

20 -TRAVAMENTO INTERBLOCOS SOBRE ESTACAS, TUBULÕES E SAPATAS

O assunto aqui abordado diz respeito aos riscos da dispensa aleatória de travamento entre blocos isolados sobre estacas e tubulões por meio de cintas em uma ou duas direções. Tolerâncias de acordo com a NBR 6122/1996-Projeto e Execução de Fundações, mantidas na proposta de revisão de 2006.

1-A Norma e a bibliografia consultada recomendam evitar, tanto quanto possível, o uso de estacas e tubulões isolados, e respectivo bloco sob pilares. O travamento, nesses casos, é recomendado nas duas direções de forma aproximadamente ortogonal.

1.1- Tolerar-se, sem qualquer correção, um desvio correspondente a 10% do diâmetro do fuste, entre o eixo da estaca (ou do tubulão) e o ponto de aplicação da resultante das solicitações do pilar. Para desvios superiores deve ser feita uma verificação estrutural e caso o dimensionamento da estaca (ou do tubulão) não seja satisfatório deve-se corrigir a excentricidade total mediante recurso estrutural. Nesse caso as vigas do travamento devem ser dimensionadas para a excentricidade real.

1.2- É obrigatório, na verificação de segurança à flambagem do pilar, considerar um acréscimo de comprimento de flambagem dependente das condições de engastamento da estaca (ou do tubulão).

2- Em conjuntos de estacas ou tubulões alinhados, com excentricidades na direção de seus planos, deve-se verificar a solicitação admitindo-se, sem correção, um acréscimo de 15% sobre a carga admissível de estacas, e 10% de tubulões. Ultrapassados esses limites impõe-se o acréscimo de estacas ou de tubulões, ou recurso estrutural. Prevalecem os critérios definidos em **1.1** e **1.2** para excentricidades na direção normal ao plano das estacas ou tubulões.

3- Em conjuntos de estacas ou tubulões não alinhados devem ser verificadas as solicitações em todas as peças admitindo-se, sem correção, acréscimos de 15% sobre a carga admissível de estacas, e 10% sobre a de tubulões. Ultrapassados esses limites impõe-se o acréscimo de estacas ou de tubulões, ou recurso estrutural.

4- Tolerâncias quanto ao desaprumo de estacas e tubulões. Sempre que se apresentar um desvio angular relativo à posição projetada deve ser feita a verificação de estabilidade, tolerando-se, sem medidas corretivas, um desvio de 1:100. Em se tratando de grupo de estacas ou de tubulões a verificação deve ser feita para o conjunto, levando-se em conta a contenção do solo e as ligações estruturais. Desvios maiores requerem detalhe especial.

5-Recomenda-se fazer uma verificação posterior da estrutura quanto às consequências das tolerâncias acima referidas, assim como daquelas decorrentes da ovalização de camisas metálicas de tubulões.

Comentários do autor.

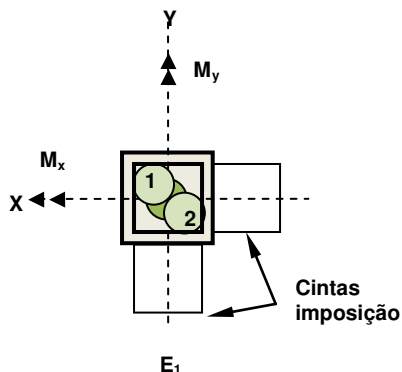
Os exemplos ilustrativos contemplam, apenas, cargas verticais, sem considerar erros de locação de pilares, a inércia relativa ao produto XY, e momentos estáticos. Cintas têm funções importantes: impedem deslocamentos horizontais de fundações, limitam as rotações absorvendo momentos decorrentes de excentricidades construtivas, definem o real comprimento de flambagem do primeiro trecho de pilares, servem de suporte para alvenarias, e devem ser dimensionadas para resistir a eventuais esforços de tração decorrentes de recalques.

