Investigação da rigidez da ligação viga-pilar por chapa plana de cisalhamento conhecida como Shear Tab

Doi: <http://dx.doi.org/10.18616/civiltec.v2i2.6875>

Thiago Ramos Minatto¹

Augusto Wanderlind²

1. Introdução

Uma das formas de classificação das ligações é quanto a sua rigidez. Dessa forma, as ligações podem ser divididas em rígidas, semirrígidas e flexíveis. As rígidas são as que restringem a rotação da peça e têm uma reação de momento, semelhante a um engaste, se comparada a uma estrutura de concreto armado. As semirrígidas são as que o momento transmitido não é o máximo, como nas ligações rígidas, e nem perto de 0, como nas flexíveis; não são muito utilizadas devido à dificuldade de estabelecer esta relação. As ligações flexíveis são as que, teoricamente, não transmitem momento (impossível chegar a 0 na prática; porém, não se considera o momento nos cálculos).

Segundo Momenzadeh *et al.* (2019), para definir a rigidez de uma ligação com maior precisão, mais fatores devem ser levados em conta, além dos elementos de ligação como altura, comprimento e área da seção da viga em questão. No entanto, deve-se lembrar que quanto mais rígida uma ligação menos capacidade de rotação tem o material, fazendo com que ele tenha algumas limitações no seu uso, pois estará transferindo momento que não é considerado quando se modela uma ligação flexível.

O estudo avaliou os parâmetros que influenciam na rigidez da ligação, a fim de mostrar formas de otimizar e prever o seu comportamento.

2. Metodologia: Análise por simulação numérica

Com vistas à aplicação de ligações de vigas que suportam lajes de uma edificação com utilização comercial, foram determinadas vigas capazes de atender a vãos principais de 4, 8 e 12 metros. Para as vigas, foram adotadas vigas laminadas em aço ASTM A572Gr50; para os parafusos, aço ASTM A325 sem proteção e, para as chapas de ligação, aço laminado ASTM A36.

1 Engenheiro Civil, Universidade do Extremo Sul Catarinense, thiago-ramos@live.com

2 Mestre em Engenharia Civil, Universidade do Extremo Sul Catarinense, acw@unesc.net

Os carregamentos para determinar as vigas e o procedimento de cálculo seguiram a norma NBR 8800 (ABNT, 2008). Já as cargas aplicadas no software foram escolhidas de acordo com a avaliação em estado de serviço, a fim de facilitar o cálculo da rigidez. A determinação da rigidez é feita com base no comportamento elástico-linear em situação de serviço.

Para a modelagem no software de simulação ANSYS, foi desenhado apenas o trecho de ligação da viga com o pilar. Utilizando das ferramentas de simetria e condições de contorno específicas disponíveis no software, o modelo é capaz de, mesmo simplificado, mostrar os resultados como numa estrutura completa com o sistema de vigas e pilares. Para tal, as ligações chapa-pilar e parafusos-porcas foram simuladas com a ferramenta *bonded*, não permitindo deslocamento relativo entre esses componentes, apenas a deformação dos materiais. Essa consideração está embasada no que é observado na prática, sabendo que a primeira é feita a partir de solda e, na segunda, tem-se a conexão à tração entre as roscas que formam uma união mecânica, efetivamente, sem deslocamentos.

A figura 1 apresenta a imagem dos modelos completos no software, representados pela metade de uma viga e um pilar finito. Os perfis W 360x44, W 530x85 e W 610x113 foram adotados para os vãos estudados, 4, 8 e 12 metros, respectivamente.

Figura 1. Modelos de vigas para vãos 4, 8 e 12 metros respectivamente. (Fonte: elaboração própria)

Os contatos que ocorrem entre a chapa e a viga, cabeças dos parafusos e chapa de ligação e porcas com a viga foram aplicadas com a ferramenta *frictional*, visto que há um contato com atrito entre estas partes. Assim, com esta aplicação, é possível simular um apoio com atrito. O coeficiente de atrito utilizado foi igual a 0,35, de acordo com a indicação da NBR 8800 (ABNT, 2008).

Os demais tipos de contato entre componentes foram simulados com a ferramenta *frictionless*; desta forma, o software interpreta que haverá contato físico, mas sem atrito. Esta abordagem foi utilizada para diminuir o processamento computacional; pois, os diversos contatos entre os parafusos e os furos apresentam na prática baixa relevância do atrito.

