

ANÁLISE DO COMPORTAMENTO ESTRUTURAL DE BLOCOS RÍGIDOS SOBRE ESTACAS COM PILARES DE SEÇÕES QUADRADAS E RETANGULARES SOB A AÇÃO DE FORÇA VERTICAL, HORIZONTAL E MOMENTO FLETOR

Fabiana Stripari Munhoz¹ & José Samuel Giongo²

Resumo

Este trabalho propõe realizar uma análise do comportamento estrutural de blocos rígidos sobre estacas solicitadas por forças vertical e horizontal e momento fletor, considerando a influência de seções geométricas quadradas e retangulares dos pilares. Será desenvolvida uma análise numérica tridimensional e não linear, pelo método dos elementos finitos, com o auxílio de um programa de computador. Será investigada a distribuição do fluxo das tensões principais, possibilitando o entendimento do modelo estrutural, e, a criação de modelos mais refinados utilizando o Modelo de Bielas e Tirantes. A análise numérica levará em consideração a fissuração do concreto no estudo dos efeitos da perda de rigidez dos elementos estruturais. Se necessário será realizada análise experimental com modelos reduzidos.

Palavras-chave: Blocos sobre estacas. Fundações. Modelo de bielas e tirantes.

STRUCTURAL ANALYSIS OF THE BEHAVIOR A REINFORCED CONCRETE PILE-CAP WITH COLUMN WITH SQUARE AND RECTANGULAR SECTIONS SUBMITTED TO THE ACTION OF A VERTICAL AND HORIZONTAL LOAD AND BENDING MOMENT

Abstract

An analysis of the behavior a reinforced concrete pile-cap submitted to the action of a vertical and horizontal load and bending moment account the influence of cross section column measures is proposed. Three-dimensional analysis will be developed using software based on finite element method. Principal stresses flow will be investigated, this will lead to understanding of the structural model, and the creation of more refined models using strut and tie model. The numerical analysis consider the cracking to study the effects of loss of stiffness of structural elements. If necessary will be held also an experimental analysis in reduced models.

Keywords: Pile caps. Footings. Strut-and-tie.

Linha de Pesquisa: Estruturas de Concreto e de Alvenaria.

1 INTRODUÇÃO

Os blocos sobre estacas são elementos estruturais em que não se podem adotar as hipóteses de Bernoulli, ou seja, no elemento a distribuição de tensões é não-linear, por causa da variação complexa de tensão produzida por descontinuidades. O bloco sobre estacas é um elemento definido pela não manutenção da seção plana, seu dimensionamento pode ser feito utilizando-se o Modelo de

¹ Doutoranda em Engenharia de Estruturas - EESC-USP, fs-munhoz@uol.com.br

² Professor Doutor do Departamento de Engenharia de Estruturas da EESC-USP, jsgiongo@sc.usp.br



Bielas e Tirantes, que tem sua utilização consagrada para outros tipos de elementos como consolos e vigas paredes.

Os modelos de bielas e tirantes têm sido parte das principais normas internacionais. A norma brasileira ABNT NBR 6118:2007 também sugere para os casos de blocos rígidos que o modelo estrutural adotado para cálculo e dimensionamento deve ser tridimensional, linear ou não, e modelos de bielas e tirantes tridimensionais, sendo esses últimos os preferidos por definir melhor a distribuição de forças nas bielas e tirantes.

O método de Blévet e Frémy (1967), conhecido como “Método das Bielas”, se aproxima mais de uma analogia de treliça do que ao Modelo de Bielas e Tirantes, pois, não define as regiões nodais e as tensões que nelas precisam ser verificadas, ou seja, faz uma verificação apenas da tensão de compressão nas bielas, e não nas regiões nodais, além disso, não define dimensão de bielas e tirantes.

O Método das Bielas de Blévet e Frémy (1967) é utilizado até os dias atuais para o dimensionamento de blocos rígidos sobre estacas, e é baseado nos seus estudos e pesquisas. Esses pesquisadores realizaram ensaios em cem blocos sobre duas, três e quatro estacas com a finalidade de verificar a aplicabilidade da teoria das bielas em relação à ruína.

