

INCREMENTO DE ESFORÇOS GERADOS EM BLOCOS DE COROAMENTO DEVIDO A ESTACAS EXCÊNTRICAS

DOUGLAS LIANDRO BRASIL^{*1}, ÍTALO LINHARES SALOMÃO²,
ELAINE CRISTINA RODRIGUES PONTE³.

¹ Engenheiro Civil, UNIFOR, Fortaleza-CE. Fone: (85) 3477-3000, douglas_liandro@hotmail.com

² M.Sc. Professor Engenharia Civil, UNIFOR, Fortaleza-CE. Fone: (85) 3477-3000, italosalomao@unifor.br

³ M.Sc. Professora Engenharia Civil, UNIFOR, Fortaleza-CE. Fone: (85) 3477-3000, elaineponte@unifor.br

Apresentado no
Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC' 2015
15 a 18 de setembro de 2015 - Fortaleza-CE, Brasil

RESUMO: Blocos de coroamento ou blocos sobre estacas são elementos estruturais utilizados para transmitir as ações oriundas da superestrutura para as estacas. As estacas que sofrem excentricidade em seus eixos originais de projeto, gerando incrementos de esforços, deverão ser verificadas a fim de garantir a viabilidade do bloco através do não esmagamento das bielas, assim como a validação das tensões nos tirantes. O processo de cálculo usualmente empregado para a determinação das reações nas estacas é o método de bielas e tirantes. A análise numérica foi realizada com o auxílio de programa de computador baseado no método dos elementos finitos, onde foram simulados três blocos sobre quatro estacas. Os resultados finais mostram os incrementos gerados devido a essas estacas excêntricas em cada um dos casos analisados. Em nenhum caso houve acréscimo de armadura, porém observou-se incremento dos esforços na biela podendo ocasionar esmagamentos.

PALAVRAS-CHAVE: Blocos de coroamento. Bielas e tirantes. Estacas excêntricas. Fundações.

EFFORTS INCREASE CAUSED IN PILE CAPS DUE TO CAP EXCENTRICITY

ABSTRACT: Pile caps are structural elements used to transfer actions from the superstructure to the piles. The piles that have suffered displacement in their original axis, generating efforts increase, should be evaluated in order to ensure the viability of pile caps by not crashing the ties, as well as validating the strut stresses. The calculation process normally used to determine the reactions at the piles is the method of strut and tie. The numerical analysis was performed with the aid of a computer program based on the finite element method, where three pile caps were simulated, each supported on four piles. The final results show increases generated due to these eccentric piles in each of the cases. There wasn't any case where the armor was increased, but it could be observed an increase of stresses in the strut, which may cause crushing.

KEYWORDS: Piles cap. Numerical analysis. Eccentric piles. Foundation.

INTRODUÇÃO

As fundações são elementos estruturais que têm a finalidade de transmitir os esforços oriundos da superestrutura ao solo. O grande número de problemas relacionados a fundações em edifícios, com ênfase em blocos de coroamento com estacas excêntricas, vem se tornando um assunto cada vez mais abordado nos dias atuais devido seu corrente acontecimento. Blocos de coroamento, ou blocos sobre estacas, são elementos geralmente de concreto armado complexos devido ao seu comportamento mecânico e a sua ordem de grandeza, destinados a transferir esses esforços mencionados às estacas da edificação.

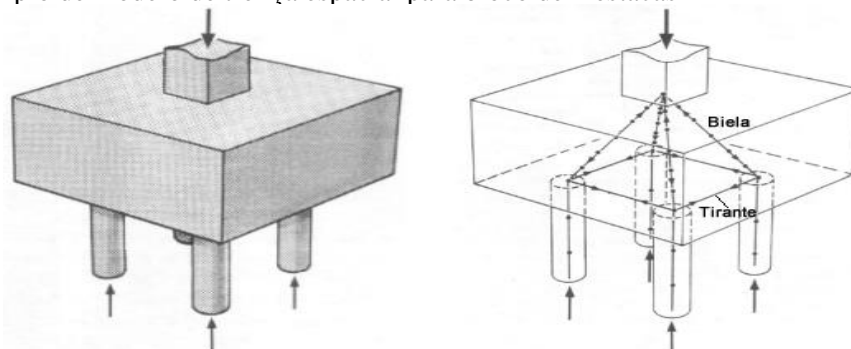
O objetivo geral deste trabalho será relacionar os incrementos de esforços gerados devido à alteração do centro de gravidade de estacas em blocos de coroamento, estruturando critérios para sua avaliação e seu dimensionamento.

