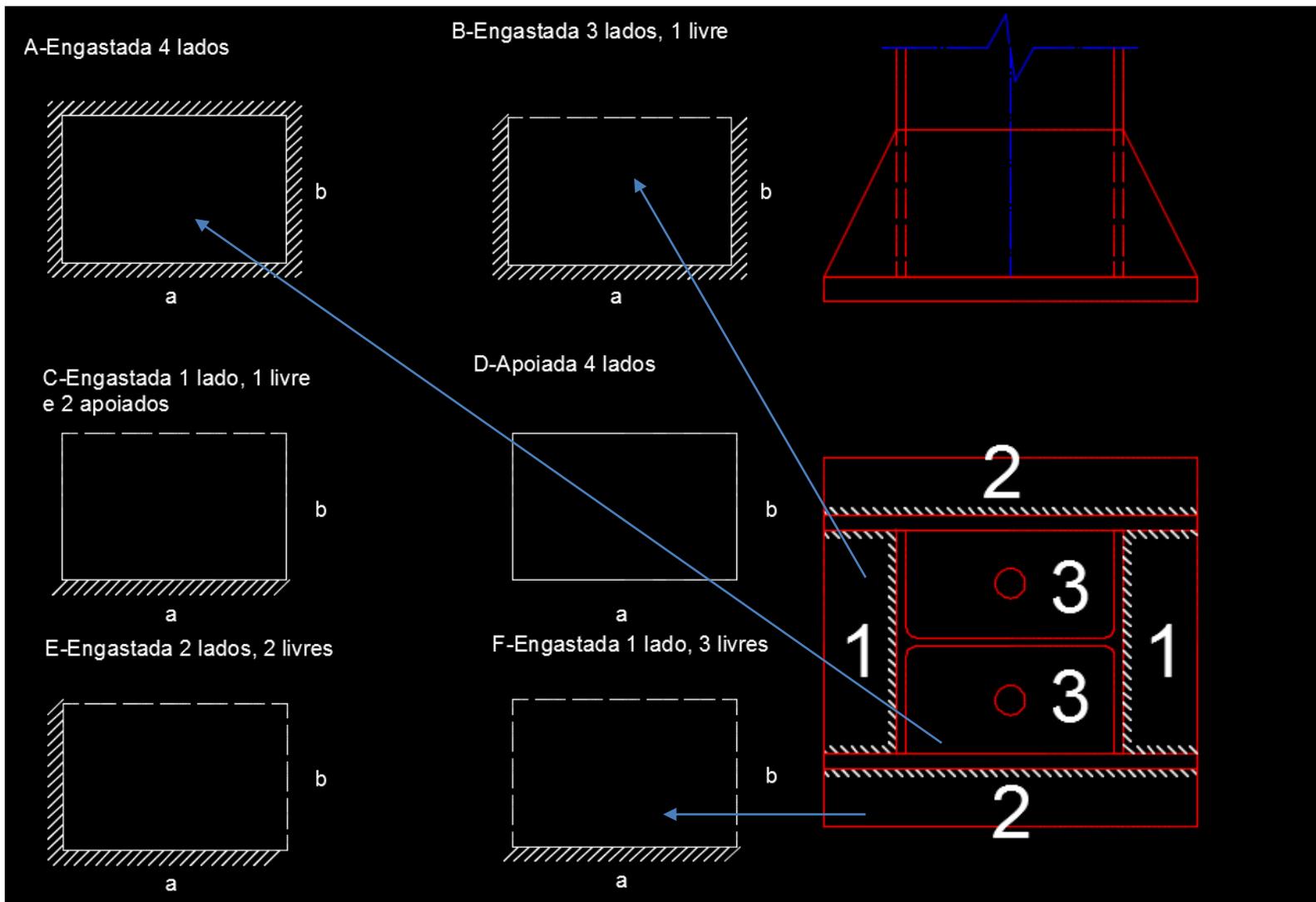


Curso de Projeto e Cálculo de Estruturas metálicas

Bases com enrijecedores



Bases com enrijecedores



Bases com enrijecedores

Extraído do livro "Formulas for Stress and Strain, 5ª Edição" - Roark, R.J & Young, C.W

