

Elementos compostos com travejamento em quadros

Análise teórica, numérica e experimental



FIGURA 1
Exemplos de treliça com perfis compostos com travejamento em quadros



Introdução

Na prática atual, é comum se observar a utilização de perfis compostos por cantoneiras dispostas em forma de U. Estes elementos podem ser ligados entre si por espaçadores treliçados, com chapa vazada, ou em forma de quadros (Fig. 1, ao lado), sendo esta última forma muito utilizada pela economia de material e mão de obra.

Contudo, este tipo de estrutura geralmente não foi previsto na ABNT NBR8800:2008 e nem na ABNT NBR 14762:2001.

Assim, para o dimensionamento de perfis compostos foram investigados métodos clássicos dispostos em bibliografias e prescrições normativas internacionais, para permitir uma análise refinada dos resultados individuais em comparação com resultados de análises numéricas pelo Método de Elementos Finitos (MEF) e ensaios experimentais.

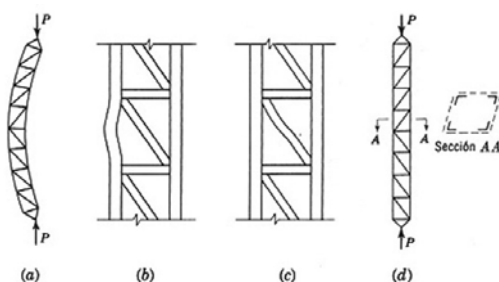


FIGURA 2
Condições de falha de um perfil composto
Fonte: Bresler (1976)

Análise de modelos mecânicos

Segundo Bresler (1976), para se projetar colunas compostas, devem ser consideradas as seguintes condições: flambagem da coluna em conjunto sob carga de compressão axial (a), flambagem ou fluência dos segmentos individuais da coluna (b), resistência do travejamento (c) e distorção da seção transversal (d), conforme exposto na Figura 2 (ao lado).

Enio C. Mesacasa Júnior

Bolsista CNPq, Faculdade de Engenharia e Arquitetura,
Universidade de Passo Fundo – enio.mesacasa@gmail.com

Ricardo Fabeane

Bolsista PIBIC/UPF, Faculdade de Engenharia e Arquitetura,
Universidade de Passo Fundo – ricardo.fabeane@gmail.com

Zacarias M. Chamberlain Pravia

D.Sc., Professor Titular Faculdade de Engenharia e Arquitetura,
Universidade de Passo Fundo – zacarias@upf.br

A maioria dos autores define a carga elástica de flambagem em função de um parâmetro K modificado em função da distância entre placas separadoras, e o raio de giração da placa separadora (batten plate). Nesse sentido podemos dizer que a formulação geral usada por vários autores, como Timoshenko (1963), Bresler (1976), Gaylord (1992), Mukhanov (1980), a Norma AISC-360:05 (2005) e a norma espanhola CTE (2006), por produzirem resultados praticamente equivalentes que serão mostrados a seguir, pode ser reduzida a mesma utilizada na AISC360:05, aqui apresentada pela sua simplicidade e eficiência:

$\left(\frac{K.L}{r}\right)_m = \sqrt{\left(\frac{K.L}{r}\right)_0^2 + \left(\frac{a}{r_a}\right)^2}$	1
$N_{cr} = \frac{\pi^2 . E . A}{\left(\frac{K.L}{r}\right)_m^2}$	2

Onde:

$\left(\frac{K.L}{r}\right)_m$	É o parâmetro de esbeltez do elemento composto modificado;
$\left(\frac{K.L}{r}\right)_0$	É o parâmetro de esbeltez do elemento composto;
a	É a distância centro a centro das chapas intermediárias;
r_a	É o raio de giração de um único ramo do elemento composto.

Na Tabela 1 se apresentam os valores calculados para as referências supracitadas no parágrafo anterior. O modelo 1(M1) é uma peça formada pelas duas cantoneiras em forma de U, considerado sem travejamentos, o modelo 2(M2) com travejamentos nos extremos da peça, e o terceiro modelo (M3) com travejamentos extremos e um intermediário.

O coeficiente de variação dos resultados tem como máximo valor 8%, o que mostra a equivalência dos modelos mecânicos estudados.

Modelo	Timoshenko (1963) (kN)	Bresler (1976) (kN)	AISC (2005) (kN)	Norma Espanhola CTE (2006) (kN)	Gaylord (1992) (kN)	Mukhanov (1980) (kN)
M1	12,12	12,12	11,21	11,21	12,29	9,67
M2	14,08	14,08	13,06	13,059	14,1	13,47
M3	19,34	19,34	19,02	19,018	19,51	22,41

TABELA 1: Resultados dos cálculos teóricos

Análises numéricas

Com base em pesquisas anteriores, foram modeladas em um software comercial as mesmas peças conhecidas como M1, M2 e M3 utilizando-se elementos de casca, definidos por 4 nós, com 6 graus de liberdade por nó.

