

Khảo sát sự thay đổi kích thước hình học bản cánh ảnh hưởng đến cường độ nén danh nghĩa về ổn định méo trong cấu kiện thép tạo hình nguội

Investigation of change in flange geometry size affecting nominal axial strength for distortional buckling in cold-formed steel member

Vũ Quang Duẩn

Tóm tắt

Bài báo trình bày tóm tắt các dạng mất ổn định trong cấu kiện thép tạo hình nguội chịu nén, hình minh họa các dạng mất ổn định và phương pháp cường độ trực tiếp để xác định cường độ nén danh nghĩa về ổn định méo trong cấu kiện thép tạo hình nguội chịu nén. Phương pháp này áp dụng phần mềm CUFSM để phân tích ổn định đàn hồi của kết cấu thép tạo hình nguội. Bài báo cũng trình bày khảo sát sự thay đổi kích thước hình học bản cánh ảnh hưởng đến cường độ nén danh nghĩa về ổn định méo trong cấu kiện này. Khảo sát được tiến hành với hai tiết diện có kích thước chưa thay đổi là C200x85x20x2 và Z200x57x20x1.5. Kết quả khảo sát cho thấy có thể thiết kế được kích thước tiết diện hợp lý nhất về khả năng chống mất ổn định méo khi cấu kiện làm việc chịu nén.

Từ khóa: Phương pháp cường độ trực tiếp, cường độ nén danh nghĩa, ổn định méo, khảo sát sự thay đổi kích thước hình học bản cánh, cấu kiện thép tạo hình nguội chịu nén

Abstract

The paper presents a summary of the types of instability in cold-formed steel members under compression, illustrates these types of instability and direct strength method to determine the nominal compressive strength of distortional stability in cold-formed steel members under compression. This method applies CUFSM software to analyze the elastic stability of cold-formed steel structures. The paper also investigates the change in flange geometry affects the nominal compressive strength of distortional stability in this member. The investigation was conducted with two sections of unchanged size, C200x85x20x2 and Z200x57x20x1.5. The investigation results shows that it is possible to design the most reasonable cross-sectional size in terms of distortional stability resistance when the member is under compression.

Key words: Direct strength method, nominal axial strength, distortional buckling, investigation of change in flange geometry, cold-formed steel member under compression

ThS. Vũ Quang Duẩn

Bộ môn Kết cấu thép gỗ, Khoa Xây dựng

Email: vquanduan@gmail.com

ĐT: 0913.082.015

Ngày nhận bài: 04/3/2021

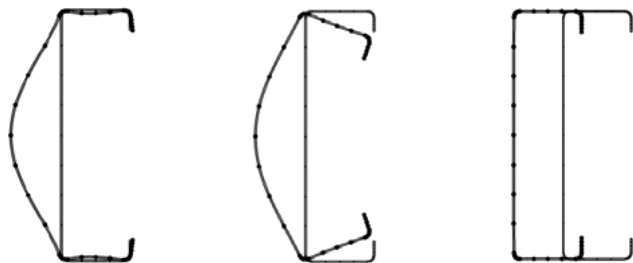
Ngày sửa bài: 23/3/2021

Ngày duyệt đăng: 21/7/2023

1. Đặt vấn đề

Cấu kiện bằng thép tạo hình nguội chịu nén có thể bị phá hoại do chảy dẻo, mất ổn định cục bộ, mất ổn định méo, mất ổn định tổng thể hoặc kết hợp các điều kiện này với nhau. Hình 1 minh họa ba dạng mất ổn định đàn hồi của thép tạo hình nguội tiết diện chữ C điển hình chịu nén. Dạng mất ổn định cục bộ (local buckling) đặc trưng bởi dạng mất ổn định có bước sóng tương đối ngắn và sóng mất ổn định được lặp lại bởi biến dạng nén của các phần tử hợp thành cấu kiện (ví dụ bản bụng, bản cánh và mép tăng cứng); bốn góc của mặt cắt ngang không có dịch chuyển tương đối. Dạng mất ổn định méo (distortional buckling) xảy ra ở những sóng mất ổn định có chiều dài trung bình. Ở dạng mất ổn định méo, tiết diện bị vênh và mép cánh nén của cấu kiện bị quay quanh vị trí giao nhau giữa bản cánh và bản bụng, nhưng nó cũng có thể được hình thành bởi sự mất ổn định của bản cánh trong cấu kiện được tăng cứng bằng sườn biên. Dạng mất ổn định tổng thể (global buckling) xảy ra ở các bước sóng tương đối dài, toàn bộ tiết diện dịch chuyển hoặc quay như một vật rắn tuyệt đối mà không có sự thay đổi đáng kể hình dạng mặt cắt ngang [1].

