

ANÁLISE ESTRUTURAL DE VIGAS DE CONCRETO ARMADO COM ABERTURAS NA DIREÇÃO DE SUA LARGURA

MARIANE PEREIRA ALVES^{1*}, MARIA DE LOURDES TEIXEIRA MOREIRA²,

¹ Engenheira Civil, UFPI, Teresina-PI. Fone: (86) 99992-8236, marianealves02@hotmail.com.br

² Dra. Professora Associada I, UFPI, Teresina-PI. Fone: (86) 3215-5699, mmoreira@ufpi.edu.br

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

RESUMO: O presente trabalho analisou as alterações provocadas pela variação do posicionamento de aberturas ao longo do eixo longitudinal e da altura de vigas de concreto armado. Realizaram-se análises de vigas, partindo de um modelo inicial, através dos softwares SAP2000, que utiliza o método dos elementos finitos, e CAST, que utiliza o método das bielas e tirantes, e compararam-se os resultados obtidos. Os esforços e tensões encontrados para as vigas com aberturas foram superiores aos obtidos no modelo sem descontinuidade geométrica. Observou-se que variou a localização dos valores máximos das tensões, já que a inserção de aberturas provocou perturbações no fluxo de tensões. Os elementos analisados nos modelos de bielas e tirantes, localizados nas proximidades das aberturas, apresentaram valores de esforços e tensões superiores, ao localizarem-se as aberturas próximas aos apoios e na região próxima à face superior da viga. Dessa maneira, este estudo demonstrou que posicionar aberturas nas proximidades da região central e inferior da mesma, gera efeitos menos prejudiciais ao comportamento do elemento estrutural, pois provoca tensões inferiores na região descontínua, em comparação com vigas que possuem aberturas nas proximidades dos apoios.

PALAVRAS-CHAVE: Aberturas em vigas, bielas e tirantes, elementos finitos.

STRUCTURAL CONCRETE BEAMS ANALYSIS ARMED WITH OPENINGS ON YOUR DIRECTION WIDTH

ABSTRACT: This study analyzed the changes caused by varying the positioning of openings along the longitudinal axis and height of reinforced concrete beams. Analyses were performed beams, from a starting template, through SAP2000 software that utilizes the finite element method, and cast, using the method of connecting rods and tie rods, and compared to the results obtained. The stresses and strains found for the beams with openings were higher than those obtained in without geometric discontinuity model. It was observed that varied the location of the maximum values of the voltages, since the insertion openings provoked disturbances of the stress flow. The elements analyzed in the models strut and tie, located near the openings, showed values higher stresses and strains when they found themselves next openings to support and in the region close to the upper face of the beam. Thus, this study demonstrated that positioning openings near the central and lower region thereof, generates less harmful effect on the behavior of the structural element, since it causes less tension in the discontinuous region, compared with beams that have openings near the supports.

KEYWORDS: Openings in beams, strut and tie, finite elements.

INTRODUÇÃO

Mansur (2006) afirma que uma rede de condutos é necessária para o funcionamento da edificação, sendo que estas tubulações geralmente são posicionadas abaixo das vigas e cobertas por um teto suspenso, o que cria um espaço morto na estrutura. Este espaço subutilizado provoca uma redução nas dimensões dos elementos estruturais ou no pé direito da estrutura. Em algumas situações, porém, existem exigências arquitetônicas e normativas para estas dimensões. Além disso, Mansur

(2006) comenta o fato de que em edifícios com grande quantidade de andares, qualquer redução na altura de um pavimento, multiplicada pelo total deles, poderá representar uma redução significativa da altura total e até mesmo das cargas das fundações.

É possível perceber que para algumas circunstâncias, a execução de aberturas em vigas é a solução mais eficiente. A variação de fatores como a forma, a dimensão e a localização das aberturas, provocam mudanças no comportamento estrutural, favorecendo ou não a estrutura.