MATERIAL E MÉTODOS

O método de bielas é o mais aplicado no dimensionamento de blocos de coroamento. É fundamentado nos trabalhos experimentais feitos por Blévoit e Frémy (1967) e baseia-se em admitir no interior do bloco uma treliça espacial composta por barras tracionadas e barras comprimidas, unindo-se por meio de nós. As barras tracionadas da treliça ficam localizados no plano médio das armaduras, que é horizontal e se situa acima do plano de arrasamento das estacas.

As barras comprimidas, as bielas, são inclinadas e definidas a partir da interseção do eixo das estacas com o plano médio das armaduras com um ponto definido na região nodal do pilar. O cálculo das forças nas bielas e tirantes é feito através do equilíbrio entre as forças internas e externas. O concreto irá resistir as forças de compressão nas bielas e a armadura (barras horizontais) irá resistir a tração atuante. A ideia do método é determinar a força de tração e calcular a área de armadura necessária, além de verificar as tensões de compressão nas bielas, determinadas nas áreas situadas junto ao pilar e à estaca. Os esforços atuantes no pilar são transferidos às estacas por quatro bielas diagonais comprimidas, onde o equilíbrio é garantido pela armadura que pode ter várias formas de distribuição.

Figura 1. Exemplo de modelo de treliça espacial para bloco de 4 estacas



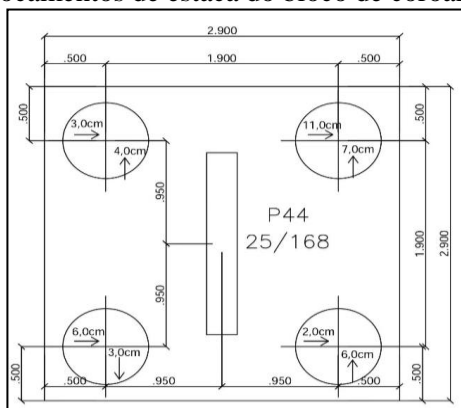
Fonte: Koerich (2014)

Devido à complexidade da análise dos esforços internos de uma treliça espacial, foi utilizado o programa computacional baseado no método dos elementos finitos SAP2000. Para o estudo da treliça, este programa utiliza elementos de barra para descrever as bielas e tirantes, ligadas por nós rotulados, sendo o conjunto submetido a um carregamento nodal aplicado, no caso deste trabalho, no nó a qual representa a introdução de carga do pilar. Para os nós dos apoios, foi aplicado a condição de contorno a qual se restringe a translação em todos os sentidos, e permite a rotação em todos os eixos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observou-se que as estacas apresentaram excentricidade maior do que a permitida por norma, sendo, portanto, necessária a verificação dos blocos de coroamento em seus dois sentidos (X e Y).