Vinculação A

a/b	1	1,2	1,4	1,6	1,8	2
β	0,31	0,38	0,44	0,47	0,49	0,52

Vinculação B

a/b	0,25	0,5	0,75	1	1,5	2	3
β	0,02	0,08	0,17	0,32	0,73	1,2	2,1

Vinculação C

a/b	0,5	0,67	1	1,5	2	infinito
β	0,36	0,45	0,67	0,77	0,79	0,8

Vinculação D

a/b	0,25	0,5	0,75	1	1,5	2	3
β	0,05	0,19	0,39	0,67	1,28	1,8	2,5

Vinculação E

a/b	1	1,2	1,4	1,6	1,8	2	3
β	0,29	0,38	0,45	0,52	0,57	0,61	0,71

Vinculação F

a/b	0,125	0,25	0,375	0,5	0,75	1
β	0,05	0,19	0,4	0,63	1,25	1,8

$$t = b \cdot \sqrt{\frac{\beta \cdot \sigma_c}{1,35 \cdot F_y}}$$

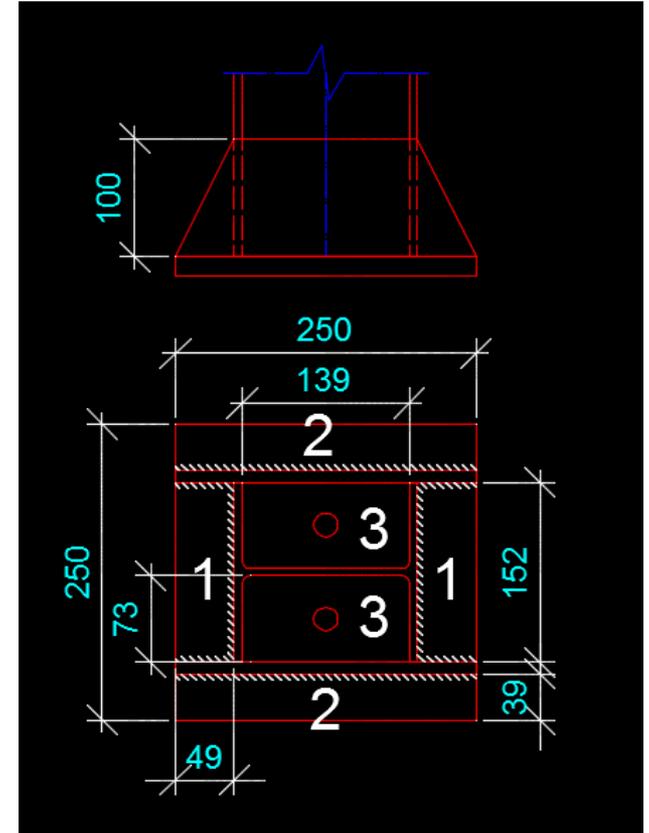
Bases de pilares com enrijecedores

Exemplo 5B: Dimensionar a espessura da chapa A36 de base, apoiada sobre um bloco de 500mm x 500mm de concreto $f_{ck}=30\text{Mpa}$, para um pilar W150X22,5(H) e sujeita a uma carga de compressão axial de 1250kN

$$\sigma_c = \frac{N_{sd}}{A_{pb}} = \frac{1250}{25.25} = 2,0 \text{ kN/cm}^2$$

$$\sigma_{c,Rd} = 0,51 \cdot f_{ck} \cdot \sqrt{\frac{A_2}{A_1}}$$

$$\sigma_{c,Rd} = 0,51 \cdot 30 \cdot \sqrt{\frac{50 \cdot 50}{25 \cdot 25}} = 3,06 \text{ porém } < 3,00 \text{ kN/cm}^2 \text{ Ok!}$$



Bases de pilares com enrijecedores

Setor 1: Vinculação tipo B

$$\frac{a}{b} = \frac{15,2}{4,9} = 3,10 \rightarrow \beta = 2,10 \quad t = b \cdot \sqrt{\frac{\beta \cdot \sigma_c}{1,35 \cdot F_y}} \quad t = 4,9 \cdot \sqrt{\frac{2,10 \cdot 2,0}{1,35 \cdot 25}} = 1,72 \text{ cm}$$

Setor 2: Calculado como console simples

$$M_{ch} = \frac{\sigma_c \cdot f^2}{2} = \frac{2,0 \cdot 3,9^2}{2} = 15,21 \text{ kN} \cdot \text{cm}$$

$$t = \sqrt{\frac{6 \cdot M_{ch}}{1,35 \cdot F_y}} \rightarrow t = 2,10 \cdot \sqrt{\frac{15,21}{25}} = 1,64 \text{ cm}$$

Setor 3: Vinculação tipo A

$$\frac{a}{b} = \frac{13,9}{7,3} = 1,904 \approx 2,00 \rightarrow \beta = 0,52 \quad t = 7,3 \cdot \sqrt{\frac{0,52 \cdot 2,0}{1,35 \cdot 25}} = 1,28 \text{ cm}$$

Como das três verificações, a do setor 1 é mais crítica, adotaremos essa como especificação (t=19mm)

Bases de pilares com enrijecedores

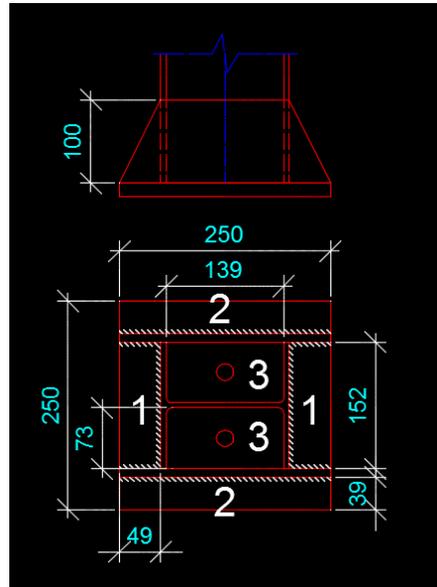
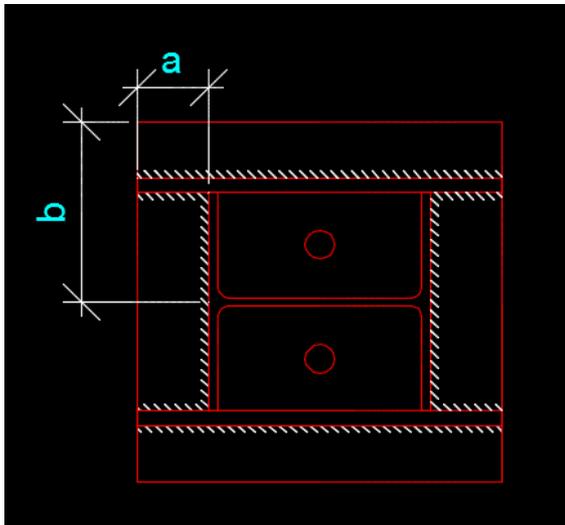
Cálculo da chapa de reforço:

