

ESTUDO NUMÉRICO EXPERIMENTAL DA RIGIDEZ DE LIGAÇÃO PARAFUSADA VIGA-PILAR COM CHAPA DE TOPO

Me. Fabio Goedel

Professor do curso de Engenharia Mecânica Universidade de Passo Fundo
goedel@upf.br

Cristiano Secco Ferarez

Acadêmico do curso de Engenharia Mecânica Universidade de Passo Fundo
100657@upf.br

Resumo. *Este artigo apresenta o estudo numérico experimental da rigidez de uma ligação parafusada entre viga e um pilar, unidos por uma chapa de topo. Inicialmente foi realizada a análise numérica não linear físico-geométrica, utilizando o Método dos Elementos Finitos, em seguida foi realizado o ensaio experimental da ligação analisada, possibilitando assim o comparativo de dados e avaliação sobre o método numérico.*

Palavras-chave: MEF. Experimental.

1. INTRODUÇÃO

Com a crescente evolução do ramo de estruturas metálicas e, conseqüentemente, a substituição do concreto pelo aço no Brasil, principalmente se tratando de edifícios de múltiplos andares e a utilização de perfis laminados a quente como vigas W e I, torna-se indispensável conhecer o comportamento das ligações entre os elementos que constituem tais estruturas.

Ao longo da história, as ligações rebitadas passaram a ser substituídas pelas ligações parafusadas. A partir da década de 60, com a evolução e os avanços na área da engenharia, métodos para análise de ligações parafusadas começaram a ser estudados, para melhor entender o comportamento das ligações e, conseqüentemente, obter um melhor projeto se tratando de questões estruturais.

As ligações parafusadas se sobrepõem perante as outras, pois se destacam na

rapidez e agilidade na montagem, tanto em estruturas metálicas de pequeno porte até a construção de edifícios de múltiplos andares.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Ribeiro (1998) realizou o estudo do comportamento estrutural das ligações parafusadas com chapa de topo, apresentando resultados teóricos e experimentais sobre o comportamento das mesmas. Em seu estudo, Ribeiro conclui que os valores obtidos no ensaio experimental eram coerentes com o modelo numérico.

Maggi (2004) também apresentou em seu trabalho a análise teórica experimental de ligações parafusadas com chapa de topo estendida e concluiu que os métodos numéricos são sim capazes de representar satisfatoriamente a transferência de esforços da viga para o pilar, porém deve ser utilizado com critérios, pois fatores como a escolha da plasticidade dos materiais e a geometria adequada dos componentes, influenciam diretamente a simulação e são fundamentais para a validação dos resultados numéricos.

Segundo o estudo de Nunes (2006), que buscou avaliar o comportamento estrutural das ligações viga-coluna com chapa de topo submetida a momento fletor e força axial de tração ou compressão, o comportamento experimental da ligação na qual será estudada neste trabalho, apresentou um desempenho superior ao que era esperado analiticamente.

3. DADOS DO PROJETO

Para a análise numérica e fabricação do protótipo foram utilizados os seguintes materiais:

- Parafusos ASTM A325;
- Vigas W ASTM A572 Grau 50;
- Chapa de topo e de base ASTM A36.

Para os materiais citados acima, foram adotados os valores mínimos de resistência ao escoamento e resistência à ruptura do aço, de acordo com a norma brasileira.

A carga aplicada foi de 50 kN, a uma distância de 700mm da união parafusada. Na Fig.1 é possível observar o desenho esquemático da ligação parafusada.

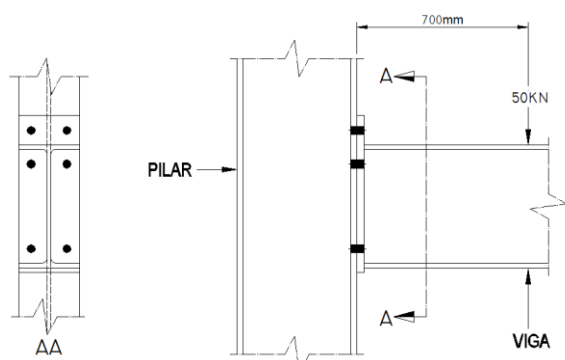


Figura 1. Esquemático da Ligação

A figura ilustra a posição que a carga é aplicada na viga e as posições dos parafusos.

Para o comparativo teórico experimental foram medidos os deslocamentos que ocorrem na viga de acordo com a aplicação da carga, o ponto de medição foi a uma distância de 700mm da união parafusada e centralizado na largura da mesa.

4. ANÁLISE NUMÉRICA

A análise pelo Método dos Elementos Finitos foi através do *software* comercial Ansys. O modelo analisado foi discretizado com malha de elementos finitos feita com elementos sólidos, onde foram consideradas as não linearidades físico-geométricas dos elementos que constituem a ligação.

Foram adotadas forças de protensão nos parafusos para a análise numérica, de acordo

com a NBR 8800:2008, sendo o valor usado de 53kN.

