

ANÁLISE DE PILARES DE CONCRETO ARMADO SUBMETIDOS À FLEXÃO COMPOSTA NORMAL COM VARIAÇÃO DE EXCENTRICIDADE DA FORÇA APLICADA

RENNAN LIBERATO RODRIGUES^{1*}; LYARA BARROS ROCHA²;
RICARDO JOSÉ CARVALHO SILVA⁴

¹Acadêmico de Engenharia Civil, UVA, Sobral-CE, rennanliberato@outlook.com;

²Engenheira Civil, Parnaíba-PI, lyarabr@hotmail.com;

³ Professor Dr. em Estruturas, Prof. Titular UVA, Sobral-CE, ricardo.carvalho222@gmail.com;

Apresentado no
Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC'2018
21 a 24 de agosto de 2018 – Maceió-AL, Brasil

RESUMO: Este trabalho objetivou analisar pilares de concreto armado submetidos à compressão axial, tendo como variável apenas a excentricidade. Foram confeccionados cinco corpos-de-prova em formato de paralelepípedo, com 500 mm de comprimento e seção transversal de 100mmx100mm, utilizando concreto de 25 MPa e taxa de armadura de 2,01%. A etapa experimental desse estudo baseou-se nos resultados desses cinco pilares, no qual um servia como referência, ou seja, com carga centrada e os demais tinham a excentricidade variando de 5mm em 5mm até 20mm. Pode-se concluir com esse experimento que a excentricidade da carga aplicada sobre a peça estrutural é diretamente proporcional a capacidade de carga da estrutura.

PALAVRAS-CHAVE: Concreto armado, pilares, excentricidade.

ANALYSIS OF CONCRETE COLUMNS SUBMITTED TO COMBINED AXIAL LOAD AND BENDING WITH THE ECCENTRICITY VARIATION OF THE APPLIED FORCE.

ABSTRACT: This work aimed study of experimental columns of axial reinforced concrete with axial compression, having as simple the eccentricity. Five specimens were prepared in a parallelepiped shape, with a length of 500 mm and a cross section of 100 mm x 100 mm, using 25 Mpa concrete and a reinforcement rate of 2,01%. An experimental stage of this set of studies was based on the five pillars, not being a goal of 5mm to 20mm. It may be that consumption of the same power with the same load capacity of the structure.

KEYWORDS: Concrete, columns, eccentricity.

INTRODUÇÃO

Conceber estruturas de concreto armado de uma edificação é um dos passos mais importantes para uma construção. A evolução e a precisão dessa técnica são cruciais e vem melhorando em decorrência do avanço tecnológico na indústria da construção civil.

Segundo Alva (2007), um arranjo estrutural adequado consiste em atender, simultaneamente, os aspectos de segurança, economia (custo), durabilidade e os relativos ao projeto arquitetônico (estética e funcionalidade). Em particular, a estrutura deve garantir a segurança contra os Estados Limites, nos quais a construção deixa de cumprir suas finalidades. No mais, o lançamento estrutural é essencial pois implica na escolha, locação e distribuição dos elementos estruturais que resistirão as cargas da edificação, de modo que, ao final da construção, tenha-se um sistema eficiente.

Em um sistema estrutural, a transferência de carga ocorre das lajes para as vigas, das vigas para os pilares e, por fim, destes para as estruturas de fundação. Conforme conceitua Pinheiro (2007), pilares são barras verticais que recebem as ações das vigas, lajes e dos andares superiores, e as transmitem para os elementos inferiores ou para a fundação. Portanto, pode-se observar que o pilar tem papel fundamental no sistema e a ruína desta peça pode acarretar no desabamento da edificação.

A ruptura desses elementos estruturais deve-se a diversos fatores, entre eles encontram-se o mal dimensionamento, falta de manutenção, falha na construção, concretagem mal executada e na deficiência da transferência de carga das vigas para os pilares, objeto de estudo deste trabalho.

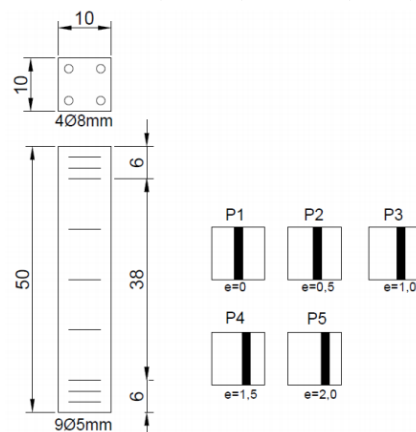
Em decorrência da continuidade das ligações viga-pilar e da excentricidade de aplicação da carga, a flexo compressão constitui a maioria dos casos de pilares. Visando contribuir com melhor compreensão desse comportamento, o trabalho em questão traz um estudo teórico e experimental de pilares submetidos a flexo compressão normal bem como a diferentes excentricidades a fim de simular situações reais de falha na ligação viga-pilar.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo experimental ocorreu através de ensaios de cinco pilares de concreto armado em formato de paralelepípedo com 500mm de comprimento e com seção transversal de 100mmx100mm (P1, P2, P3, P4 e P5) tendo como única variável a excentricidade, que ia de 0mm a 20mm, com taxas de variação de 5mm em cada pilar (Figura 1).