$$M_{ch} = \frac{\sigma_c \cdot b \cdot a^2}{2}$$

$$M_{ch} = \frac{2,0 \cdot 12,5 \cdot 4,9^2}{2} = 300 \text{ kN.cm}$$

$$M_{Rd} = \frac{W_{ch} \cdot F_y}{1,1}$$

$$W_{ch} = \frac{t \cdot h^2}{6} = t = \frac{6,6 \cdot M_{ch}}{h^2 \cdot F_y} = \frac{6,6 \cdot 300}{10^2 \cdot 25} = 7,92 \text{ mm} \approx 8 \text{ mm}$$



peso total

$$P_{PB} = 0,25 \cdot 0,25 \cdot 0,019 \cdot 7850 = 9,32 \text{ kg}$$

$$P_{enr} = 0,1 \cdot 0,25 \cdot 0,008 \cdot 7850 - 2 \cdot 0,1 \cdot 0,049 \cdot 0,008 \cdot 7850 = 0,95 \text{ kg}$$

$$T_{total} = 9,32 + 2 \cdot 0,95 = 11,22 \text{ kg}$$

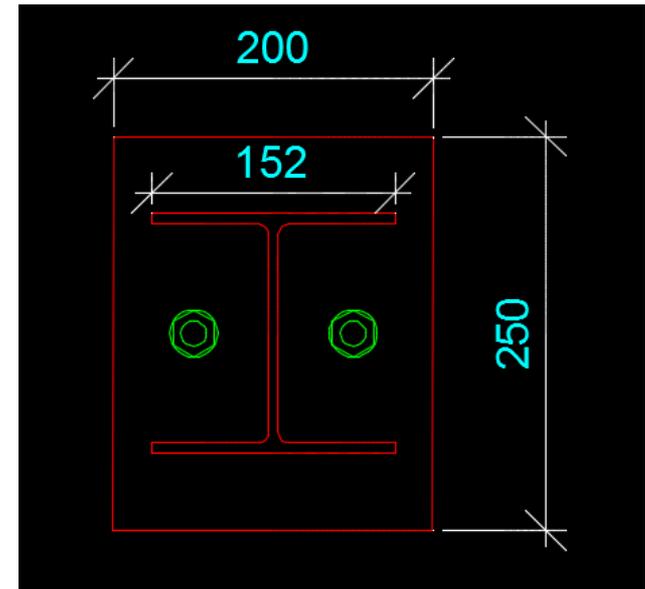
Comparando ao projeto sem enrijecedores

Exemplo 5C: Dimensionar a espessura da chapa A36 de base, apoiada sobre um bloco de 500mm x 500mm de concreto $f_{ck}=30\text{Mpa}$, para um pilar W150X22,5(H) e sujeita a uma carga de compressão axial de 1250kN

$$n' = \sqrt{\frac{d \cdot bf}{4}} \rightarrow n' = \sqrt{\frac{15,2 \cdot 15,2}{4}} = 7,6\text{cm}$$

$$m = \frac{Y - 0,95d}{2} \quad m = \frac{25 - 0,95 \cdot 15,2}{2} = 5,28\text{cm}$$

$$n = \frac{X - 0,8bf}{2} \quad n = \frac{20 - 0,8 \cdot 15,2}{2} = 3,92\text{cm}$$



Comparando ao projeto sem enrijecedores

$$\sigma_c = \frac{N_{sd}}{X \cdot Y} \quad \sigma_c = \frac{1250}{20 \cdot 25} = 2,5 \text{ kN/cm}^2$$

$$\sigma_{c,Rd} = 0,51 \cdot f_{ck} \cdot \sqrt{\frac{A_2}{A_1}} \quad \sigma_{c,Rd} = 0,51 \cdot 3,0 \cdot \sqrt{\frac{50 \cdot 50}{20 \cdot 3,0}} = 3,42 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2},$$