As frequentes excentricidades construtivas, os parâmetros envolvidos, com destaque para as incógnitas da interação solo/estrutura, o tipo de solo, além de as peças se manterem sem condições de observação visual, nos levam a recomendar, para edificações comuns, que as cintas de travamento sejam previstas para blocos de até 3 estacas, previamente dimensionadas para absorverem as solicitações decorrentes da excentricidade tolerada pela norma: 10% do diâmetro do fuste. Ademais, os blocos devem ser dimensionados para a capacidade axial das estacas e nunca para aquelas que permaneçam abaixo da sua capacidade nominal.

Nota: as cintas são usualmente posicionadas com sua face superior coincidindo com a face superior do bloco.

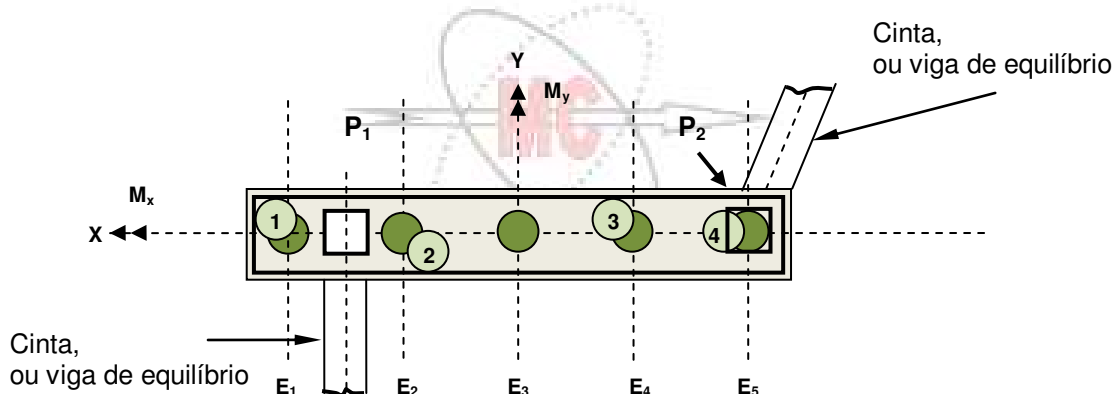
1 ESTACA: E1

CROQUI – ESCALA LIVRE



1-Projeto: Pilar P_1 centrado em X-Y.
 Estaca centrada em X-Y
 2-Pilar pode não estar centrado.
 3-Estacas com excentricidades, nas posições 1 ou 2
 4-Momento em Y-Y (torsor em X-X), ou momento em X-X (torsor em Y-Y) aumentando a carga na estaca.
 Impõe-se verificação e travamento nos dois sentidos.
 O uso de uma só estaca não é recomendado na bibliografia técnica.

ESTACAS ALINHADAS: E1-E2-E3-E4-E5



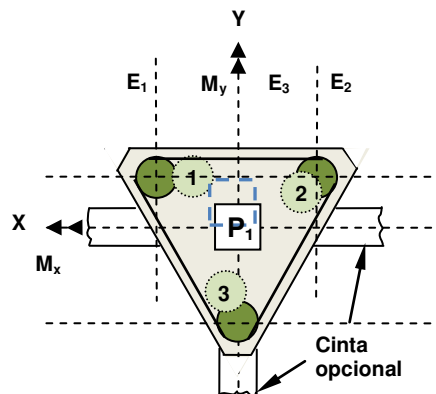
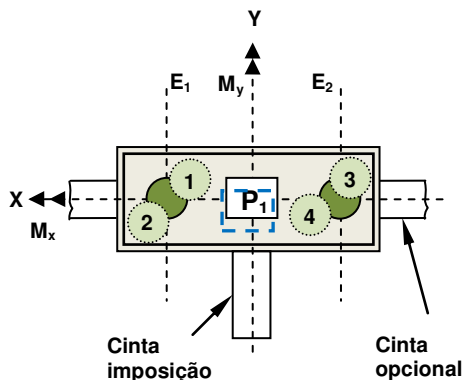
O Prof. Marcelo da Cunha Moraes sugere o seguinte para as cintas de travamento: $bw \geq 20 \text{ cm}$; $h \geq \ell/12$ (ℓ =vão da viga); dimensioná-las como pilar bi-rotulado, compressão centrada, carregamento $N1=0,1N$ (N = carga do pilar a ser travado), armaduras nas faces superior e inferior. Essas armaduras e os estribos devem ser $\geq$ às mínimas de pilar. Cita abaixo o que diz o Prof. Meseguer. Havendo a excentricidade “e” entre o centro do pilar e o da peça de fundação, a armadura da cinta deverá ser obtida com o momento fletor $Md=[K1/(K1+K2)](M+N.e)\gamma_f$; $K1$ e $K2$ -rigidezes das vigas que chegam no pilar; M =momento na direção da viga; N =carga de serviço trazida pelo pilar; γ_f – coeficiente de majoração

