

Khảo sát ảnh hưởng của sự thay đổi kích thước tiết diện đến ứng suất mất ổn định méo trong cấu kiện thép tạo hình nguội chịu uốn

Surveying the effect of changing the cross-section size to distortion stress in cold-formed steel member subjected to bending

Vũ Quốc Anh, Vũ Quang Duẩn

Tóm tắt

Bài báo trình bày phương pháp cường độ trực tiếp để tính toán mất ổn định méo. Thực hiện khảo sát sự thay đổi kích thước tiết diện ảnh hưởng đến ứng suất mất ổn định méo trong cấu kiện thép tạo hình nguội chịu uốn.

Từ khóa: Phương pháp cường độ trực tiếp, mất ổn định méo, cấu kiện thép tạo hình nguội chịu uốn

Abstract

This paper describes the direct intensity method for calculating distortion instability.

Conducting a survey to determine how changes in cross-sectional dimensions affect the distortion stress in cold-formed steel members subjected to bending.

Key words: Direct strength method, distortional buckling, cold-formed steel member subjected to bending.

1. Đặt vấn đề

Cấu kiện bằng thép tạo hình nguội chịu uốn có thể bị phá hoại do mất ổn định cục bộ, mất ổn định méo hoặc mất ổn định oằn bên. Hình 1 minh họa ba dạng mất ổn định đàn hồi của thép tạo hình nguội tiết diện chữ Z điển hình chịu uốn. 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, cánh nén 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 ngang xoắn (lateral - torsional buckling) xảy ra ở các bước sóng tương đối dài, toàn bộ tiết diện dịch chuyển và quay như một vật rắn tuyệt đối mà không có sự thay đổi đáng kể hình dạng mặt cắt ngang.

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 mômen âm của các cấu kiện liên tục (dầm, xà gồ, vv.).

2. Phương pháp cường độ trực tiếp tính toán ổn định méo kiện chịu uốn

Tiêu chuẩn Bắc Mỹ AISI S100 – 16 đã đưa phương pháp cường độ trực tiếp (Direct Strength Method - DSM) vào phần chính của tiêu chuẩn để xác định khả năng chịu lực 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 uốn có thể bị phá hoại do: Chảy dẻo và mất ổn định ngang xoắn; mất ổn định cục bộ kết hợp với chảy dẻo và mất ổn định ngang xoắn; mất ổn định méo. Trong phạm vi bài báo này, tác giả tập trung vào trình bày lý thuyết tính toán khả năng chịu lực của cấu kiện khi mất ổn định méo. Đây là trường hợp phá hoại hay gặp trong cấu kiện chịu uốn.

Đối với tiết diện không có lỗ, khả năng chịu uốn M_{nd} xác định như sau:

$$\text{Nếu } \lambda_d \leq 0,673 \text{ thì } M_{nd} = M_y \quad (1)$$

Nếu $\lambda_d > 0,673$ thì:

$$M_{nd} = \left(1 - 0,22 \sqrt{\frac{M_{crd}}{M_y}} \right) \left(\sqrt{\frac{M_{crd}}{M_y}} \right) M_y \quad (2)$$

$$\text{Trong đó: } \lambda_d = \sqrt{\frac{M_y}{M_{crd}}} \quad (3)$$

$$M_y = S_f F_y \quad (4)$$

Với:

S_f là mô đun chống uốn của toàn bộ tiết diện đối với trục biên tại ứng suất chảy;

F_y là giới hạn chảy;

$$M_{crd} = S_f F_{crd} \quad (5)$$

S_f là mô đun chống uốn của tiết diện không giảm yếu đối với trục biên chịu nén;