Inserido nesse contexto, o presente trabalho visa contribuir com o estudo de características geométricas de vigas com aberturas (localização horizontal e vertical das descontinuidades em questão) que, quando modificadas, podem melhorar o comportamento estrutural, possibilitando uma utilização mais segura.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram modeladas vigas com variações nas localizações de aberturas, a partir de um modelo. Os elementos estruturais foram estudados utilizando os softwares SAP2000, que utiliza o método dos elementos finitos, e CAST, que realiza análises através do método das bielas e tirantes. O modelo inicial foi o apresentado por Silva & Giongo (2000), e consiste de uma viga simplesmente apoiada, com vão total de 4,90 m e seção transversal de 20 cm de largura e 50 cm de altura. A viga possui uma abertura de 40 cm de comprimento e 20 cm de altura, a 1,40 m da face interna do apoio, destinada à passagem de dutos. A borda superior da abertura está posicionada a 10 cm do topo da viga. O elemento estrutural em questão é de concreto de classe C20, com barras de aço CA50. Ao longo do comprimento da viga atua uma carga distribuída de intensidade 14 kN/m. Os parâmetros variados durante as análises foram as posições ao longo das direções horizontal e vertical, sendo três variantes na primeira direção e duas na segunda. As demais características geométricas do modelo inicial foram mantidas constantes para todos os modelos.

Quadro 01: Medidas variáveis nos modelos

Modelo	Distância da face interna do apoio à face esquerda da abertura - A (cm)	Distância da face superior da viga à face superior da abertura - B (cm)
VH1V1	87,50	10,00
VH1V2	87,50	20,00
VH2V1	140,00	10,00
VH2V2	140,00	20,00
VH3V1	205,00	10,00
VH3V2	205,00	20,00
VH4V1	100,00	10,00
VH4V2	100,00	28,00
VSA*	-	-

* Viga sem abertura

Nas análises com o SAP2000 foi utilizado o vão efetivo da viga modelo, no valor de 4,70 m. Foram utilizadas malhas planas de elementos de larguras iguais a 9,75 cm, 9,77 cm e 10 cm, e alturas de 10 cm, 12 cm e 14 cm, de acordo com a geometria de cada modelo. As cargas aplicadas nos nós dos modelos foram calculadas utilizando coeficiente de ponderação das ações de 1,4, e distribuídas de forma proporcional às áreas de influência dos nós. Foi então realizada a análise dos elementos estruturais estudados, considerando as cargas e condições descritas, e obtidas as configurações dos diversos tipos de esforços e tensões nas vigas.

Para as análises por meio do software CAST, inicialmente foram definidas as características geométricas e de materiais das vigas modeladas. Utilizou-se o comprimento total para todas as vigas. Nas vigas com aberturas mais próximas à face superior, foi utilizado o modelo proposto por Cook & Mitchell (1988), citado por Silva & Giongo (2000). Já para as vigas em que a abertura se localizava mais próximo à face inferior, o modelo utilizado foi o indicado por Silva & Giongo (2000). Os ângulos entre a armadura longitudinal e as bielas inclinadas tiveram valores entre 23,68° e 63,43°, conforme exigido pela NBR 6118/2014.

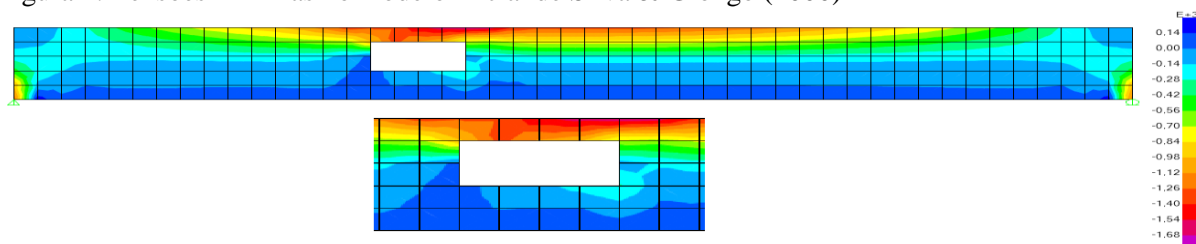
Em seguida, foram inseridas as cargas atuantes. Para tal, considerou-se a área de influência de cada nó superior das treliças. Foi utilizado um coeficiente de ponderação das ações de 1,4. Tais cargas foram aplicadas nas faces superiores das vigas, por meio de nós localizados na região de contorno da

viga, e através de escoras, transferidos à treliça. Após a análise inicial, que permitiu a visualização das barras tracionadas comprimidas ou com esforços nulos, foram atribuídos os tipos de bielas e nós, a quantidade de aço dos tirantes e as espessuras dos elementos. Por fim, foi realizada uma nova análise, que forneceu os valores de tensões, bem como parcela da capacidade resistente alcançada em cada barra.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Como referência inicial foram tomados os valores alcançados em uma viga com as mesmas dimensões que os modelos com aberturas, porém sem a presença de tais discontinuidades. Os maiores valores em módulo para as tensões de compressão, foram observados no centro da viga em sua região superior, ficando em torno de 1210 kN/m². Para a viga correspondente ao modelo inicial, os maiores valores de tensões de compressão, em módulo, ficaram entre 1540 e 1680 kN/m², e localizaram-se nas proximidades da abertura. Ou seja, houve um aumento nos valores das tensões máximas de compressão (em módulo) quando foi inserida a abertura.