No método de Blévet e Frémy (1967) são utilizadas algumas simplificações: as forças nos pilares são consideradas centradas, todas as estacas precisam estar igualmente afastadas do centro do pilar. Pode ser empregado no caso de ações que não são centradas, desde que se admita que todas as estacas fiquem submetidas à maior força transferida. O método foi concebido para pilares de seção quadrada, portanto para utilizá-lo em blocos que possuem pilares retangulares, ou qualquer outra seção diferente de um quadrado, é usual se adotar uma seção quadrada equivalente para o projeto do bloco, o que, em alguns casos, difere muito do real funcionamento do elemento estrutural. O mais adequado neste caso é estudar um modelo de cálculo para pilares de seções diferentes de um quadrado.

Atualmente vários pesquisadores têm analisado o assunto, com interesse em padronizar um modelo de bielas e tirantes para os blocos rígidos sobre estacas. Há dificuldade da padronização do método para se utilizar em blocos, pois existe uma variação muito grande de seus componentes, além dos diferentes tipos de seções de pilares, o bloco pode estar submetido a diferentes tipos de ações, momentos e forças horizontais em pilares que também denotarão diferentes tipos de treliça para atender o método.

Delalibera (2006) fez análise experimental e numérica de blocos sobre duas estacas com seções quadradas e retangulares. Verificou que a área da seção transversal influencia na capacidade portante dos modelos.

2 MÉTODO

Para realização deste trabalho adotou-se o método descrito a seguir:

Inicialmente foi ampliada a pesquisa bibliográfica ligada ao tema. Uma revisão dos métodos de dimensionamento utilizados para blocos sobre estacas e normas nacionais e internacionais atuais também foi realizada. O acompanhamento de outros trabalhos em desenvolvimento será feito até o fim da pesquisa.

Definidos os modelos que serão estudados em uma primeira análise numérica será feita a calibração dos modelos por meio da utilização de dados numéricos e experimentais de outros pesquisadores, tais como Mautoni (1972) e Delalibera (2006). A análise numérica será feita por meio de programa de computador ANSYS, escolhido por se tratar de programa bastante difundido no meio técnico. Nas análises as não linearidades físicas serão levadas em consideração.

Os resultados das análises numéricas serão avaliados utilizando-se dados existentes de outros pesquisadores. Com essa avaliação será possível estabelecer a criação de novos modelos de cálculo aplicando o Método das Bielas e Tirantes. Se os resultados numéricos não forem suficientes para atingir o resultado final da pesquisa poderão ser realizados ensaios experimentais de alguns modelos em escala reduzida.

3 DESENVOLVIMENTO

Neste trabalho serão analisados blocos sobre duas, três e quatro estacas com pilares de seção quadrada e retangular e diferentes tipos de solicitação. Algumas análises para os modelos de blocos sobre duas estacas já foram realizadas e são apresentadas neste texto.

Foram analisados cinco modelos de blocos sobre duas estacas com seções retangulares e quadradas variadas. Foram adotados resistência característica do concreto de 25 MPa e aço CA-50 ($f_{yk}=500$ MPa). As estacas adotadas (diâmetro de 25 cm) são do tipo Strauss. Na maioria dos catálogos a força resistente para este tipo de estaca é de 200kN. Este foi o fator limitante para definição da força aplicada nos modelos, portanto, a força aplicada foi de 400kN. Inicialmente os modelos numérico foram considerados com força centrada e excentricidade igual a zero.

Os modelos foram dimensionados utilizando-se o Método das Bielas proposto por Blévoit e Frémy (1967) e respeitando-se as recomendações da ABNT NBR 6118:2007. As principais propriedades geométricas são mostradas na “Tabela 1”.