1-Projeto: Pilares P_1 e P_2 centrados em X-X. Estacas centradas em X-X
 2-Pilares podem não estar centrados.
 3-Estacas com excentricidades, nas posições 1, 2, 3 ou 4
 4-Momento em Y-Y (torsor em X-X), ou momento em X-X aumentando a carga nas estacas.
 Impõe-se verificação e travamento no sentido Y-Y. Inserir nova estaca, usar cintas e/ou vigas de equilíbrio, dependendo do caso.

2 ESTACAS: E1-E2

CROQUI – ESCALA LIVRE

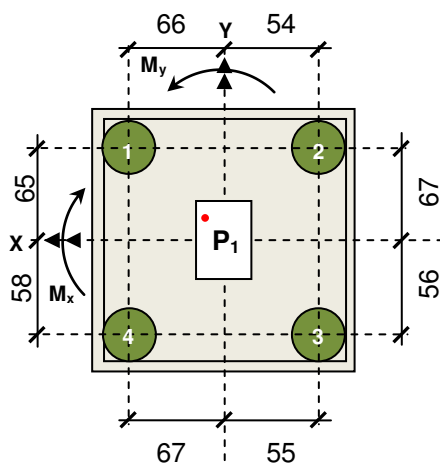
3 ESTACAS: E1-E2-E3



1-Projeto: Pilar P_1 centrado em X-Y.
Estacas nos eixos E1 e E2
2-Pilar pode não estar centrado.
3-Estacas com excentricidades, nas posições 1, 2, 3 ou 4
4-Imposição construtiva impede girar o bloco.
5-Momento em Y-Y (torsor em X-X), ou momento em X-X aumentando a carga na estaca.
Impõe-se o travamento em Y-Y e verificação da sua carência em X-X.

1-Projeto: Pilar P_1 centrado em X-Y.
Estacas nos eixos E1, E2 e E3
2-Pilar pode não estar centrado.
3-Estacas com excentricidades, nas posições 1, 2, ou 3
4-Imposição construtiva impede girar o bloco.
5-Momento em Y-Y (torsor em X-X), ou momento em X-X (torsor em Y-Y) aumentando a carga nas estacas.
Impõe-se verificação e travamento em um, ou nos dois sentidos.

EXEMPLO 1 – BLOCO SOBRE 4 ESTACAS: E1-E2-E3-E4



PROJETO 1: espaçamento inteixos de estacas 120 cm, simétricas em relação aos eixos do pilar; pilar centrado com carga de 2500 kN; capacidade da estaca – 650 kN

$$e_x = (54 + 55 - 66 - 67) / 4 = -24 / 4 = -6 \text{ cm} \rightarrow M_y = 2500 \cdot (-0,06) = -150 \text{ kN.m}$$

$$e_y = (65 + 67 - 58 - 56) / 4 = +18 / 4 = 4,5 \text{ cm} \rightarrow M_x = 2500 \cdot 0,045 = +112,5 \text{ kN.m}$$