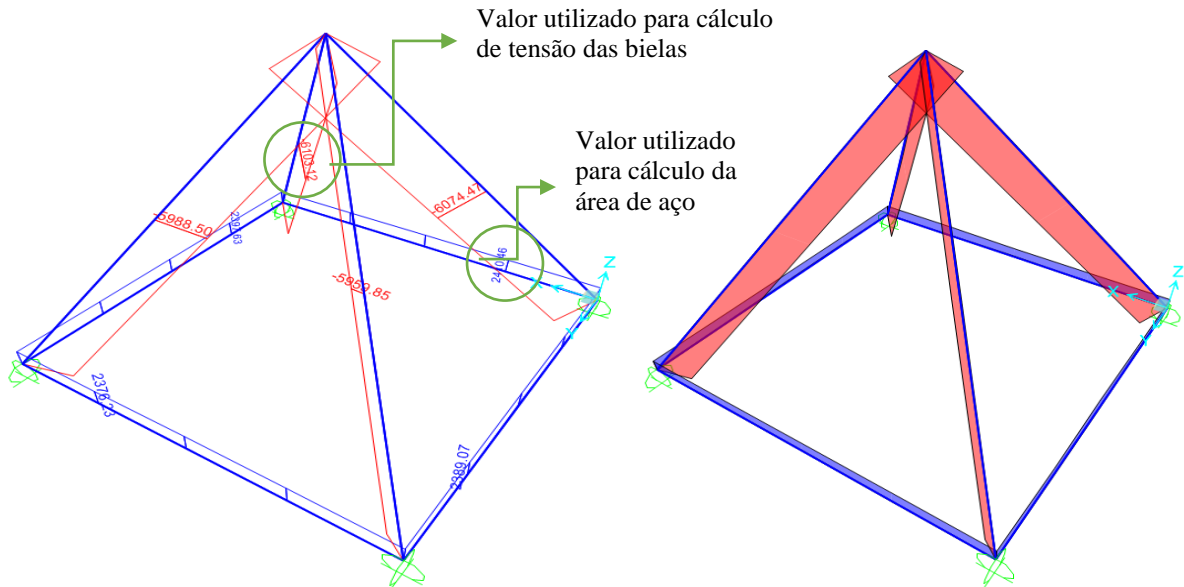
Figura 2. Planta baixa com deslocamentos de estaca do bloco de coroamento 01.



Fonte: Autor (2015)

Foi modelado a treliça espacial com elementos de barra sobre apoios sem restrição a rotação. A determinação dos seus comprimentos, assim como a angulação entre barras foram determinadas a partir do método de bielas e tirantes.

Figura 3. Esforços internos do bloco 01.



Fonte: Autor (2015), feito a partir de *software* SAP2000.

Para o cálculo dos esforços atuantes no boco de coroamento foram utilizadas as seguintes formulas mostradas na figura a seguir.

Figura 4. Cálculos para determinação de tensões no bloco de coroamento 01.

Antes do deslocamento de estacas	Após deslocamento de estacas
<p>1) Verificação de tensão junto ao pilar:</p> $\sigma_p = \frac{Nd}{Ap \cdot \sin^2 \alpha} = \frac{6103000}{(250 \cdot 1680) \cdot \sin^2(53,3)} = 22,70 N / mm^2$	<p>1) Verificação de tensão junto ao pilar:</p> $\sigma_{pilar} = \frac{Nd}{Ap \cdot \sin^2 \alpha} = \frac{6435000}{(250 \cdot 1680) \cdot \sin^2(53,3)} = 23,93 N / mm^2$
<p>2) Verificação de tensão junto à estaca:</p> $\sigma_{estaca} = \frac{Nd}{4Ae \cdot \sin^2 \alpha} = \frac{6103000}{4 \cdot (350^2 \cdot \pi) \cdot \sin^2(53,3)} = 6,19 N / mm^2$	<p>2) Verificação de tensão junto à estaca:</p> $\sigma_{estaca} = \frac{Nd}{4Ae \cdot \sin^2 \alpha} = \frac{6435000}{4 \cdot (350^2 \cdot \pi) \cdot \sin^2(53,3)} = 6,53 N / mm^2$
<p>3) Tensão limite:</p> $\sigma_{lim} = 2,1 \cdot Kr \cdot f_{cd} = 2,1 \cdot 0,9 \cdot \frac{20}{1,4} = 27 N / mm^2$	<p>3) Tensão limite:</p> $\sigma_{lim} = 2,1 \cdot Kr \cdot f_{cd} = 2,1 \cdot 0,9 \cdot \frac{20}{1,4} = 27 N / mm^2$
<p>4) Cálculo da área de aço:</p> $\sigma_A = \frac{F}{A} = \frac{2411}{\frac{50}{1,15}} = 55,45 cm^2$	<p>4) Cálculo da área de aço:</p> $\sigma_A = \frac{F}{A} = \frac{2518}{\frac{50}{1,15}} = 57,91 cm^2$