$$\text{Porém } \sigma_c \leq f_{ck} = 3,0 \text{ kN/cm}^2$$

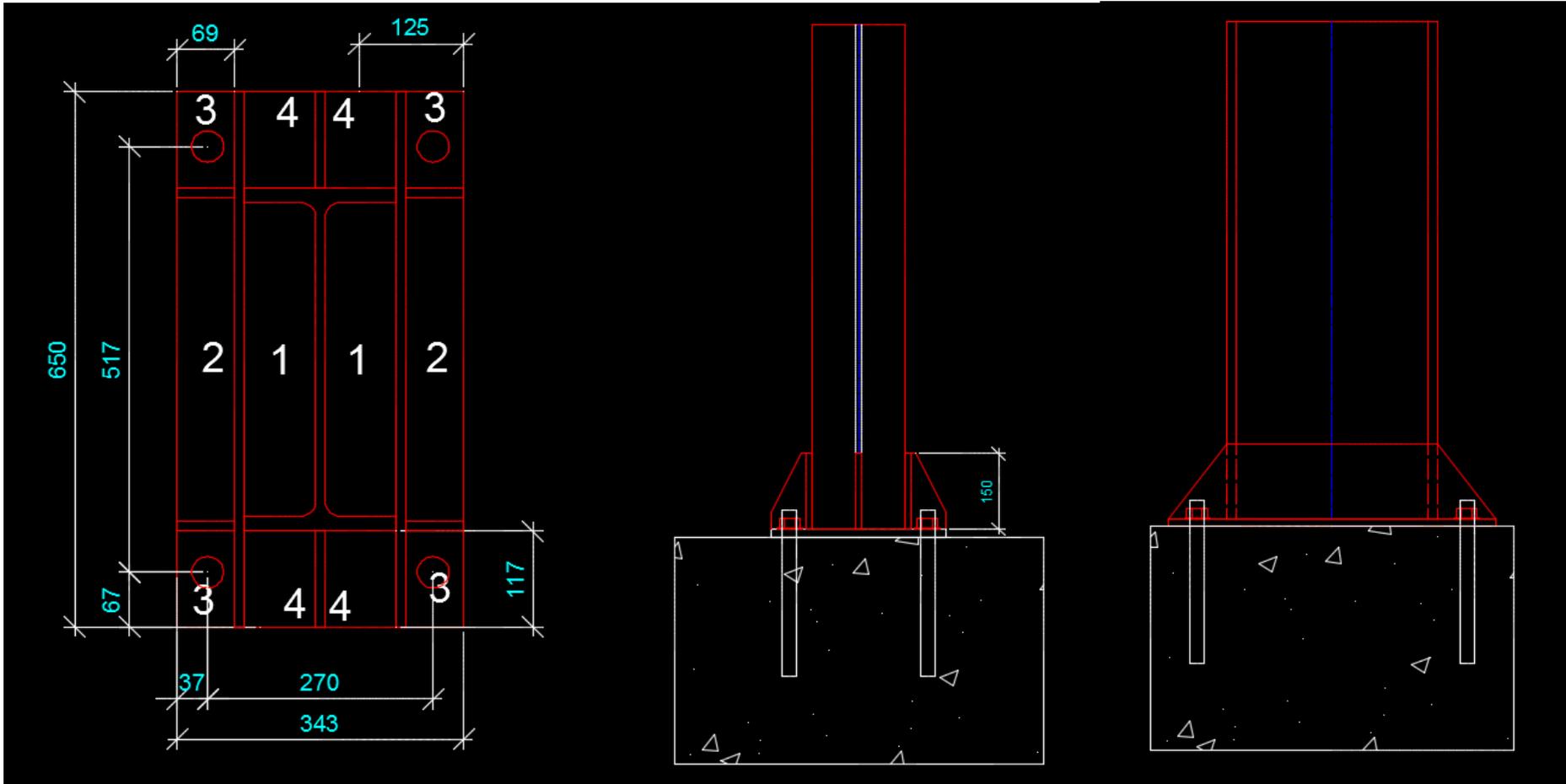
$$t = 1,49 \cdot l \cdot \sqrt{\frac{\sigma_c}{F_y}}$$

$$t = 1,49 \cdot 7,6 \cdot \sqrt{\frac{2,5}{25}} = 3,58 \text{ cm} \approx 38 \text{ mm} \quad P_{PB} = 0,20 \cdot 0,25 \cdot 0,038 \cdot 7850 = 14,92 \text{ kg}$$

A chapa enrijecida representa, neste caso, economia de 25% em peso de aço.

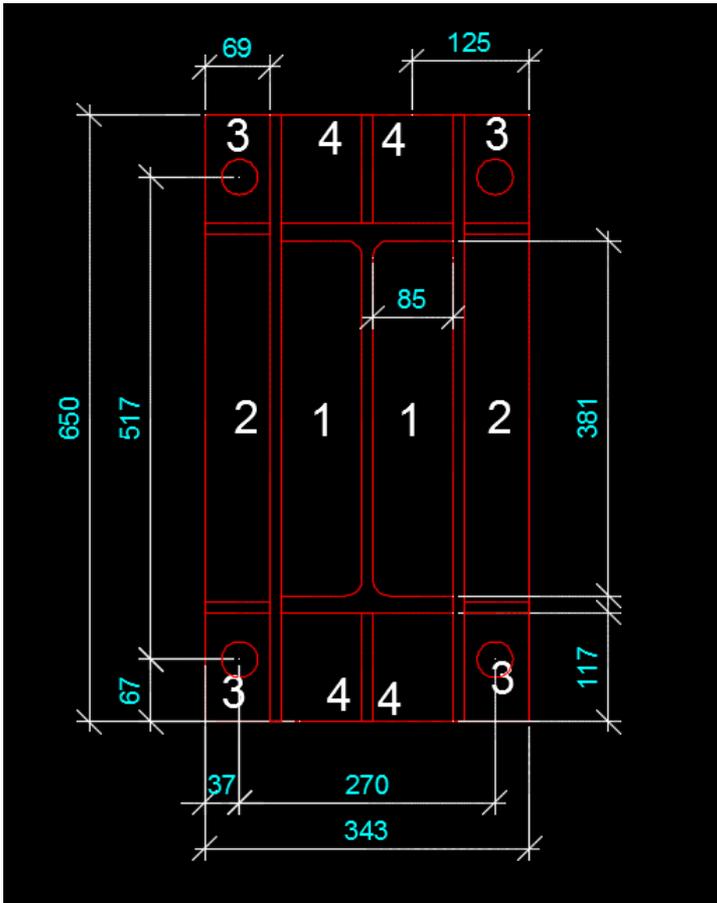
Bases engastadas a Momento Fletor e compressão