Mất ổn định méo thường xảy ra ở các tiết diện do biến dạng ngang bị ngăn cản bởi giằng không liên tục như cánh chịu nén của các cấu kiện như cột và trụ [2].



a) Mất ổn định cục bộ b) Mất ổn định méo c) Mất ổn định tổng thể

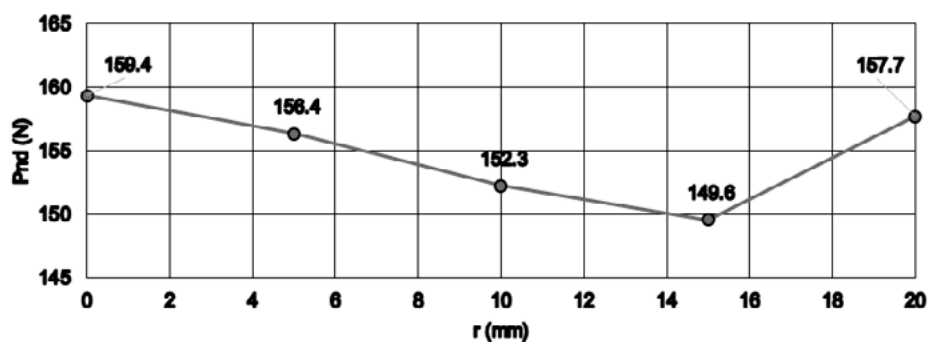
Hình 1. Các dạng mất ổn định của tiết diện chữ Z chịu nén

2. Phương pháp cường độ trực tiếp xác định cường độ nén danh nghĩa về ổn định méo

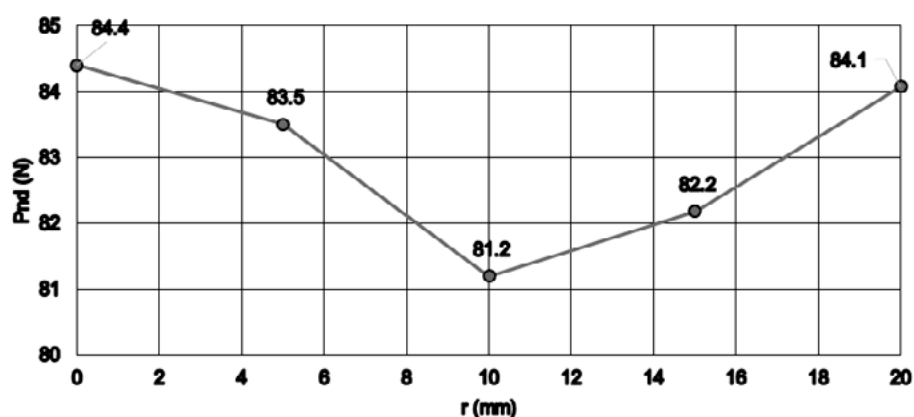
Tài liệu [3] đã đưa phương pháp cường độ trực tiếp (Direct Strength Method - DSM) vào phần chính để xác định lực nén danh nghĩa của cấu kiện bằng thép tạo hình nguội. Phương pháp chiều rộng hữu hiệu (Effective Width Method – EWM) được trình bày trong phần Phụ lục.

Cấu kiện chịu nén có thể bị phá hoại do: Chảy dẻo và mất ổn định tổng thể; mất ổn định cục bộ kết hợp với chảy dẻo và mất ổn định tổng thể; mất ổn định méo. Như vậy, mất ổn định méo là một điều kiện tính toán độc lập với các điều kiện tính toán khác. Trong phạm vi bài báo này, tác giả tập trung vào trình bày cách xác định cường độ nén danh nghĩa của cấu kiện không có lỗ, được giằng liên tục về ổn định méo. Đây là điều kiện tính toán hay gặp trong cấu kiện chịu nén [3].