Os pilares foram moldados em um canteiro de obras, com concreto usinado cuja resistência característica aos 28 dias fornecida pelo laudo técnico da empresa fornecedora é de 25 MPa. As armaduras longitudinais utilizadas na peças foram 4 barras de aço do tipo CA-50 com 8mm de diâmetro com cobrimento de 20mm e para as armaduras transversais (estribos) foi utilizado aço do tipo CA-60 com 5mm de diâmetro e 95mm de espaçamento entre as barras, com exceção das extremidades, onde as barras tinham espaçamento de 20mm para resistir melhor aos esforços aplicados e não interferir nos resultados com uma ruptura devido a área da seção transversal.

Figura 1. Detalhamento dos pilares ensaiados (em cm). Autor (2017).



Os ensaios foram realizados no Laboratório de Materiais de Construção da Universidade Estadual Vale do Acaraú. Utilizou-se para a compressão das peças uma prensa hidráulica com aplicação de carga manual, possuindo capacidade de carga de até 120 tf (aproximadamente 1200 kN) e possui dois manômetros para leitura das cargas, um com escala de 0 a 120 tf e divisão de 200 kgf, o outro com escala 0 a 24 tf e divisão de 40 kgf (Figura 2a).

Além da prensa, foram utilizados 4 transdutores de deslocamento (LVDT- Linear Variable Differential Transformers), ligando a um indicador digital com display de 4 dígitos com memória de pico para realizar a medição dos deslocamentos dos pilares ensaiados (Figura 2b). Para realização dessa leitura, foram acoplados 4 cantoneiras metálicas em cada pilar a fim de apoiar os transdutores e obter-se o resultado da variação de deslocamento.

Figura 2. Equipamentos utilizados. Autor (2017).



Figura 2a. Prensa Hidráulica.



Figura 2b. Transdutores.


Para simular a excentricidade, cada pilar recebeu em sua extremidade uma peça metálica em formato de paralelepípedo com dimensões de 16mmx16mmx100mm. Após a locação desta peça e travamento da estrutura, posicionaram-se os transdutores para leitura de deslocamento, dois de cada lado distando 5 cm da extremidade do pilar. Dessa forma, com a diferença dos valores de deslocamento obtidos para cada lado tem-se o encurtamento ou alongamento do pilar.

Durante o ensaio, a aplicação de carga foi feita de forma gradual, havendo interrupção a cada incremento de 10 kN, de forma que fosse possível registrar os valores dos deslocamentos mensurados pelos LVDT's e marcar as fissuras aparentes. Prosseguiu com a aplicação até os pilares não suportarem mais aumento de carga, onde admitiu a ruptura destes.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Tabela 1. Dados de ruptura do Pilar P1. Autor (2017).

Identificação	Excentricidade	Carga de ruptura	Deslocamento	
			LVDT 1 - 3	LVDT 2 - 4
Pilar P1	0mm	59 kN	0,096mm	0,094mm



O pilar P1 tinha carga centrada, sendo utilizado como parâmetro de comparação para os demais pilares. Este rompeu com a aplicação de uma carga de 59 kN, a maior registrada no estudo como o esperado. O rompimento se deu com o aparecimento da primeira fissura como pode-se observar na Tabela 1.

É perceptível que o pilar sofreu deformações de compressão de ambos os lados, além das deformações médias apresentarem pouca diferença no decorrer do ensaio, evidenciando a boa centralização do pilar. Este foi o pilar que menos deformou, devido a centralidade de aplicação de carga.

Tabela 2. Dados de ruptura do Pilar P2. Autor (2017).

Identificação	Excentricidade	Carga de ruptura	Deslocamento	
			LVDT 1 - 3	LVDT 2 - 4
Pilar P2	5mm	52 kN	0,08mm	0,37mm



O pilar P2 tinha uma excentricidade de 5mm e rompeu com a aplicação de uma carga de 52kN, inferior ao pilar de comparação. A primeira fissura surgiu com uma carga de 45 kN no ponto de transferência de carga para o apoio, como pode-se visualizar na Tabela 2.