Exemplo 7: Dimensionar a chapa A36 de base abaixo... Adotar A2~A1 Concreto f_{ck} 30MPa
Chumbadores SAE1020



Bases engastadas a Momento Fletor e compressão

Exemplo 7B: Dimensionar a chapa A36 de base abaixo... Adotar A2~A1 Concreto f_{ck} 30MPa
Chumbadores SAE1020



Cargas:

$$N_{Sd,cp} = 250kN$$

$$N_{Sd,CA} = 350kN$$

$$M_{Sd,cp} = 5000kN.cm$$

$$M_{Sd,CA} = 10.000kN.cm$$

$$H_{Sd,cp} = 20kN$$

$$H_{Sd,CP} = 40kN$$

Cargas Fatoradas:

$$N_{Sd} = 1,4 \cdot 250 + 1,5 \cdot 350 = 875 kN$$

$$M_{Sd} = 1,4 \cdot 5000 + 1,5 \cdot 10000 = 22000kN.cm$$

$$H_{Sd} = 1,4 \cdot 20 + 1,5 \cdot 40 = 88 kN$$

Bases engastadas a Momento Fletor e compressão

$$\sigma_c = \frac{N_{Sd}}{A \cdot B} + \frac{M_{Sd}}{W} \rightarrow \frac{N_{Sd}}{A \cdot B} + \frac{6 \cdot M_{Sd}}{B \cdot A^2} \quad \sigma_c = \frac{875}{65 \cdot 34,3} + \frac{6 \cdot 22000}{34,3 \cdot 65^2} = 1,30 \text{ kN/cm}^2$$

$$\sigma_t = \frac{N_{Sd}}{A \cdot B} - \frac{M_{Sd}}{W} \rightarrow \frac{N_{Sd}}{A \cdot B} - \frac{6 \cdot M_{Sd}}{B \cdot A^2} \quad \sigma_t = \frac{875}{65 \cdot 34,3} - \frac{6 \cdot 22000}{34,3 \cdot 65^2} = 0,51 \text{ kN/cm}^2$$

Máximo valor admissível de σ_c :

$$\sigma_{c,Rd} = \frac{f_{ck}}{1,4 \cdot 1,4} \cdot \sqrt{\frac{A_2}{A_1}} \rightarrow 0,51 \cdot f_{ck} \cdot \sqrt{\frac{A_2}{A_1}} \quad \sigma_{c,Rd} = 0,51 \cdot 3,0 \cdot \sqrt{1} = 1,53 \text{ kN/cm}^2 \text{ OK!}$$

Tração nos chumbadores:

$$c = \frac{\sigma_c \cdot A}{\sigma_c + \sigma_t} = \frac{1,30 \cdot 65}{1,30 + 0,51} = 46,68 \text{ cm}$$

$$Y = A - d - \frac{c}{3} = 65 - 6,7 - \frac{46,68}{3} = 42,74 \text{ cm}$$

$$T = \frac{M_{Sd} - N_{Sd} \cdot a}{Y} = \frac{22000 - 875 \cdot 16,94}{42,74} = 167,93 \text{ kN}$$

$$a = \frac{A}{2} - \frac{c}{3} = \frac{65}{2} - \frac{46,68}{3} = 16,94 \text{ cm}$$

$$T = \frac{167,93}{2} = 83,96 \text{ kN por chumbador tracionado}$$

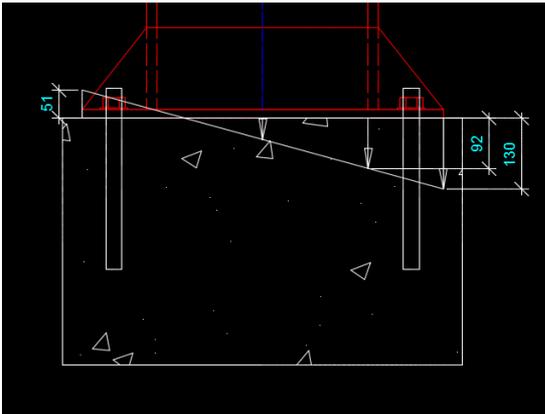
Curso de Projeto e Cálculo de Estruturas metálicas

