

ANÁLISE ESTRUTURAL DE EDIFÍCIOS DE AÇO COM LIGAÇÕES SEMI-RÍGIDAS

Bruno Eizo Higaki¹ & Roberto Martins Gonçalves²

Resumo

Este trabalho tem como objetivo apresentar e discutir os diferentes tipos de análise estrutural de edifícios de múltiplos andares de aço considerando a influência do comportamento das ligações semi-rígidas. Serão feitas análises numéricas tridimensionais de ligações viga-pilar com chapa de topo estendida cujos resultados serão utilizados para o desenvolvimento de uma análise avançada de ligações. Calibrações para a análise avançada de estruturas segundo a NBR 8800:2008 também serão feitas. Finalmente, diversos edifícios de múltiplos andares de aço serão analisados por diferentes tipos de análise estrutural.

Palavras-chave: Análise avançada. Estruturas metálicas. Ligações semi-rígidas. Análise estrutural.

STRUCTURAL ANALYSIS OF STEEL BUILDINGS WITH SEMI-RIGID CONNECTIONS

Abstract

The objective of this paper is to present and to discuss different types of structural analysis of multi-storey steel buildings with semi-rigid connections. It will be made a tridimensional numerical analysis of steel beam-to-column connection with extended end-plate. The results will be used to develop an advanced analysis of connections. Calibrations for an advanced analysis of structures according to NBR 8800:2008 will be also done. Finally, many multi-storey steel buildings models will be analyzed by different structural analysis.

Keywords: Advanced analysis. Steel structures. Semi-rigid connections. Structural analysis.

Linha de Pesquisa: Estruturas Metálicas.

1 INTRODUÇÃO

Atualmente, o método de dimensionamento de estruturas ainda é dividido em duas etapas:

- Análise estrutural;
- Verificação dos elementos estruturais.

A análise estrutural busca determinar os esforços solicitantes e deslocamentos da estrutura por meio de modelos matemáticos nos quais são consideradas algumas simplificações e idealizações do comportamento real da estrutura.

¹ Doutorando em Engenharia de Estruturas - EESC-USP, bhigaki@sc.usp.br

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



Com os esforços e deslocamentos obtidos na análise estrutural, os elementos estruturais são dimensionados de forma a garantir a segurança da estrutura nos estados limites últimos e também o desempenho da mesma em situações de serviço.

Com a rápida evolução da tecnologia nos últimos anos, a área acadêmica tem conseguido avanços na formulação da análise estrutural aprimorando e desenvolvendo novos procedimentos de análises que buscam como objetivo, na maior proximidade possível, o comportamento real da estrutura. Como exemplo, pode-se citar a Análise Avançada de Estruturas que procura avaliar simultaneamente a resistência e estabilidade da estrutura possibilitando que as verificações posteriores dos elementos estruturais sejam dispensadas.

Na área das estruturas metálicas uma importante idealização admitida nas análises estruturais é quanto às ligações entre os elementos. Inicialmente, as ligações entre elementos de aço de uma estrutura eram consideradas como sendo de nós completamente engastados (rígidos) ou rotulados em relação à transmissão de momento fletor e rotações relativas. Com os diversos estudos realizados constatou-se que as ligações metálicas apresentam um comportamento semi-rígido que é intermediário aos idealizados.

Este trabalho tem como objetivo apresentar e discutir os diferentes tipos de análise estrutural de edifícios de aço considerando a influência do comportamento das ligações semi-rígidas.

2 METODOLOGIA

Para o desenvolvimento deste trabalho foi realizado um estudo numérico do comportamento de modelos ligações isoladas do tipo viga-pilar com chapa de topo estendida. Os resultados obtidos dos modelos de ligações serão inseridos na análise estrutural de edifícios de aço.

O desenvolvimento de modelos numéricos tridimensionais de ligações e as análises estruturais foram feitas com o programa comercial de elementos finitos ANSYS e um programa de pré-processamento, TRUEGRID, para a geração das malhas tridimensionais.