A definição do tamanho das malhas dos nós que serão calculados para a obtenção dos valores necessários para os cálculos de deformação da viga e da chapa levou em consideração o gradiente das tensões observadas em análises preliminares. Os tamanhos finais das malhas da viga foram feitos em relação ao tamanho de cada uma estudada, sendo sua altura total dividida por 10, enquanto as chapas e o pilar tiveram valores constantes iguais a 15,00mm e 200,00mm, respectivamente.

3. Resultados: análise da rigidez viga-pilar

Após a realização das simulações, foram analisados os mapas de distribuição de tensões em cada viga e chapa, a deformação máxima das vigas e as tensões transferidas pela ligação chapa-pilar. A figura 2 apresenta o mapa da distribuição das tensões na chapa de ligações para cada modelo.

Figura 2. Mapa de distribuição das tensões das vigas para vãos 4, 8 e 12 metros respectivamente. (Fonte: elaboração própria)

O gráfico do momento transferido da chapa para o pilar em função da rotação da viga é calculado a partir das tensões nesta região da ligação, feito para todos os modelos testados. O comportamento de cada modelo pode ser observado na figura 3.

Figura 3. Gráfico do momento x rotação das ligações. (Fonte: elaboração própria)

Através da análise do gráfico, nota-se que, quanto maior a viga, mais momento é transferido da ligação para o pilar; porém, este fato não está ligado diretamente a essa relação. O que acontece é que quanto mais alta for a viga, a tendência é ela precisar de uma chapa maior para poder realizar a ligação de forma efetiva; e, quanto maior a dimensão da chapa, maior será a quantidade de solda utilizada para realizar a ligação entre esta e o pilar, e este é o dispositivo de ligação que faz a transferência de momento, ou seja, quanto mais solda tiver a ligação, mais momento será transferido para o pilar.

Com os valores de momento e rotação, é possível calcular a rigidez de cada ligação. Uma vez que os limites estabelecidos pela NBR 8800 (ABNT, 2008) para classificar a rigidez da ligação levam em consideração a inércia de toda a estrutura do piso em que a viga se encontra, para realizar a classificação de cada viga, foram calculados os limites de rigidez para cada modelo e, a partir daí, classificada a rigidez da ligação para cada situação. A tabela 1 apresenta os resultados. Na tabela, $S_{j,flex}$ denota o limite de rigidez para uma viga flexível, $S_{j,viga}$ é a rigidez da ligação e $S_{j,rig}$ é o limite para uma ligação rígida.

Tabela 1. Comparativo dos valores de limite de rigidez das vigas testadas. (Fonte: elaboração própria)

	Viga W360x44	Viga W530x85	Viga W610x113
$S_{j,flex}$ (kNcm/rad)	415756,449	583560,159	1062219,475
$S_{j,viga}$ (kNcm/rad)	399955,5022	975468,635	3137693,48
$S_{j,rig}$ (kNcm/rad)	6652103,184	9336962,544	16995495,61
Classificação	Flexível	Semirrígida	Semirrígida

Ao compararmos os valores mostrados na tabela, chegamos à conclusão de que a afirmação feita anteriormente é válida, ou seja, quanto maior for a viga utilizada, a tendência é que a ligação fique cada vez mais rígida. Isso se dá devido ao aumento da solda e não, necessariamente, da altura da viga.

4. Conclusões

Com os resultados apresentados neste trabalho, fica evidente que esse tipo de ligação pode apresentar capacidade de rigidez para desenvolver momento no pilar, dependendo do dimensionamento da altura da chapa de ligação.

As ligações que perderam sua classificação como flexível, teriam de ser redimensionadas, pois o momento contido nelas já é considerável e passa a influenciar na estrutura.

Palavras-chave: Ligações. Estruturas de Aço. Simulação Numérica.

Referências

ABDOU-ZIDAN, A.; LIU, Y. Numerical study of unstiffened extended shear tab connections. **Journal of Constructional Steel Research**, p. 70-80, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8800: projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e de edifícios**. Rio de Janeiro, 2008.

GIL-MARTIN, L. M.; HERNÁNDEZ-MONTES, E. A compact and simpler formulation of the component method for steel connections. **Journal of Constructional Steel Research**, v. 164, 105782, 2020.

EUROCODE 3. **Design of steel structures – Part 1-8: Design of joints**. European Committee for Standardization, 2005.

HANTOUCHE, Elie G.; AL KHATIB, Karim K.; JABOTIAN and HAGOP, V. Design of Simple Steel Connections under Fire Temperatures – **Engineering Journal** – v. 53, n. 3 – AISC.