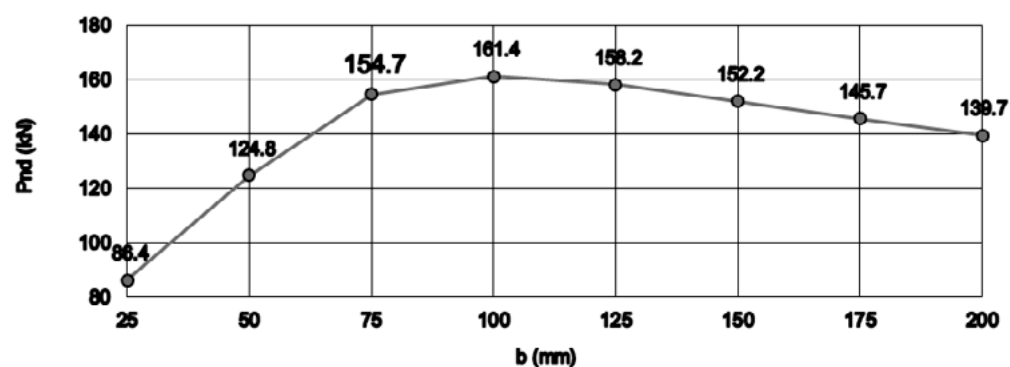
Đối với tiết diện không có lỗ, cường độ nén danh nghĩa P_{nd} xác định như sau:



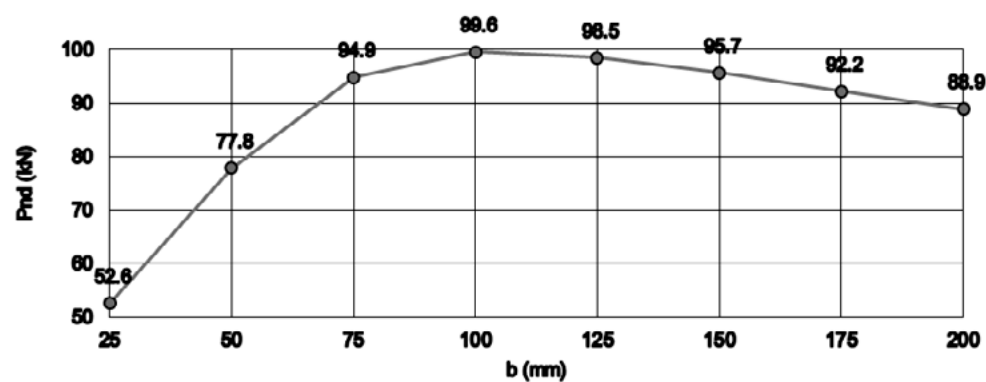
Hình 2. Biểu đồ thể hiện mối quan hệ giữa r và P_{nd} của tiết diện C200x85x20x2



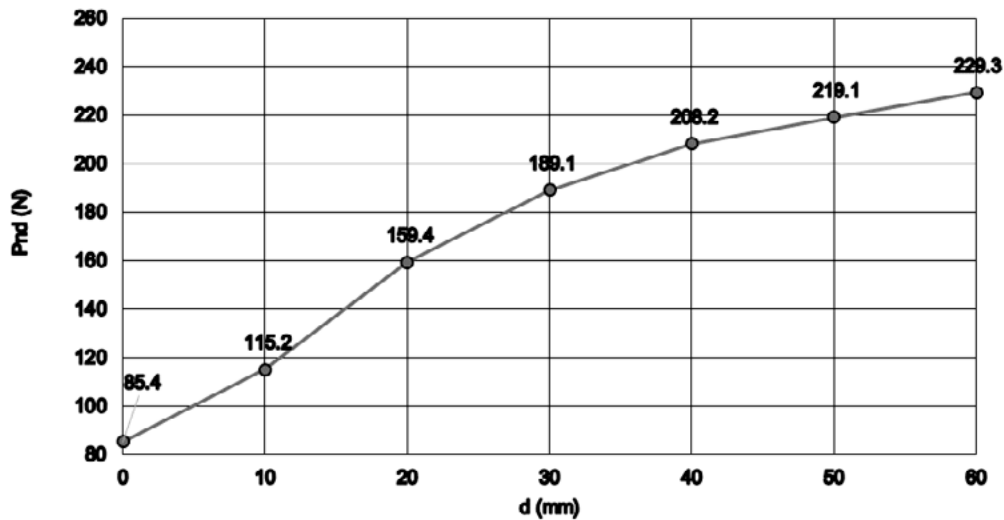
Hình 3. Biểu đồ thể hiện mối quan hệ giữa r và P_{nd} của tiết diện Z200x57x25x1,5