3 DESENVOLVIMENTO

De uma maneira geral, o presente trabalho pode ser dividido em:

Modelos tridimensionais de ligação – Modelos tridimensionais de ligações isoladas viga-pilar com chapa de topo estendida foram desenvolvidos utilizando elementos do tipo sólido (SOLID185) e elementos de contato (TARGE170/CONTA173). Nesta análise, foram considerados as não-linearidades geométricas e do material. Os resultados foram comparados com os resultados obtidos de modelos experimentais ensaiados anteriormente no Departamento de Estruturas. A Figura 1a ilustra a geometria do modelo analisado e a Figura 1b ilustra um detalhe da chapa de topo estendida;

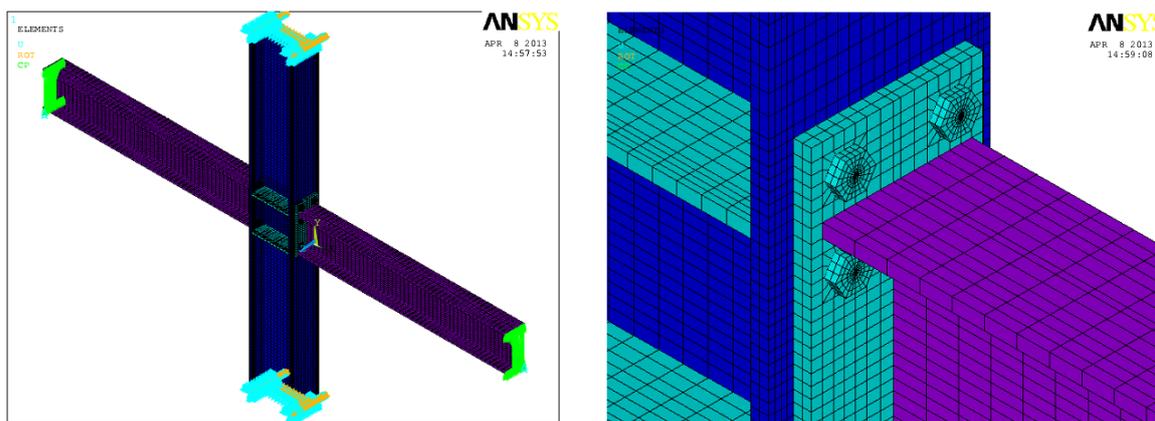
Análise avançada de ligações – Nesta etapa os modelos desenvolvidos anteriormente foram calibrados seguindo-se as recomendações para análise inelástica apresentadas pelo AISC 360-10:2010, porém, aplicando os coeficientes de ponderação da resistência da NBR 8800:2008 nos modelos constitutivos do aço e parafuso. Os resultados foram comparados com os resultados analíticos obtidos segundo o Método das Componentes;

Análise avançada de pórticos – Nesta etapa, modelos numéricos de pórticos planos foram desenvolvidos utilizando elementos de pórtico tridimensional com plasticidade distribuída (BEAM188) e elementos de mola não-linear (COMBIN39) para simular as ligações entre vigas e pilares. Nestes modelos foram considerados a não linearidades do material, geométrica, das ligações, imperfeições

iniciais de material (tensão residual) e imperfeições geométricas iniciais da estrutura. Os resultados foram comparados com os resultados experimentais encontrados na literatura especializada;

Análise avançada segundo a NBR 8800:2008 – Com os mesmos elementos e considerações da análise anterior, calibrou-se a verificação da resistência dos elementos submetidos à tração, compressão, flexão e flexão composta segundo a NBR 8800:2008 para a realização da análise avançada;

Análise de edifícios – Nesta etapa, diversos edifícios de aço são analisados e dimensionados por diferentes tipos análises estruturais com diferentes considerações das ligações. Os resultados obtidos serão comparados e discutidos.



a – Modelo da ligação viga-pilar b – Detalhe da chapa de topo estendida

Figura 1 – Modelo de ligação viga-pilar com chapa de topo estendida.

4 RESULTADOS OBTIDOS

Foram desenvolvidos modelos tridimensionais de ligação de geometria e dimensões iguais aos modelos experimentais ensaiados em Maggi (2004) e Figueiredo (2004). A Figura 2 ilustra o comportamento Momento X Rotação dos modelos experimentais e numéricos. Pode-se observar uma boa aproximação dos resultados quanto à rigidez inicial das ligações e momento último.