A malha de elementos finitos utilizada é composta por elementos do tipo tetraédrico de 10 nós no caso dos parafusos, e de elementos hexaédricos de 20 nós para as demais peças da ligação parafusada.

A região onde ocorre a aplicação da carga, os parafusos, a chapa de topo e a união dos elementos que formam a ligação parafusada, foram discretizadas com malha refinada, com elementos de tamanho 4mm, para as demais regiões o tamanho dos elementos da malha é 10mm. A discretização total do conjunto apresentou uma malha formada por 63119 elementos e 288931 nós.

4.1 Não linearidade física do aço

A não linearidade do aço está associada ao regime plástico do material, para este trabalho adotou-se o uso da bi-linearidade do material, como pode ser visto na Fig. 2.

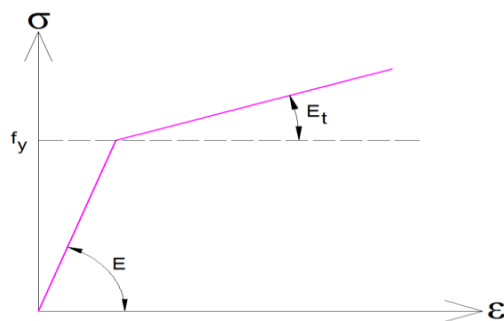


Figura 2. Diagrama bi-linear

A Tab. 1 apresenta os valores utilizados na definição dos materiais no Ansys.

Tabela 1. Valores de bi-linearidade

Tipos de Aço	F _y (Mpa)	E(GPa)	E _t (GPa)
ASTM A572 G50	345	200	20
ASTM A36	250	200	20
ASTM A325	635	200	20

4.2 Descontinuidades geométricas

Para uma análise numérica em que se deseja obter um comportamento mais próximo do real possível, é fundamental considerar as descontinuidades geométricas.

A Fig. 3 apresenta as regiões onde serão considerados elementos de contatos com atrito entre as interfaces das peças.

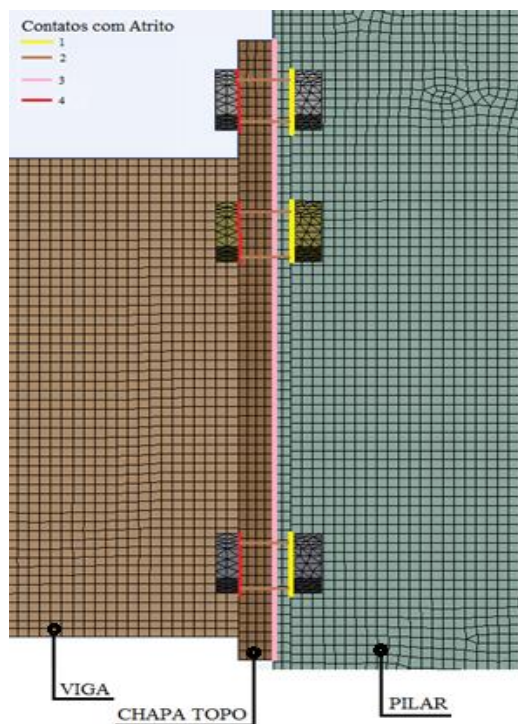


Figura 3. Contatos de atrito

De acordo com a legenda da Fig. 3, os contatos são definidos como:

1. Contato de atrito entre porca do parafuso e face da mesa do pilar, atrito igual a 0,20.
2. Contato de atrito entre o fuste do parafuso e as paredes internas dos furos, atrito igual a 0,20.
3. Contato de atrito entre chapa de topo e mesa do pilar, atrito igual a 0,20.
4. Contato de atrito entre cabeça do parafuso e face da chapa de topo, atrito igual a 0,20.

A Fig. 4 apresenta as restrições de translação em x, y e z, aplicadas nas extremidades das chapas de base no modelo numérico.

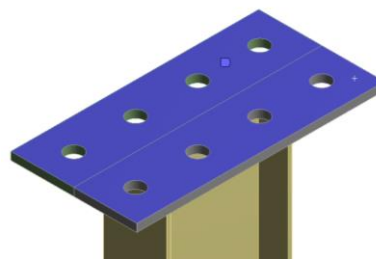


Figura 4. Restrições

A Fig. 5 apresenta os resultados da tensão de von Mises obtida pelo método numérico.

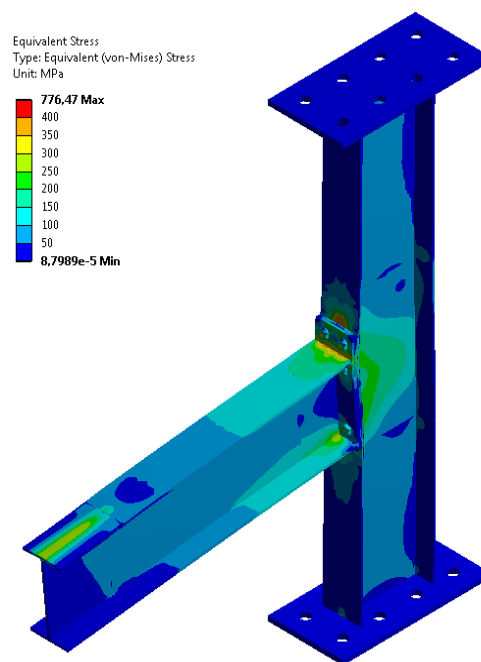


Figura 5. Análise da ligação parafusada

5. ENSAIO EXPERIMENTAL

Durante o ensaio experimental foram utilizados extensômetros (strain gages), modelo unidirecional marca Kyowa. Para a leitura dos dados foi utilizado o sistema de amplificação de medição MGCplus. Para a fixação dos extensômetros foi utilizado o adesivo de cianoacrilato Loctite 406.