Figura 1. Tensões mínimas no modelo inicial de Silva & Giongo (2000)

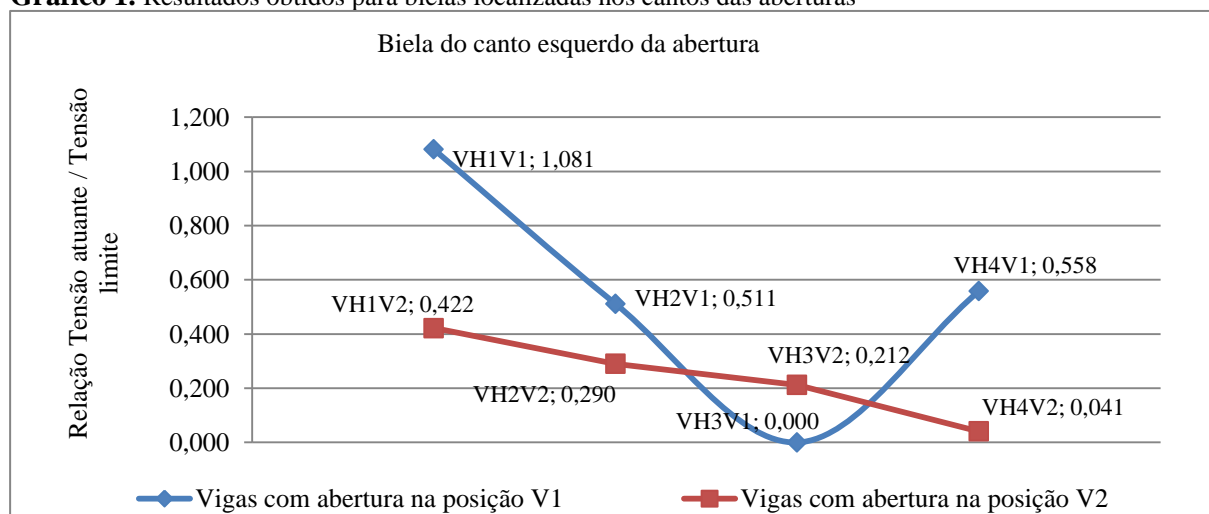


Fonte: Autora, a partir de visualização do software SAP2000.

Ao posicionar a abertura a 20 cm da face superior, os maiores valores em módulo para as tensões de compressão, foram superiores a 1320 kN/m². Nota-se portanto, que as tensões de compressão apresentaram valores inferiores, em valor absoluto, ao posicionar a abertura na região inferior da viga. Já ao modificar as localizações das aberturas ao longo do comprimento da viga, os resultados obtidos para as tensões nos diversos modelos de vigas, não mostraram alterações relevantes nos valores das tensões, porém as localizações das tensões sofrem modificações de acordo com as posições das aberturas.

Foram observadas as tensões obtidas em bielas, tirantes e nós nas proximidades das aberturas, em função da capacidade resistente destes elementos. Um dos elementos analisados corresponde à biela localizada no canto esquerdo das aberturas, e que se refere às tensões de compressão nessa região. Os resultados obtidos para tais bielas permitem perceber que, de modo geral, as bielas localizadas nas vigas com aberturas mais próximas aos apoios obtiveram valores maiores para a relação entre a tensão atuante e a tensão limite que aquelas com aberturas posicionadas mais próximas ao centro do vão.