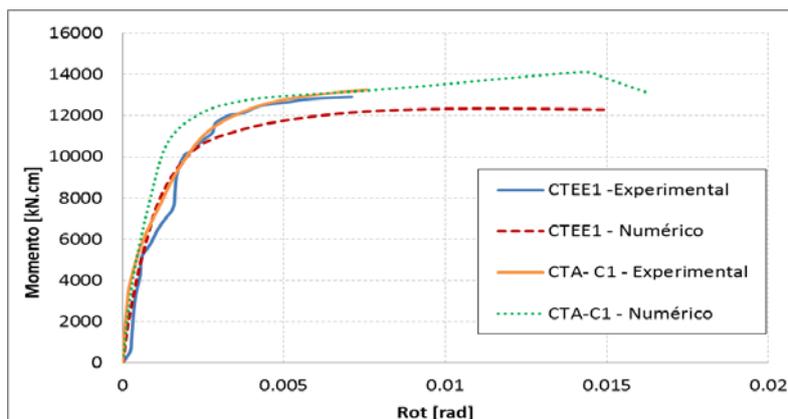


Figura 2 – Curvas Momento x Rotação das Ligações.

O comportamento do modelo numérico de ligação é ilustrado na Figura 3, considerando as recomendações para a análise inelástica e os coeficientes de ponderação da resistência. Nesta mesma figura, ilustra-se o resultado analítico obtido pelo Método das Componentes¹. Pode-se observar uma boa aproximação dos resultados quanto à rigidez inicial das ligações. Para os valores do momento resistente, o Método das Componentes apresenta resultado um pouco mais conservador do que o modelo numérico.

¹ Método de análise da resistência e rigidez de ligações de aço apresentado pelo Eurocode 3 – Parte 1-8:2010.

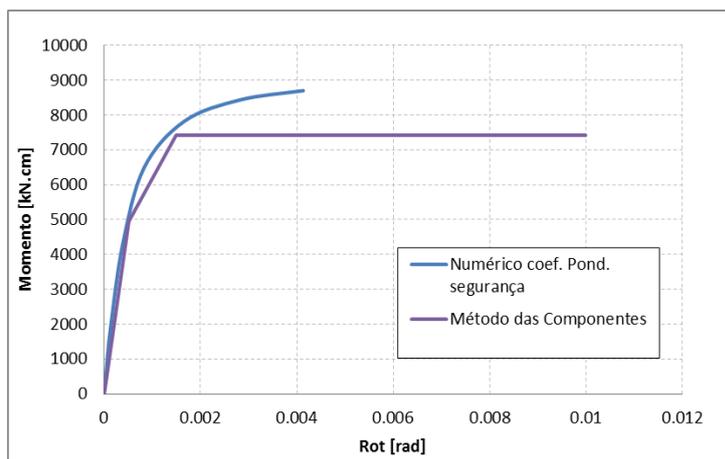


Figura 3 – Curvas Momento x Rotação dos modelos numérico e Método das Componentes

5 CONCLUSÕES PARCIAIS

Os resultados dos modelos numéricos apresentaram uma boa aproximação quando comparados aos resultados experimentais, com a possibilidade de validar os modelos e a análise numérica.

O Método das Componentes apresentou resultados bastante conservador quando comparados com os resultados da análise experimental e um pouco conservador quando comparados com os resultados da análise numérica avançada de ligações. Assim, por meio desta análise avançada de ligações, é possível chegar a valores de momentos resistentes de cálculo coerentes para qualquer geometria de ligação desde que o modelo numérico seja previamente calibrado com resultados experimentais.

Os modelos da análise avançada de ligações serão utilizados para obter o comportamento das ligações que serão incluídas na análise estrutural de edifícios.

6 AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a CAPES pelo suporte financeiro e ao Departamento de Estruturas da USP – São Carlos.

7 REFERÊNCIAS

AMERICAN INSTITUTE OF STEEL CONSTRUCTIONS. ANSI/AISC 360-10 Specification for structural steel buildings. Chicago – Illinois. June, 2010.

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

FIGUEIREDO, L. M. B. **Ligações mistas aço concreto – Análise teórica e experimental**. 215 p. Tese (Doutorado). Escola de Engenharia de São Carlos - Universidade de São Paulo, São Carlos, 2007.

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, USP, 264p. 2004.