Bases de pilares com enrijecedores

Setor 1: Vinculação tipo A

$$\frac{a}{b} = \frac{38,1}{8,5} = 4,48 \rightarrow \beta = 0,52$$

$$t = b \cdot \sqrt{\frac{\beta \cdot \sigma_c}{1,35 \cdot F_y}} \quad t = 8,5 \cdot \sqrt{\frac{0,52 \cdot 0,92}{1,35 \cdot 25}} = 1,01 \text{ cm}$$



Por semelhança de triângulos, temos que a regiões 1 e 2 sofrem compressão máxima de 0,92 kN/cm²

Setor 2: Vinculação tipo B

$$\frac{a}{b} = \frac{38,1}{6,9} = 5,52 \rightarrow \beta = 2,10$$

$$t = b \cdot \sqrt{\frac{\beta \cdot \sigma_c}{1,35 \cdot F_y}} \quad t = 6,9 \cdot \sqrt{\frac{2,10 \cdot 0,92}{1,35 \cdot 25}} = 1,65 \text{ cm}$$

Bases de pilares com enrijecedores

Setor 3: Vinculação tipo E

$$\frac{a}{b} = \frac{11,7}{6,9} = 1,69 \rightarrow \beta = 0,57 \quad t = b \cdot \sqrt{\frac{\beta \cdot \sigma_c}{1,35 \cdot F_y}} \quad t = 6,9 \cdot \sqrt{\frac{0,57 \cdot 1,30}{1,35 \cdot 25}} = 1,02 \text{ cm}$$

Setor 4: Vinculação tipo B

$$\frac{a}{b} = \frac{8,5}{11,7} = 0,72 \rightarrow \beta = 0,17 \quad t = b \cdot \sqrt{\frac{\beta \cdot \sigma_c}{1,35 \cdot F_y}} \quad t = 11,7 \cdot \sqrt{\frac{0,17 \cdot 1,30}{1,35 \cdot 25}} = 0,95 \text{ cm}$$

Adotado espessura 19mm devido a verificação da região 2

Bases de pilares com enrijecedores

Verificação dos enrijecedores

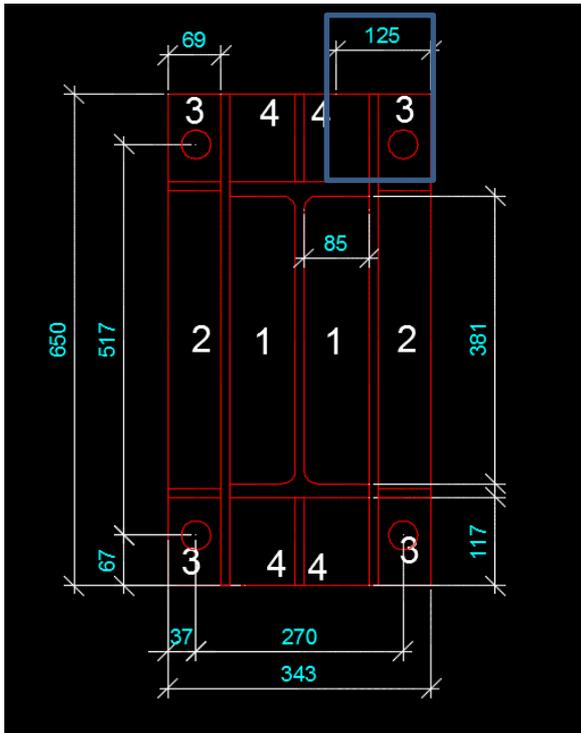
$$M_{ch} = \frac{\sigma_c \cdot b \cdot a^2}{2}$$

$$M_{ch} = \frac{1,3 \cdot 12,5 \cdot 11,7^2}{2} = 1112 \text{ kN.cm}$$

$$t = \frac{6,6 \cdot M_{ch}}{h^2 \cdot F_y} = \frac{6,6 \cdot 1112}{10^2 \cdot 25} = 1,3 \text{ cm} \approx 16 \text{ mm}$$

Supondo que tenhamos disponíveis apenas chapas de 10mm:

$$h = \sqrt{\frac{6,6 \cdot M_{ch}}{t \cdot F_y}} = \sqrt{\frac{6,6 \cdot 1112}{1,0 \cdot 25}} = 17,13 \text{ cm} \approx 180 \text{ mm}$$