Tabela 1 – Propriedades geométricas dos modelos

Modelos	Medidas dos blocos (comprimento, altura e largura)	Medidas dos lados dos pilares
B45P20e0	130cm - 55cm - 45cm	20cm x 20cm
B45P40e0		40cm x 20cm
B45P60e0		60cm x 20cm
B45P28e0		28,28cm x 28,28cm
B45P34e0		34,64cm x 34,64cm

Os modelos de blocos sobre duas estacas foram submetidos a uma análise numérica via Método dos Elementos Finitos utilizando o programa computacional ANSYS. Adotou-se o elemento *solid 65* para discretização do bloco e o elemento *link 8* para as barras das armaduras. Na análise não-linear foi utilizado o critério de ruptura *Concrete* indicado no programa ANSYS. As propriedades do concreto foram adotadas conforme indica a ABNT NBR 6118:2007. Para a modelagem optou-se por discretizar apenas o bloco, simulando-se as condições de contorno na área do pilar e das estacas.

4 RESULTADOS OBTIDOS

Os resultados numéricos de interesse foram os fluxos de tensões principais para verificação da influência das medidas da seção transversal dos pilares.

Analisando os resultados dos modelos B45P20e0, B45P40e0 e B45P60e0 pode-se observar que as distribuições de tensões de compressão diferem de um modelo para o outro, conforme se aumenta a medida do lado do pilar na direção longitudinal, com conseqüente aumento da seção de distribuição de forças. Os valores de tensões ao longo das bielas são os mesmos, havendo alterações na geometria da distribuição e das regiões nodais.

Analisaram-se também os resultados de dois pares de modelos: B45P40e0 e B45P28e0, B45P60e0 e B45P34e0. Comparando os modelos B45P40e0 (seção retangular) e o modelo B45P28e0 (seção quadrada equivalente) nota-se que existem diferenças nos campos de tensão de compressão, mas estas são mais evidenciadas na comparação do outro par de modelos, B45P60 e B45P34e0. Provavelmente isso ocorre, pois a seção do pilar do modelo B45P60e0 diverge muito mais de um quadrado do que a seção do modelo B45P40e0. A forma da biela influencia na adoção do modelo de cálculo.

5 CONCLUSÕES PARCIAIS

Como eram esperados os resultados obtidos demonstraram que para a mesma força aplicada em diferentes áreas existe uma alteração dos fluxos de tensões, portanto, deve-se investigar se o mesmo modelo de Bielas e Tirantes é viável, além disso, foram feitas algumas constatações no que diz respeito às regiões nodais, que também divergem de um modelo para o outro. De forma geral pode-se concluir que, quanto mais se aumenta a medida da seção transversal do pilar na direção longitudinal, a biela de compressão se tornará mais inclinada com relação à horizontal.

Outra investigação realizada foi de modelos com mesma área de aplicação de forças, sendo áreas retangulares e quadradas equivalentes, isto pelo fato que o principal método utilizado para dimensionamento de blocos sobre estacas, Método das Bielas, foi idealizado para pilares de seção quadrada. Nesta investigação pode-se concluir que existem diferenças na distribuição das tensões, principalmente se a projeção da área do pilar ficar contida nas áreas das estacas.

Constatou-se ainda que nos modelos com seções mais alongadas a estaca é solicitada de modo mais uniforme.

Diante do exposto, conclui-se que é preciso investigar melhor a influência do alongamento da seção, com a finalidade de se criarem modelos mais refinados, ou ainda, analisar método de dimensionamento que possa considerar esse fator. Além disso, é preciso ser dada atenção especial à verificação das regiões nodais.

6 REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118**: Projeto de estruturas de concreto. Rio de Janeiro, 2007.

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.

DELALIBERA, R. G. **Análise teórica e experimental de blocos de concreto armado sobre duas estacas submetidos a ação de força centrada e excêntrica**. 2006. 308 p. Tese (doutorado em engenharia de estruturas) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2006.

MAUTONI, M. **Blocos sobre dois apoios**. São Paulo, Grêmio Politécnico, 1972.