A aplicação da carga ocorreu por meio de macaco hidráulico de simples ação. Para o controle da carga foi utilizada célula de carga com capacidade de 10 toneladas.

A medição do deslocamento de flexão da viga se deu por meio de transdutor linear.

Na Fig. 6 é possível observar a montagem do protótipo e a realização do ensaio experimental.

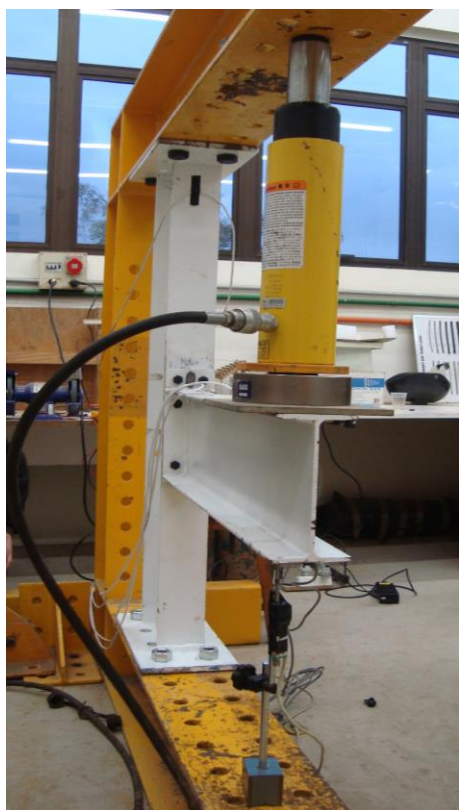


Figura 6. Ensaio Experimental

6. RESULTADOS

Com os resultados obtidos após análise numérica e ensaio experimental obtêm-se a curva de F (Força) – D (Deslocamento), apresentada na Fig.7.

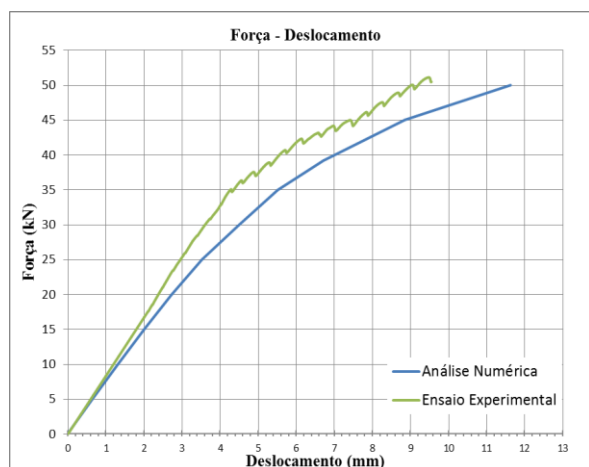


Figura 7. Comparativo teórico experimental

7. CONCLUSÕES

Nota-se através da Fig.7 que o modelo experimental apresentou maior rigidez que o numérico, com resultados coerentes em termos qualitativos.

Comparando-se o modelo numérico e experimental em termos de deslocamento, para cargas até 15kN a diferença no deslocamento foi menor que 10.2%, sendo que a partir desse valor, verificou-se maiores diferenças, sendo 15.1% para 25kN, 19.9% para 35kN e 17.2% para 50kN. A diferença obtida pode ser influenciada pelas propriedades mecânicas utilizadas no ensaio numérico, visto que seria necessário um estudo mais criterioso dos valores reais de resistência ao escoamento e o módulo de elasticidade dos materiais. Essa diferença também pode ter sido influenciada pelos tipos de contatos adotados e o coeficiente de atrito utilizado.

8. REFERÊNCIAS

- [1]ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 8800: **Projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edifícios**. Rio de Janeiro, 2008.
- [2]RIBEIRO, L. F. L. **Estudo do comportamento estrutural de ligações parafusadas viga-coluna com chapa de topo: Análise teórico-experimental**. Tese (Doutorado)- Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 1998.
- [3]MAGGI, Y.I. **Análise do comportamento estrutural de ligações parafusadas viga-pilar com chapa de topo estendida**. Tese (Doutorado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 2004.
- [4]NUNES, P.C.L. **Análise paramétrica de ligações com placa de extremidade em estruturas de aço submetidas a momento fletor e força axial**. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Engenharia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2006, 136p.