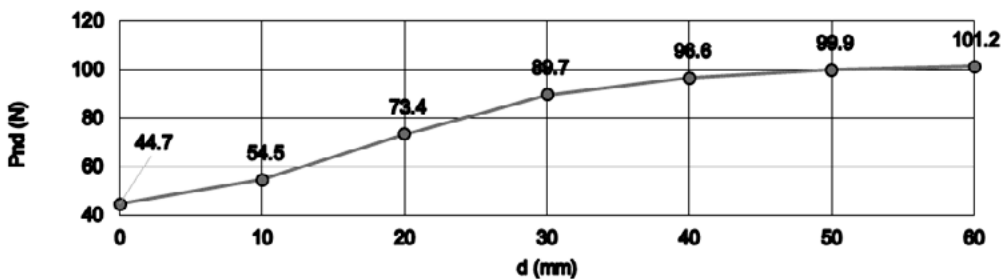
Hình 4. Biểu đồ thể hiện mối quan hệ giữa b và P_{nd} của tiết diện C200x85x20x2



Hình 5. Biểu đồ thể hiện mối quan hệ giữa b và P_{nd} của tiết diện Z200x57x25x1,5



Hình 6. Biểu đồ thể hiện mối quan hệ giữa d và Pnd của tiết diện C200x85x20x2



Hình 7. Biểu đồ thể hiện mối quan hệ giữa d và Pnd của tiết diện Z200x57x25x1,5

Nếu $\lambda_d > 0,561$ thì $P_{nd} = P_y$ (1)

Nếu $\lambda_d > 0,561$ thì

$$P_{nd} = \left[1 - 0,25 \left(\frac{P_{crd}}{P_y} \right)^{0,6} \right] \left(\frac{P_{crd}}{P_y} \right)^{0,6} P_y \quad (2)$$

Trong đó: $\lambda_d = \sqrt{P_y / P_{crd}}$ (3)

$$P_y = A_g F_y \quad (4)$$

Với: A_g là diện tích tiết diện nguyên;

F_y là giới hạn chảy;

F_{crd} là lực nén giới hạn về ổn định méo đàn hồi,

$$P_{crd} = A_g F_{crd} \quad (5)$$

F_{crd} là ứng suất mất ổn định méo đàn hồi được tính toán theo phương pháp dải hữu hạn được trình bày như dưới đây.

Phương pháp dải hữu hạn (Finite Strip Method – FSM) là một trường hợp đặc biệt của phương pháp số được sáng tạo bởi Cheung, ông đã sử dụng lý thuyết tấm Kirchhoff để xây dựng các dải hữu hạn. Đây là một phương pháp rất hiệu quả và phổ biến để phân tích ổn định đàn hồi của kết cấu thép tạo hình nguội. AISI đã tài trợ để phát triển phương pháp này. Kết quả là sự ra đời của phần mềm miễn phí CUFSM với việc dùng FSM để phân tích ổn định đàn hồi cho tiết diện bất kỳ. FSM khảo sát được cấu kiện chịu cắt, điều kiện biên khác nhau, cấu kiện có lỗ, cấu kiện có đinh kèm, tự nhận biết các dạng mất ổn định cục bộ, mất ổn định méo, mất ổn định tổng thể và các trường hợp đặc biệt khác [1].