O pilar sofre deformações de ambos lados, porém com maior compressão no lado onde ocorreu a aplicação de carga, o qual foi registrado pelos LVDT's 2-4. Esse comportamento onde apenas ocorrem tensões do mesmo tipo de carga, no caso, tensões de compressão, caracteriza que a linha neutra está fora da seção do pilar. Podendo verificar que a ruptura ocorreu no domínio 5, ou seja, a ruptura ocasionou por esmagamento do concreto. Sendo este tipo de comportamento comum em pilares.

Tabela 3. Dados de ruptura do Pilar P3. Autor (2017).

Identificação	Excentricidade	Carga de ruptura	Deslocamento	
			LVDT 1 - 3	LVDT 2 - 4
Pilar P3	10mm	45 kN	0,095mm	0,2mm



O pilar P3 tinha carga aplicada a 10mm da sua linha neutra e rompeu com uma carga de 45kN, inferior ao pilar de comparação e ao pilar P2, como esperado, tendo fissuras parecidas com as do pilar P2, ocorrendo com a aplicação de uma carga de 40kN, como pode-se visualizar na Tabela 2.

Verifica-se que este teve comportamento semelhante aos demais pilares sujeitos a carga excêntrica, com compressão de ambos os lados e deformando no lado de aplicação da carga.

Tabela 4. Dados de ruptura do Pilar P4. Autor (2017).

Identificação	Excentricidade	Carga de ruptura	Deslocamento	
			LVDT 1 - 3	LVDT 2 - 4
Pilar P4	15mm	50 kN	0,097mm	0,42mm




A carga aplicada no pilar P4 possui excentricidade de 15 mm. Este pilar rompeu com 50 kN, resultado inferior aos pilares antecedentes, P1 e P2, conforme esperado. Porém o pilar P3, com excentricidade menor que o pilar P4, rompeu com 45 kN.

Verificou-se que este sofre deformações em ambas faces. Porém resultando em compressão mais acentuada no lado onde estava sendo a aplicado a carga. Este comportamento caracteriza que o pilar rompeu no domínio 5, ou seja, por esmagamento do concreto, com a linha neutra fora da seção tendo apenas tensões de compressão. O pilar P4 resultou em deformação de 1,025% no momento da ruptura, resultado superior aos pilares P1, P2 e P3. Sendo este comportamento esperado, pois com o acréscimo da excentricidade o pilar tende a obter maior deformação.

Tabela 5. Dados de ruptura do Pilar P5. Autor (2017).

Identificação	Excentricidade	Carga de ruptura	Deslocamento	
			LVDT 1 - 3	LVDT 2 - 4
Pilar P5	20mm	41 kN	0,19mm	0,74mm




O pilar P5 foi o que rompeu com menor carga, 41 kN, o que era esperado já que possuía a carga mais excêntrica. As fissuras aparentes foram parecidas com as encontradas nos demais pilares e a primeira apareceu com uma carga de 30 kN.

Percebe-se que houve compressão em ambos os lados, porém com valores mais significativos de deformação para o lado onde foi aplicado a carga excêntrica. O pilar P5 foi o que apresentou maior deformação entre os pilares ensaiados, o que evidencia que este pilar rompeu no domínio 5, por esmagamento do concreto.

CONCLUSÃO

A excentricidade da carga foi a única variável nos ensaios e mostrou, em geral, ter influência sobre a capacidade de carga dos pilares. A carga de ruína experimental variou de 59 kN para o pilar com carga centrada, P1, a 41 kN para o pilar com a maior excentricidade (2 cm), P5. Evidenciando que o aumento da excentricidade influencia na diminuição de resistência do pilar.

Os resultados dos ensaios evidenciam a influência da excentricidade não só na capacidade de carga, como também nas deformações dos pilares e aparecimento de fissuras dos pilares. O aumento da excentricidade fez com que o aparecimento de fissura fosse antecipado, em comparação ao pilar sem excentricidade que apresentou fissurações apenas no momento de ruptura.

REFERÊNCIAS

- ALVA, G. M. S. Concepção estrutural de edifícios em concreto armado. Departamento de Estruturas e Construção Civil. Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, RS, 2007.
- PINHEIRO, L. M. Fundamentos do Concreto e projeto de edifícios. São Paulo: Departamento de Engenharia de Estruturas, 2007. Disponível em: http://coral.ufsm.br/decc/ECC1006/Downloads/Apost_EESC_USP_Libanio.pdf
- ROCHA, L. B. Estudo de Pilar de Concreto Armado Sob Flexão Composta Normal. Monografia apresentada à Universidade Estadual Vale do Acaraú – UVA. Centro de Ciências Exatas e Tecnologia. Sobral, CE, 2017.