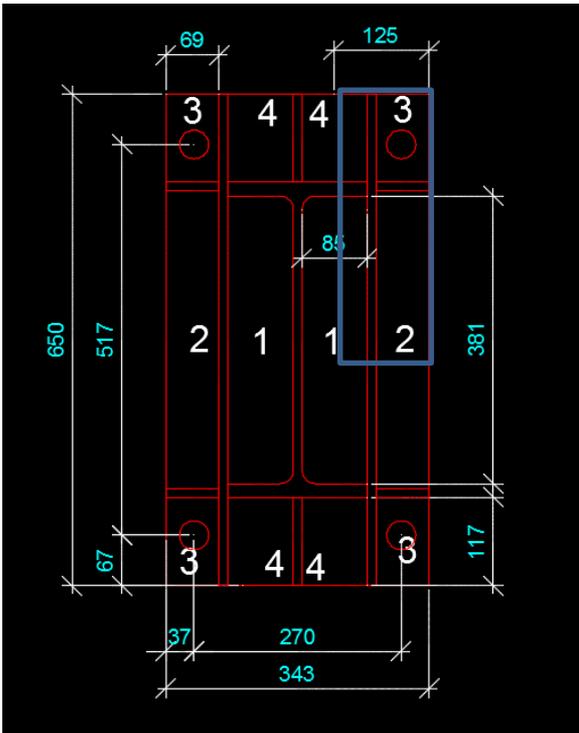
Bases de pilares com enrijecedores

Verificação dos enrijecedores

$$M_{ch} = \frac{\sigma_c \cdot b \cdot a^2}{2}$$

$$M_{ch} = \frac{1,3 \cdot 32,5 \cdot 6,9^2}{2} = 1006 \text{ kN.cm}$$

$$t = \frac{6,6 \cdot M_{ch}}{h^2 \cdot F_y} = \frac{6,6 \cdot 1006}{18^2 \cdot 25} = 8,19 \text{ mm} < 10 \text{ mm OK!}$$



Peso da placa de base sem enrijecedor (ex.6)

$$P_{PB} = 0,343 \cdot 0,65 \cdot 0,038 \cdot 7850 = 66,50 \text{ kg}$$

Peso da placa de base enrijecida

$$P_{PB} = 0,343 \cdot 0,65 \cdot 0,019 \cdot 7850 = 35 \text{ kg}$$

$$P_{enr} = [2 \cdot (65 \cdot 18 - 18 \cdot 11,7) \cdot 1,0 + (18,11 \cdot 11,7) \cdot 1,0 + (6,9 \cdot 18 \cdot 2) \cdot 1,0] \cdot 0,007850 = 18,67 \text{ kg}$$

$$P_{Total} = 35 + 18,67 = 53,67 \text{ kg } (-19,3\%)$$

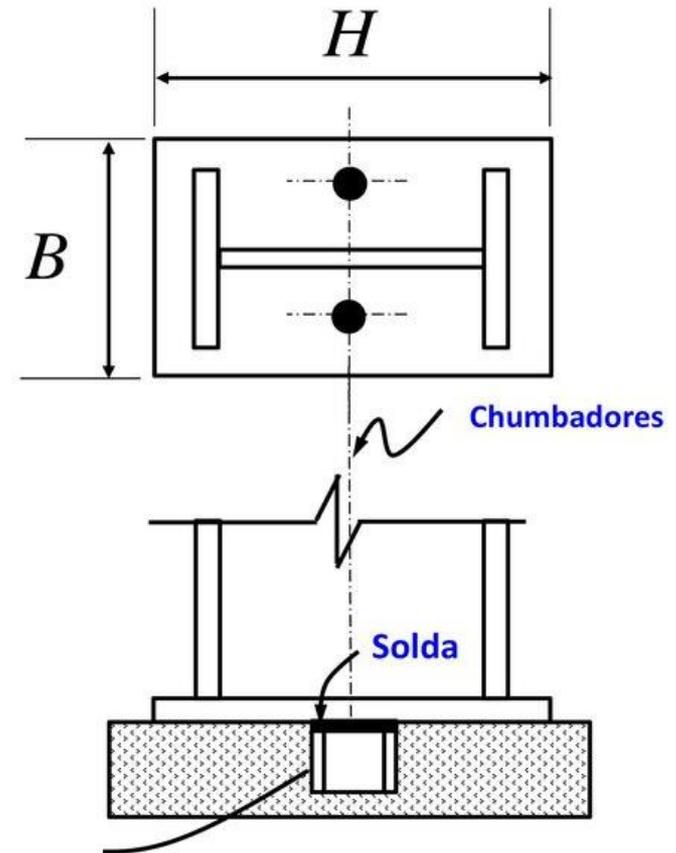
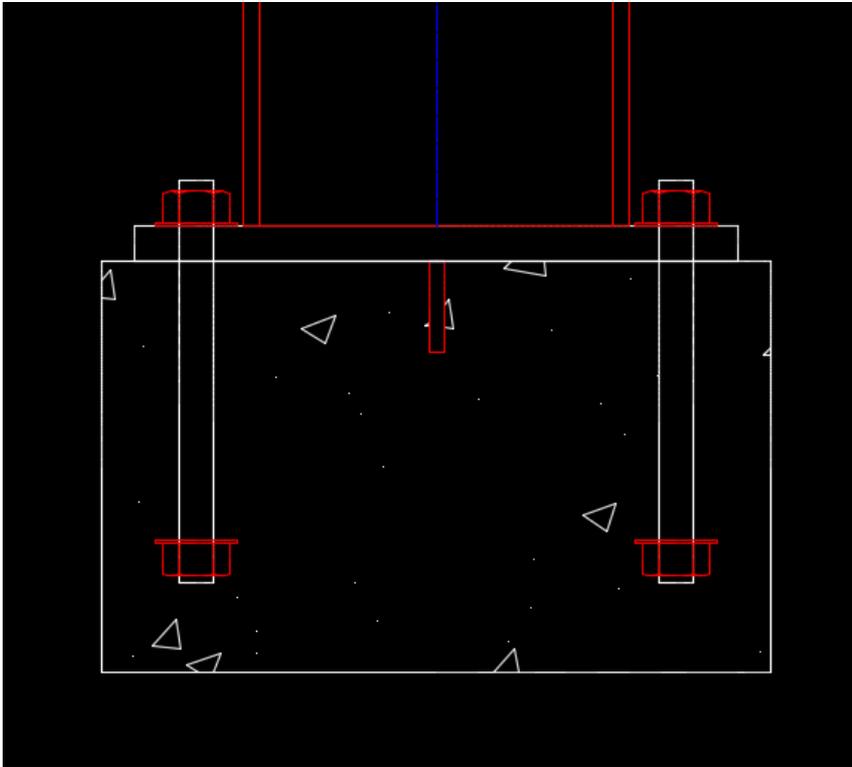
PARTE 4