3. Khảo sát sự thay đổi kích thước hình học bản cánh ảnh hưởng đến cường độ nén danh nghĩa về ổn định méo đàn hồi

Khảo sát được tiến hành với hai tiết diện có kích thước chưa thay đổi là C200x85x20x2 và Z200x57x25x1,5. Vật liệu sử dụng có mô đun đàn hồi $E = 20300 \text{ MPa}$, giới hạn chảy $f_y = 345 \text{ MPa}$. Sử dụng phần mềm CUFSM phiên bản 5.01; đầu vào là thông số vật liệu, kích thước hình học của tiết diện và tải trọng đơn vị; đầu ra của phần mềm là ứng suất mất ổn định méo đàn hồi F_{crd} . Sau đó ứng suất này được dùng để tính toán cường độ nén danh nghĩa về ổn định méo đàn hồi P_{nd} theo các công thức trong mục 2 ở trên.

a) Ảnh hưởng của bán kính góc uốn r

Cho bán kính góc uốn thay đổi theo các giá trị $r = 0, 5, 10, 15, 20$. Kết quả tính toán cường độ nén danh nghĩa thể hiện trong hình 2 và 3.

b) Ảnh hưởng của bề rộng b

Cho bề rộng tiết diện thay đổi theo các giá trị $b = 25, 50, 75, 100, 125, 150, 175, 200$. Kết quả tính toán cường độ nén danh nghĩa thể hiện trong hình 4 và 5.

c) Ảnh hưởng của chiều dài sườn d

Cho chiều dài sườn thay đổi theo các giá trị $d = 0, 10, 20, 30, 40, 50, 60$. Kết quả tính toán cường độ nén danh nghĩa thể hiện trong hình 6 và 7.

4. Kết luận và kiến nghị

Bài báo trình bày phương pháp cường độ trực tiếp dùng lời giải số để xác định cường độ nén danh nghĩa về ổn định méo và khảo sát sự thay đổi kích thước hình học bản cánh

ảnh hưởng đến cường độ nén danh nghĩa về ổn định méo đàn hồi trong cấu kiện chịu nén với sự hỗ trợ của phần mềm CUFSM. Từ các biểu đồ có thể đưa ra một số nhận xét sau:

Hình từ 2 đến 7 cho thấy sự thay đổi cường độ nén danh nghĩa về ổn định méo là như nhau đối với tiết diện C200x85x20x2 và Z200x57x25x1,5 khi các kích thước hình học bản cánh thay đổi. Như vậy kết quả khảo sát bằng phần mềm CUFSM là tin cậy.

Hình 2 và 3 cho thấy khi bán kính góc uốn tăng từ 0 mm đến 20 mm thì cường độ nén danh nghĩa về ổn định méo không thay đổi nhiều. Khi bán kính góc uốn khoảng 10 đến 15 mm thì cường độ nén danh nghĩa về ổn định méo là nhỏ nhất. Tuy nhiên, sự thay đổi này không lớn, khoảng 6,1% đối với tiết diện C200x85x20x2 và khoảng 3,8% đối với tiết diện Z200x57x25x1,5. Có thể coi sự thay đổi bán kính góc uốn không ảnh hưởng đến cường độ nén danh nghĩa về ổn định méo.

Hình 4 và 5 là kết quả tính toán cường độ nén danh nghĩa về ổn định méo khi bề rộng tiết diện b thay đổi từ 25 mm đến 200 mm (bằng chiều cao tiết diện). Khi bề rộng tiết diện tăng thì cường độ nén danh nghĩa về ổn định méo tăng rồi lại giảm. Cường độ nén danh nghĩa về ổn định méo đạt giá trị lớn nhất khi tỷ số $b/h = 1/2$.

Hình 6 và 7 chỉ ra mối quan hệ giữa chiều dài sườn d và P_{nd} khi chiều dài sườn d thay đổi từ 0 mm đến 60 mm. Khi

chiều dài sườn d tăng từ 0 mm đến 30 mm thì cường độ nén danh nghĩa về ổn định méo tăng nhanh nhất, khoảng 2,2 lần đối với tiết diện C200x85x20x2 và khoảng 2 lần đối với tiết diện Z200x57x25x1,5. Khi chiều dài sườn d tăng từ 30 mm đến 60 mm thì cường độ nén danh nghĩa về ổn định méo tăng không nhiều.