F_{crd} là ứng suất mất ổn định méo đàn hồi được tính toán theo phương pháp dài

PGS.TS. Vũ Quốc Anh

Bộ môn Kết cấu thép gỗ, Khoa Xây dựng

ĐT: 0904.715.062

Email: anhquocvu@gmail.com

ThS. Vũ Quang Duẩn

Bộ môn Kết cấu thép gỗ, Khoa Xây dựng

ĐT: 0913.082.015

Email: vquanduan@gmail.com

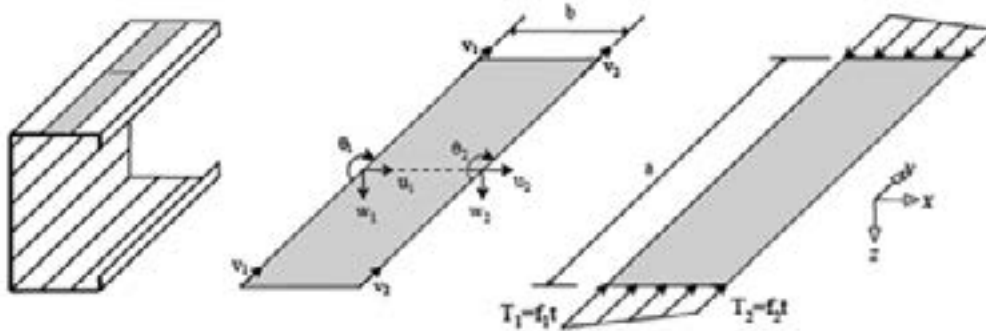
Ngày nhận bài: 09/3/2020

Ngày sửa bài: 07/5/2020

Ngày duyệt đăng: 15/7/2021



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



Hình 2. Rời rạc hóa cấu kiện tiết diện chữ C thành các dải hữu hạn

hữu hạn được trình bày chi tiết 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, Cheung 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.

Trong phương pháp dải hữu hạn, một cấu kiện thành mỏng được rời rạc hóa thành các dải liên kết liên tục với nhau theo một cạnh chung dọc theo chiều dài cấu kiện. Khác với phương pháp phần tử hữu hạn, áp dụng rời rạc hóa phần tử theo cả hai hướng ngang và dọc, các phần tử liên kết với nhau tại nút. Hình 2 thể hiện các bậc tự do, kích thước, tải trọng tác dụng lên dải:

Đối với bài toán ổn định, mỗi trường hợp tải trọng phân bố trên biên của phần tử, độ cứng hình học tỷ lệ tuyến tính với nhau, điều này dẫn đến giá trị riêng của dạng mất ổn định cần xem xét. Đối với một dạng mất ổn định ϕ và λ giá trị riêng ta có phương trình:

$$K_{\phi} \phi = \lambda K_g \phi \quad (6)$$

Cả K_{ϕ} và K_g là một hàm của chiều dài dải hữu hạn a . Giá trị mất ổn định đàn hồi và dạng mất ổn định tương ứng cũng là một hàm của a . Bài toán có thể được giải cho nhiều chiều dài a . Vì vậy sẽ có được một hình ảnh hoàn chỉnh về giá trị mất ổn định đàn hồi và dạng mất ổn định đàn hồi. Cực tiểu

của đường cong là giá trị tải trọng giới hạn gây mất ổn định và tương ứng với dạng mất ổn định của cấu kiện.

Khi phân tích FSM cho thấy, mất ổn định của cấu kiện bằng thép tạo hình nguội thường rơi vào một trong ba dạng: tổng thể, méo, cục bộ, được phân loại dựa trên cực tiểu của kết quả phân tích FSM thông thường. Tuy nhiên, đây không phải là trường hợp tổng quát mà phụ thuộc vào mặt cắt ngang và tải trọng. Đôi khi cực tiểu có thể không tồn tại hoặc có thể tồn tại thêm cực tiểu khác.

3. Khảo sát ảnh hưởng của sự thay đổi kích thước tiết diện đến mất ổn định méo

a) Ảnh hưởng của bán kính góc uốn

Xác định sự thay đổi ứng suất mất ổn định méo đàn hồi cho tiết diện chữ C chịu uốn khi bán kính góc uốn thay đổi. Biết: Tiết diện có $h = 200\text{mm}$, $b = 85\text{mm}$, $d = 20\text{mm}$, $t = 2\text{mm}$; $E = 20300\text{MPa}$. Kết quả thể hiện trong hình 3.

b) Ảnh hưởng của bề rộng b

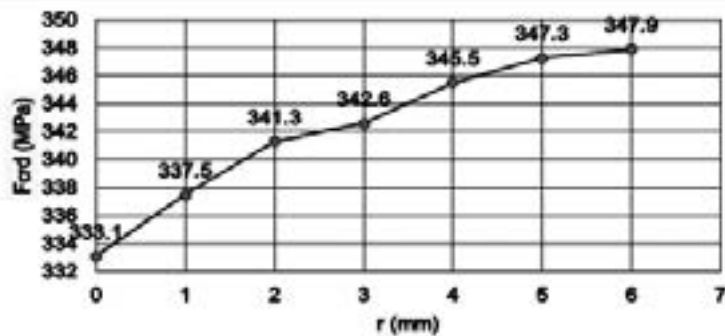
Xác định sự thay đổi ứng suất mất ổn định méo đàn hồi cho tiết diện chữ C chịu uốn khi chiều rộng tiết diện thay đổi. Biết: Tiết diện có $h = 200\text{mm}$, $d = 25\text{mm}$, $t = 1,5\text{mm}$; $E = 20300\text{MPa}$. Kết quả được lập thành đồ thị như hình 4.