$$\sum x_i^2 = (66-6)^2 + (54+6)^2 + (55+6)^2 + (67-6)^2 = 1,464$$

$$\sum y_i^2 = (58+4,5)^2 + (65-4,5)^2 + (67-4,5)^2 + (56+4,5)^2 = 1,513$$

$$R = N/n \pm M_x \cdot y_i / \sum y_i^2 \pm M_y \cdot x_i / \sum x_i^2$$

$$RE1 = 2500 / 4 + 112,5(0,65 - 0,045) / 1,513 + 150(0,66 - 0,06) / 1,464 = 731,46$$

$$RE2 = 2500 / 4 + 112,5(0,67 - 0,045) / 1,513 - 150(0,54 + 0,06) / 1,464 = 610,00$$

$$RE3 = 2500 / 4 - 112,5(0,56 + 0,045) / 1,513 - 150(0,55 + 0,06) / 1,464 = 517,51$$

$$RE4 = 2500 / 4 - 112,5(0,58 + 0,045) / 1,513 + 150(0,67 - 0,06) / 1,464 = 641,03$$

$$RE1 = 731 \text{ kN} < 650 \text{ (+12\%)}$$

$$RE2 = 610 \text{ kN} < 650 \text{ (-6,2\%)}$$

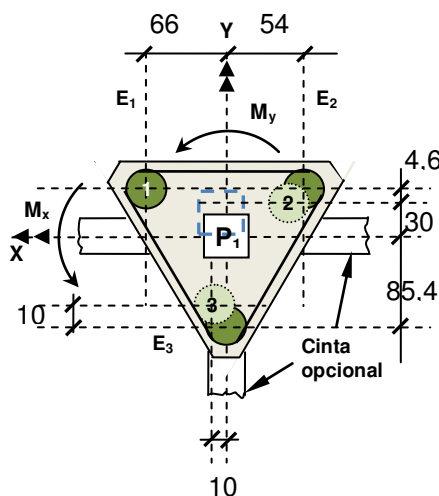
$$RE3 = 517 \text{ kN} > 650 \text{ (-20\%)}$$

$$RE4 = 641 \text{ kN} < 650 \text{ (-1,4\%)}$$

Acréscimo de carga aceitável
Verificar projeto e o bloco
Travamento opcional

EXEMPLO 2- BLOCO SOBRE 3 ESTACAS: E1-E2-E3

CROQUI – ESCALA LIVRE



PROJETO 2: espaçamento intereixos de estacas 120 cm, simétricas em relação ao eixo Y do pilar; pilar no C.G. do triângulo com carga de 1200 kN; capacidade da estaca – 400 kN

$$e_x = (-66 + 54 - 10)/3 = -22/3 = -7,53 \text{ cm} \rightarrow M_y = 1200(-0,0753) = -87,96 \text{ kN.m}$$

$$e_y = (34,6 + 30 - 75,4)/3 = -10,8/3 = -3,6 \text{ cm} \rightarrow M_x = 1200(-0,036) = -43,20 \text{ kN.m}$$

$$\sum x_i^2 = (0,66 - 0,0733)^2 + (0,54 + 0,0733)^2 + (0,10 - 0,0733)^2 = 0,7211$$

$$\sum y_i^2 = (0,346 + 0,036)^2 + (0,30 + 0,036)^2 + (0,754 - 0,036)^2 = 0,7743$$

$$R = N/n \pm M_x.y_i/\sum y_i^2 \pm M_y.x_i/\sum x_i^2$$

$$RE1 = 1200/3 - 43,2(0,346 + 0,036)/0,7743 + 87,96(0,66 - 0,0733)/0,7211 = 450,25 \text{ kN}$$

$$RE2 = 1200/3 - 43,2(0,030 + 0,036)/0,7743 - 87,96(0,54 + 0,0733)/0,7211 = 306,44 \text{ kN}$$

$$RE3 = 1200/3 + 43,2(0,754 - 0,036)/0,7743 + 87,96(0,10 - 0,0733)/0,7211 = 443,32 \text{ kN}$$