Như vậy, khi chịu nén có thể thiết kế được kích thước tiết diện hợp lý nhất về khả năng chống mất ổn định méo. Với tiết diện chữ C và chữ Z có chiều cao xác định, cần chọn bán kính góc uốn, chiều rộng bản cánh và chiều dài sườn theo kết quả nhận xét ở trên để đạt được khả năng chống mất ổn định méo lớn nhất. Ngoài ra, kích thước tiết diện cấu kiện chịu nén cũng phải thỏa mãn các điều kiện chịu lực khác.

Tài liệu tham khảo

1. Wei-Wen Yu, Roger A. LaBoube, Helen Chen, *Cold-Formed Steel Design*, John Wiley & Sons, 2020.
2. American Iron and Steel Institute, *Cold-Formed Steel Design – Vol 1*, Steel Market Development Institute, 2013.
3. American Iron and Steel Institute, *North American Specification for the Design of Cold-Formed Steel Structural Members*, Washington DC, 2016.

Ứng dụng công nghệ BIM trong thiết kế kết cấu bê tông cốt thép dự ứng lực cho công trình lắp ghép

(tiếp theo trang 13)

4. Kết luận

Trong kết cấu bê tông cốt thép dự ứng lực, việc sử dụng công nghệ BIM sẽ đem lại hiểu quả cao trong việc rút ngắn thời gian từ khâu lên ý tưởng tới triển khai bản vẽ kỹ thuật.

Công nghệ BIM là công nghệ mới nhất hiện nay và nó chứa đựng những ưu việt nhất định trong việc áp dụng vào ngành xây dựng. Để áp dụng được rộng rãi tới tất cả các loại công trình cần có sự đầu tư nghiêm túc về thời gian, công sức, thời gian đào tạo và chuyển giao công nghệ phần mềm để BIM được áp dụng rộng rãi trong ngành công nghiệp xây dựng.

Ứng dụng của công nghệ BIM trong việc triển khai bản vẽ kết cấu giúp việc kiểm soát xung đột giữa các bộ môn từ

đó hỗ trợ cho đơn vị tư vấn thiết kế và đơn vị thi công có thể phát hiện được những xung đột không gian và lường trước được những bất cập có thể gặp phải trong quá trình thi công để có biện pháp xử lý kịp thời.

Ứng dụng công nghệ BIM trong thiết kế kết cấu BTCT dự ứng lực cho công trình lắp ghép là cần thiết tuy nhiên phải tuân thủ nghiêm ngặt các bước triển khai nhằm đảm bảo tính hiệu quả của công nghệ BIM từ đó đảm bảo chất lượng dự án từ khâu thiết kế kết đến khâu lắp dựng chế tạo các kết cấu tại hiện trường, đồng thời rút ngắn thời gian thiết kế thi công công trình.

Tài liệu tham khảo

1. Chuck Eastman, Paul Teicholz, Rafael Sacks, Kathleen Liston (2013) *BIM Handbook. A Guide to Building Information Modeling for Owner, Manager, Designers, Engineer, and Contractor*, John Wiley & Sons, Inc.
2. Dipesh Chand (2019) *Risk Management in BIM*.
3. Husam A. Wasmi and Daniel Castro-Lacouture (2016), *Potential Impacts of BIM- Based Cost Estimating in Conceptual Building Design: A University Building Renovation Case Stud*, Construction Research Congress 2016
4. *National BIM Standard – United States Version 3*.
5. Tianqi Yang and Lihui Liao (2016) *Research on Building Information Model (BIM) Technology*.
6. Nguyễn Mậu Bành, Nguyễn Bảo Ngọc (2018) *Các khuynh hướng nghiên cứu, ứng dụng BIM tại Viện Quản lý đầu tư xây dựng – Trường đại học Xây Dựng. Tạp chí khoa học công nghệ xây dựng 01/2018*.
7. Lê Anh Dũng, Ngô Quang Tuấn (2018), *Lợi ích việc áp dụng mô hình thông tin công trình (BIM) trong thi công xây dựng dân dụng và công nghiệp ở Việt Nam. Tạp chí Xây Dựng số 09/2018*.
8. Vương Tuấn Cường (2014), *Building Information Modeling (BIM). Bộ môn Công nghệ và quản lý xây dựng Đại học Xây dựng*.