Foi adotado nas análises o mesmo procedimento descrito em Chodraui (2006), onde é realizada uma prévia análise de autovvalor obtendo as tensões e os modos de flambagem. Em seguida, faz-se a atualização da geometria da peça a partir da configuração deformada do primeiro modo de flambagem, ou seja, são colocadas imperfeições na geometria do modelo, e por último faz-se uma análise não-linear física e geométrica. *Veja a figura 3, a seguir.*

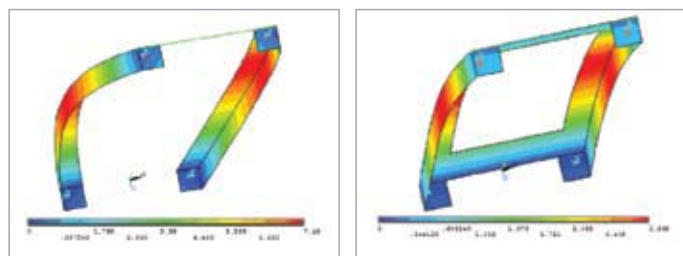


FIGURA 3
Comportamento das peças sob ação da carga compressiva

O comportamento não-linear dos modelos apresentou significativas reduções nas cargas últimas. Os resultados das cargas últimas obtidas com as análises numéricas podem ser vistos na Tabela 2.

Modelo	Análise Linear (kN)	Análise Não-Linear Geométrica (kN)	Análise Não-Linear Geométrica e Material (kN)
M1	11,89	11,78	10,08
M2	28,39	26,10	21,22
M3	29,83	28,10	21,88

TABELA 2: Resultados de carga última de compressão

Análise experimental

Para avaliar os resultados de modelos mecânicos e computacionais foi definido um programa experimental, numa primeira fase com nove corpos de prova, três de cada modelo analisado.

Os resultados, até então parciais, são apresentados na Tabela 3, e na Figura 4 uma vista da montagem do ensaio comparada com o resultado do modelo numérico.

Modelo	Carga Crítica de Flambagem (kN)
M1	14,50
M2	14,40
M3	20,0

TABELA 3: Resultados parciais dos ensaios experimentais



FIGURA 4
Montagem do ensaio no LESE

Comentários finais

Um estudo completo sobre perfis compostos, principalmente de cantoneiras separadas por chapas está em desenvolvimento no Laboratório de Ensaio em Sistemas Estruturais da Universidade de Passo Fundo (<http://www.lese.upf.br>).

Os resultados aqui apresentados permitem enumerar alguns comentários:

- Os modelos mecânicos encontrados na literatura ou normas são enfocados ao uso de um parâmetro K modificado, que leva em conta o número e espaçamento dos travejamentos;
- A força de cisalhamento não é o fator dominante no correto dimensionamento deste tipo de elementos;
- As análises de modelos mecânicos, numéricos e os primeiros resultados experimentais indicam a formulação da AISC 360:05 como uma alternativa que poderia ser incluída na ABNT NBR8800 e na ABNT NBR14762, para este tipo de elemento, que são de uso comum em estruturas de pequeno, médio e grande porte. No caso da NBR14762 há uma proposta de seguir a formulação do Eurocode, que também usa o conceito de esbeltez equivalente.

Referências

- AMERICAN INSTITUTE OF STEEL CONSTRUCTION (AISC). Specification for structural Buildings (AISC 360-05). Disponível em http://www.aisc.org/Content/ContentGroups/Documents/2005_Specification/2005Specification_second_printing.pdf. Acesso em 24/06/2009.
- BRESLER, B., LIN, T. Y., SCALZI, J. B. Diseño De Estructuras De Acero. Mexico: Editorial Limusa, S.A, 1976.
- CHODRAUI, G. M. B. Análise teórica e experimental de perfis de aço formados a frio submetidos à compressão. Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. São Carlos, 2006.
- CÓDIGO TÉCNICO DE LA EDIFICACIÓN CTE. DB-SE-A. Seguridad Estructural – Acero. Espanha, 2006.
- GAYLORD, E. H., GAYLORD, C. N., STALLMEYER, J. E. (3rd Ed.). Design of Steel Structures. McGraw-Hill Book Company, Inc, 1992.
- MUKHANOV, K. Estructuras Metálicas. Moscou: Editora Mir, 1980.
- TIMOSHENKO, S. P., GERE, J. M. (International Student Edition). Theory of Elastic Stability. McGraw-Hill Book Company, Inc, 1963. ■

ISO 9001:2000



FULL JAZZ



Imagens cedidas pela Aboem-Suzano

Galvanização a fogo. A melhor opção para a segurança de sua estrutura de aço contra a corrosão.

A Unidade de Galvanização da Mangels é pioneira no processo de galvanização a fogo no Brasil. Ela desenvolveu a exclusiva liga Maxizinco®, que garante a melhor resistência contra a corrosão. A galvanização Mangels atende a todas as normas nacionais e internacionais, o que assegura o mais alto padrão de qualidade para os seus produtos, além de atuar em muitos segmentos, como construção civil, elétrico, agricultura e automotivo, entre outros, sempre respeitando prazos de entrega e levando satisfação aos clientes. Solicite uma visita de nossos consultores:

Tel.: (11) 3728-3250 – Fax.: (11) 3728-3283 – galvanizacao@mangels.com.br – www.mangels.com.br