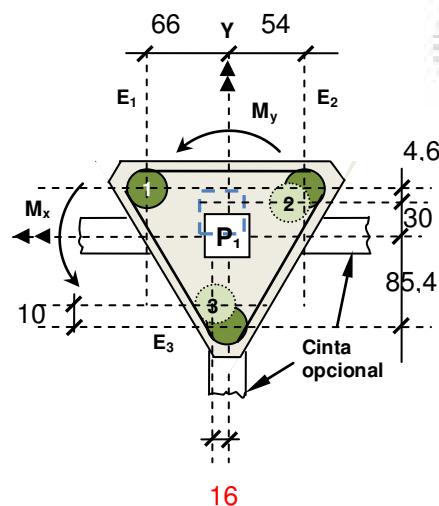
$$RE1 = 450 \text{ kN} > 400 (+12,5\%)$$

$$RE2 = 306 \text{ kN} < 400 (-23,5\%)$$

$$RE3 = 443 \text{ kN} > 400 (+10,8\%)$$

Acréscimo de carga aceitável
Verificar projeto e o bloco
Travamento opcional

EXEMPLO 3- BLOCO SOBRE 3 ESTACAS: E1-E2-E3



PROJETO 3: espaçamento intereixos de estacas 120 cm, simétricas em relação ao eixo Y do pilar; pilar no C.G. do triângulo com carga de 1200 kN; capacidade da estaca – 400 kN

$$e_x = (-66 + 54 - 16)/3 = -28/3 = -9,33 \text{ cm} \rightarrow M_y = 1200(-0,0933) = -111,96 \text{ kN.m}$$

$$e_y = (34,6 + 30 - 75,4)/3 = -10,8/3 = -3,6 \text{ cm} \rightarrow M_x = 1200(-0,036) = -43,20 \text{ kN.m}$$

$$\sum x_i^2 = (0,66 - 0,0933)^2 + (0,54 + 0,0933)^2 + (0,16 - 0,0933)^2 = 0,7267$$

$$\sum y_i^2 = (0,346 + 0,036)^2 + (0,30 + 0,036)^2 + (0,754 - 0,036)^2 = 0,7743$$

$$R = N/n \pm M_x.y_i/\sum y_i^2 \pm M_y.x_i/\sum x_i^2$$

$$RE1 = 1200/3 - 43,2(0,346 + 0,036)/0,7743 + 111,96(0,66 - 0,0933)/0,7267 = 466,03 \text{ kN}$$

$$RE2 = 1200/3 - 43,2(0,030 + 0,036)/0,7743 - 111,96(0,54 + 0,0933)/0,7267 = 283,65$$

$$RE3 = 1200/3 + 43,2(0,754 - 0,036)/0,7743 + 111,96(0,16 - 0,0933)/0,7267 = 450,34$$

$$RE1 = 466 \text{ kN} > 400 (+16,5\%)$$

$$RE2 = 284 \text{ kN} < 400 (-29,0\%)$$

$$RE3 = 450 \text{ kN} > 400 (+12,5\%)$$

Acréscimo de carga **inaceitável**
Inserir estaca ou travamento
Verificar projeto e o bloco

NOTA: Recomenda-se ao projetista da fundação requerer do contratante a entrega oficial do desenho de locação real das estacas após a cravação.

TRAVAMENTO INTERFUNDAÇÕES SUPERFICIAIS - SAPATAS

Comentários do autor.

No caso de fundações superficiais as cintas são indispensáveis, ligando as peças em duas direções aproximadamente ortogonais, devendo ser previstas para, também, trabalharem à tração, tendo em vista que, em edificações comuns, sob a ocorrência de recalques eles tendem a ser maiores no centro da obra.

Consta abaixo a figura extraída do livro “Fundações – Volume 1-Dirceu A. Veloso e Francisco R. Lopes”, edição de 2004 indicando diversos tipos de travamentos que devem ser previstos em obras comuns. É inquestionável a competência dos autores no que tange aos assuntos envolvendo os diversos sistemas de fundações.