c) Ảnh hưởng của chiều dài sườn d

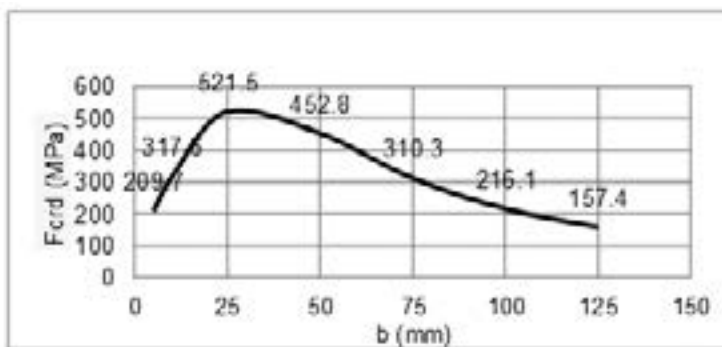
Xác định sự thay đổi ứng suất mất ổn định méo đàn hồi cho tiết diện chữ C chịu uốn khi chiều dài sườn thay đổi. Biết: Tiết diện có $h = 200\text{mm}$, $b = 50\text{mm}$, $t = 1,5\text{mm}$; $E = 20300\text{MPa}$. Kết quả được lập thành đồ thị như hình 5.

4. Nhận xét và kết luận

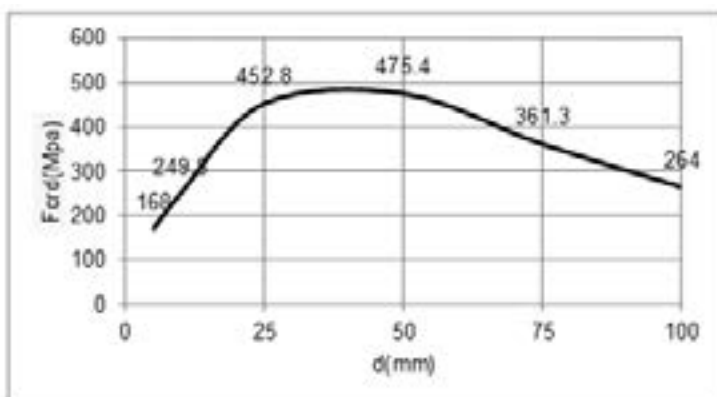
Bài báo trình bày phương pháp cường độ trực tiếp dùng lời giải số để tính toán mất ổn định méo và khảo sát sự thay đổi kích thước tiết diện ảnh hưởng đến ứng suất mất ổn định



Hình 3. Biểu đồ thể hiện mối quan hệ giữa r và F_{crd}



Hình 4. Biểu đồ thể hiện mối quan hệ giữa b và F_{crd}



Hình 5. Biểu đồ thể hiện mối quan hệ giữa d và F_{crd}

méo trong cấu kiện chịu uốn với sự hỗ trợ của phần mềm CUFSM. Từ các biểu đồ có thể đưa ra một số nhận xét sau:

1. Hình 3 cho thấy khi bán kính góc uốn tăng thì khả năng chống mất ổn định méo tăng lên do góc uốn càng lớn thì càng hạn chế chuyển vị xoay của bản cánh.

2. Hình 4 là kết quả tính toán ứng suất mất ổn định méo khi bề rộng b thay đổi, ứng suất mất ổn định méo đạt giá trị lớn nhất khi tỷ số $b/h = 1/8$. Khi chiều rộng bản cánh lớn hơn hoặc nhỏ hơn thì ứng suất mất ổn định méo sẽ giảm.

3. Hình 5 chỉ ra mối quan hệ giữa F_{crd} và d , giá trị lớn nhất của ứng suất mất ổn định méo đạt được khi chiều dài của sườn gần bằng bề rộng của bản cánh, khi sườn ngắn hơn hoặc dài hơn sẽ làm giảm ứng suất mất ổn định méo.

Như vậy, khi chịu uốn 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 có chiều cao xác định, cần chọn chiều rộng bản cánh và chiều dài sườn theo kết quả nhận xét ở trên để đạt được ứng suất mất ổn định méo lớn nhất. Ngoài ra, kích thước tiết diện cấu kiện chịu uốn cũng phải thỏa mãn các điều kiện chịu lực khác và điều kiện độ võng./.

Tài liệu tham khảo

1. American Iron and Steel Institute, North American Specification for the Design of Cold-Formed Steel Structural Members, 2016 Edition, Washington, DC.
2. American Iron and Steel Institute, Cold-Formed Steel Design – Vol 1, 2013 Edition, Steel Market Development Institute.