Gráfico 1. Resultados obtidos para bielas localizadas nos cantos das aberturas

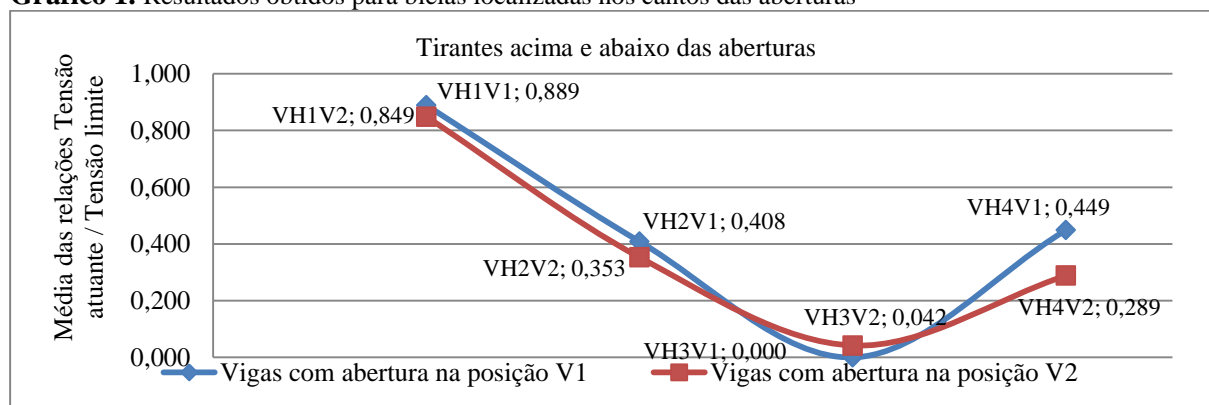


Fonte: A autora

Com relação à posição ao longo da altura das vigas, naquelas com aberturas próximas às bordas superiores, os valores obtidos foram superiores aos encontrados para as que possuíam aberturas nas proximidades das bordas inferiores.

Observou-se também a média obtida nos tirantes abaixo ou acima das aberturas para a razão entre a força atuante e a força limite, que dizem respeito às tensões de tração nas regiões inferior ou superior às aberturas de acordo com seu posicionamento ao longo da altura das vigas. Verificou-se que mais uma vez, nas vigas com aberturas próximas ao apoio, os tirantes estavam submetidos a tensões maiores que aqueles localizados em vigas onde as discontinuidades se localizavam na região central do vão. Com relação à localização ao longo da altura das vigas, as do tipo V1, em que as aberturas estavam posicionadas próximo à face superior das vigas obtiveram tensões maiores que as do tipo V2, em que as aberturas localizavam-se na região inferior. O que demonstra que é mais adequado localizar a abertura na região inferior da viga.

Gráfico 1. Resultados obtidos para bielas localizadas nos cantos das aberturas



Fonte: A autora

A maior parte dos demais elementos dos modelos de bielas e tirantes analisados apresentou resultados semelhantes, demonstrando que localizar as aberturas na região inferior central das vigas, provoca menores prejuízos ao comportamento estrutural das mesmas.

CONCLUSÕES

A inclusão de aberturas provoca um aumento nas tensões máximas de compressão. Quanto mais próximas aos apoios e à face superior das vigas estiverem as aberturas, maiores os esforços e tensões nas regiões próximas a tais discontinuidades. Consequentemente, localizá-las na região inferior central das vigas, trará consequências menos prejudiciais ao comportamento estrutural das vigas.

REFERÊNCIAS

- Associação Brasileira de Normas Técnicas, NBR 6118 - Projeto de estruturas de concreto - procedimento, Rio de Janeiro: ABNT, 2014.
- American Concrete Institute, Building code requirements for structural concrete (ACI 318-11) and commentary, Farmington Hills, Michigan, 2011.
- Kuchma, D. A., Tjhin, T. N. CAST (Computer Aided Strut-and-Tie) Design Tool. Structures 2001, Washington, p.1-7, 2001.
- Mansur, M. A. Design of reinforced concrete beams with web openings. In: Asia-Pacific Structural Engineering and Construction Conference, 6. Kuala Lumpur, 2006, Conferência. APSEC, 2006, p. 104-120.
- RAO, Singiresu S. The finite element method in engineering. 4ed. Miami: Elsevier Science & Technology Books, 2004. 658p.
- SANTOS, D.; Giongo, J. S. Análise de vigas de concreto armado utilizando modelos de bielas e tirantes. Cadernos de Engenharia de Estruturas, São Carlos, v. 10, n. 46, p. 61-90, 2008.
- Silva, R. C.; Giongo, J. S.; Modelos de bielas e tirantes aplicados a estruturas de concreto armado. 1. ed., São Carlos: EESC USP, 2000. 189 p.