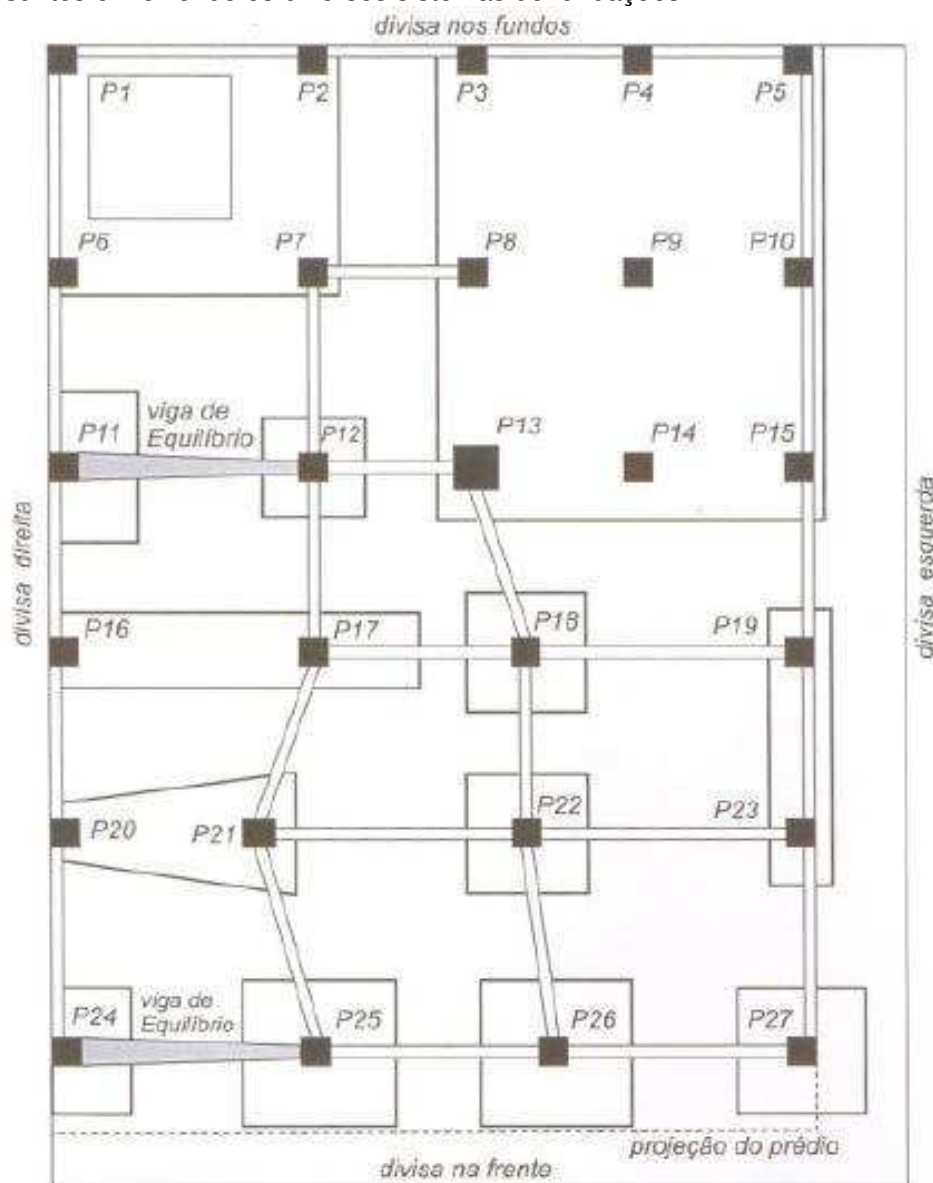


Fig. 7.12 - Exemplo de disposição de fundações superficiais

Nota: No caso de sapatas levar a cinta de travamento ao pilar, e calcular o toco (pescoço) do pilar para essa situação

Bibliografia.

NBR 6122/1996 – Projeto e Execução de Fundações. Opiniões de internautas-vide anexo.
 Estruturas de Fundações – Marcello da C. Moraes; Fundações – Dirceu Velloso e Francisco Lopes; Exercícios de Fundações-Urbano Alonso; Cimentaciones de Estructuras–C.W.Dunham; Traité de Béton Armé-A. Guerrin

Junho de 2008