BARRAS DE

CISALHAMENTO

Curso de Projeto e Cálculo de Estruturas metálicas

Barras de cisalhamento



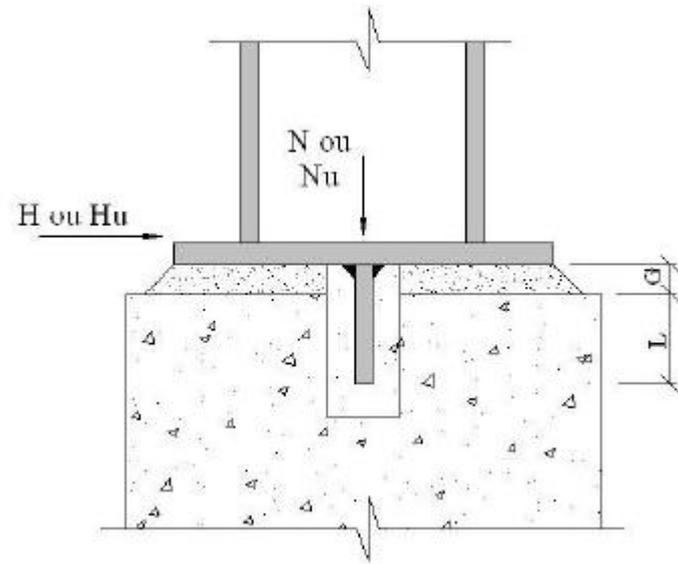
Barras de cisalhamento

$$H_{tr} = H - \frac{0,55 \cdot N_{sd}}{1,10} \rightarrow \text{Sendo } 0,55 \text{ o coeficiente de atrito Aço - Concreto}$$

$$A_{esm} = \frac{H_{tr}}{0,51 F_{ck}}$$

$$M_{sd} = \frac{H_{tr}}{b} \cdot \left(\frac{L}{2} + G \right)$$

$$t = \sqrt{\frac{6,6 \cdot M_{sd}}{F_y}}$$



Barras de cisalhamento

Exemplo 8: Dimensionar a espessura da barra de cisalhamento para uma placa de base 360mm x 360mm sujeita a uma carga horizontal de 420 kN e 540 kN de cargas verticais permanentes de compressão. Adotar 20cm de barra de cisalhamento, enchimento de grout de 5cm, e concreto 21MPa

$$H_{tr} = H - \frac{0,55 \cdot N_{sd}}{1,10} \rightarrow 420 - \frac{0,55 \cdot 540}{1,10} = 150 \text{ kN}$$

$$A_{esm} = \frac{H_{tr}}{0,51 F_{ck}} \quad A_{esm} = \frac{150}{0,51 \cdot 21} = 140 \text{ cm}^2 \quad L = \frac{140}{20} = 7 \text{ cm} \quad + 5 \text{ cm} = 12 \text{ cm}$$

$$M_{sd} = \frac{H_{tr}}{b} \cdot \left(\frac{L}{2} + G \right) \quad M_{sd} = \frac{150}{20} \cdot \left(\frac{7}{2} + 5 \right) = 63,75 \text{ kN.cm}$$

$$t = \sqrt{\frac{6,6 \cdot M_{sd}}{F_y}} \quad t = \sqrt{\frac{6,6 \cdot 63,75}{25}} = 4,10 \text{ cm}$$

Barras de cisalhamento

Usando toda a largura da chapa

$$H_{tr} = H - \frac{0,55 \cdot N_{sd}}{1,10} \rightarrow 420 - \frac{0,55 \cdot 540}{1,10} = 150 \text{ kN}$$

$$A_{esm} = \frac{H_{tr}}{0,51 F_{ck}} \quad A_{esm} = \frac{150}{0,51 \cdot 2,1} = 140 \text{ cm}^2$$

$$M_{sd} = \frac{H_{tr}}{b} \cdot \left(\frac{L}{2} + G \right) \quad M_{sd} = \frac{150}{36} \cdot \left(\frac{7}{2} + 5 \right) = 35,41 \text{ kN.cm}$$

$$t = \sqrt{\frac{6,6 \cdot M_{sd}}{F_y}} \quad t = \sqrt{\frac{6,6 \cdot 35,41}{25}} = 3,05 \text{ cm} \approx 32 \text{ mm}$$