Fonte: Autor (2015)

Os resultados finais mostram os incrementos gerados devido as estacas excêntricas em cada um dos casos analisados. A redistribuição das tensões gerou os seguintes resultados mostrados na tabela 1.

Tabela 1. Resultados finais de cada bloco de coroamento.

Blocos	Tensões	Sem deslocamento	Com deslocamento	Unidade	Diferença (%)	Resultado
B1	σ_{pilar}	22,7	23,93	N/mm ²	5,15	Desfavorável (Caso analisado)
	σ_{estaca}	6,19	6,53	N/mm ²	5,15	
	A_s	55,45	57,91	cm ²	4,24	
B2	σ_{pilar}	22,7	22,48	N/mm ²	0,96	Favorável
	σ_{estaca}	6,19	6,13	N/mm ²	0,96	
	A_s	55,45	52,8	cm ²	4,77	
B3	σ_{pilar}	23,01	23,45	N/mm ²	1,88	Desfavorável
	σ_{estaca}	11,73	11,95	N/mm ²	1,88	
	A_s	37,21	37,32	cm ²	0,30	

Fonte: Autor (2015).

CONCLUSÕES

Os resultados finais mostram os incrementos gerados devido a essas estacas excêntricas em cada um dos casos analisados.

No caso do bloco B1 (mostrado neste artigo) foi observado que após os deslocamentos das estacas houve um acréscimo do esforço normal de 6103KN para 6435KN. No caso desta excentricidade do bloco B1 houve um acréscimo de tensão na biela de 22,70 N/mm² para 23,94 N/mm², o que representa cerca de 5,2% de acréscimo, que ainda está dentro dos parâmetros aceitáveis.

No bloco B2 foi observado que após os deslocamentos das estacas houve uma redução do esforço normal nas bielas de 6103KN para 6045KN. No caso desta excentricidade do bloco B2 houve um decréscimo de tensão na biela de 22,705N/mm² para 22,489 N/mm², o que representa aproximadamente 1% de diferença, considerado ainda dentro dos parâmetros aceitáveis. Não houve acréscimo de armadura.

E por último no bloco B3 foi observado que após os deslocamentos das estacas houve um acréscimo do esforço normal de 3332KN para 3396KN. No caso desta excentricidade do bloco B3 houve um acréscimo de tensão na biela de 23,01N/mm² para 23,45N/mm², o que representa cerca de 2% de acréscimo. Não houve acréscimo de armadura.

REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6122: Projeto e Execução de Fundações. Rio de Janeiro.
- BLÉVOT, J.; FRÉMY, R. Semelles sur piex. Anales d'Institut Technique du Bâtiment et des Travaux Publics, Paris, v. 20, n. 230, p. 223-295, fev.1967.
- CANADIAN STANDARDS ASSOCIATION (1994). CSA. Standard-A23.3-94-Design of Concrete Structures. Rexdale.
- HACHICH, W. et al. (1998). Fundações: Teoria e Prática. São Paulo.
- KORICH, M.M.M.; Critérios de dimensionamento de blocos de fundação adotados pelo Eberick. Disponível em: <http://faq.altoqi.com.br/content/545/1208/pt-br/criterios-de-dimensionamento-de-blocos-de-funda%C3%A7%C3%A3o-adotados-pelo-eberick.html>. Acesso em: 13 de jun. 2015.
- SILVA, R. C.; GIONGO, J. S. (2000). Modelos de Bielas e Tirantes Aplicados a Estruturas de Concreto Armado. Projeto REENGE, São Carlos, EESC – USP.