

Ảnh hưởng của biến dạng cắt đến lực tới hạn của cột rỗng thanh giằng 2 nhánh khi tính toán theo tiêu chuẩn Việt Nam 5575-2012 và tiêu chuẩn Châu Âu EN-1993

Effect of shear deformations on critical load of two brands laced built-up columns calculating by Vietnam standard 5575-2012 and European standard EN-1993

Nguyễn Danh Hoàng

Tóm tắt

Đối với các công trình công nghiệp có chiều cao nhà lớn giải pháp sử dụng cột rỗng là rất hiệu quả vì nó làm tăng khả năng chịu lực cũng như độ cứng của cột. Khi sử dụng phương án cột tiết diện đặc thông thường ảnh hưởng của biến dạng cắt đến lực tới hạn của cột không đáng kể tuy nhiên khi sử dụng phương án cột rỗng ảnh hưởng của biến dạng cắt đến lực tới hạn của cột là đáng kể. Bài báo đề cập đến ảnh hưởng của biến dạng cắt đến lực tới hạn của cột rỗng khi tính toán theo tiêu chuẩn Việt Nam và Châu Âu.

Từ khóa: biến dạng, tới hạn, cắt, thanh giằng, độ cứng

Abstract

For industrial buildings with considerable building height, using laced built-up columns is very effective because it enhances the bearing capacity and the rigidity of the columns. When using the solid-section columns, the influence of shear deformation on the column critical load is small. However, when using the laced built-up columns, the shear deformation effect on the column critical load is significant. The paper refers to the influence of shear deformation on the critical force of laced built-up columns when calculated according to Vietnamese and European standards.

Key words: deformation, critical, shear, lace, stiffness



Hình 1. Kết cấu cột rỗng 2 nhánh

[<https://bssvn.com/ket-cau-thep-nha-nhip-lon-khung-rong>]

1. Đặt vấn đề

Nhà thép tiền chế được sử dụng rất phổ biến hiện nay cho các loại công trình như nhà kho, nhà xưởng... Tiết diện cột, xà thông thường sẽ là chữ I tổ hợp. Đối với các nhà tiền chế có chiều cao lớn khoảng 20m trở lên thì kết cấu cột sử dụng loại cột rỗng sẽ có nhiều ưu điểm hơn so với tiết diện đặc chữ I thông thường như: tăng độ cứng, khả năng chống uốn nén của cột. Tuy nhiên loại cột này có nhược điểm là khó chế tạo hơn.

Cột rỗng theo cấu tạo thanh bụng có 2 loại là cột rỗng thanh giằng và bản giằng, theo số nhánh có cột rỗng 2 nhánh, 3 nhánh, 4 nhánh.

Đối với các loại cột chịu nén điều kiện ổn định tổng thể luôn là yếu quan trọng hàng đầu khi tính toán, việc xác định được lực tới hạn là nền móng cho những tính toán về sau. Với các loại tiết diện cột đặc ảnh hưởng của biến dạng cắt đến lực tới hạn của cột không đáng kể. Tuy nhiên đối với các loại cột rỗng do đặc điểm cấu tạo thanh nổi dạng dàn nên ảnh hưởng của biến dạng cắt đến điều kiện ổn định tổng thể là rất đáng kể. Điều kiện này đã được các tiêu chuẩn tính toán đến và thể hiện qua độ mảnh tương đương λ_0 khi tính theo tiêu chuẩn Việt Nam và λ_{eq} khi tính theo tiêu chuẩn châu Âu.

Khi tính toán theo 2 tiêu chuẩn có những sự khác nhau nhất định. Bài báo đề cập đến việc tính toán ảnh hưởng của biến dạng cắt đến lực tới hạn của cột rỗng khi tính toán theo tiêu chuẩn Việt Nam và tiêu chuẩn châu Âu.

Do hạn chế trong khối lượng nên nội dung bài báo tác giả chỉ xin đề cập đến tính toán cho trường hợp cột rỗng 2 nhánh loại thanh giằng.

2. Ảnh hưởng của biến dạng cắt đến lực nén tới hạn của cột rỗng theo phương trục ảo khi tính toán theo TCVN 5574-2012

Lực nén tới hạn N_{cr} của cột rỗng đối với trục ảo (X-X) khi tính đến ảnh hưởng của biến dạng cắt được xác định theo công thức sau:

$$N_{cr} = \frac{\pi^2 EI_x}{l_x^2} \times \frac{1}{1 + \gamma_1 \frac{\pi^2 EI_x}{l_x^2}} \quad (1)$$

ThS. Nguyễn Danh Hoàng

Bộ môn kết cấu Thép-Gỗ, Khoa Xây Dựng
Email: danhoangdchau@gmail.com

Ngày nhận bài: 10/5/2022

Ngày sửa bài: 27/5/2022

Ngày duyệt đăng: 02/01/2024

Trong đó
 I_x : là mô men quán tính

$$I_x = 2\left(A_f + \frac{C^2}{4} A_f\right), \text{ với}$$

C là khoảng cách trọng tâm 2 nhánh cột, A_f là diện tích bản cánh;

L_x : chiều dài tính toán của cột theo phương trục ảo;

E: mô đun đàn hồi của vật liệu;

Thay

$$I_x = i_x^2 A_f, I_x = \lambda_x i_x$$

ta được công thức xác định lực tới hạn N_{cr} như sau:

$$N_{cr} = \frac{\pi^2 EA}{\lambda_x^2} \times \frac{1}{1 + \gamma_1 \frac{\pi^2 EA}{\lambda_x^2}} \quad (2)$$

Đặt giá trị:

$$\mu_t = \sqrt{1 + \gamma_1 \frac{\pi^2 EA}{\lambda_x^2}}$$

λ_x : là độ mảnh của cột rỗng khi tính toán theo phương trục ảo.

γ_1 : là góc trượt của tiết diện cột do lực cắt bằng 1 gây ra.

μ_t : là hệ số kể đến ảnh hưởng biến dạng của của hệ thanh bụng rỗng do biến dạng cắt đến N_{cr} , $\mu_t > 1$. Thay μ_t vào công thức (2) ta được:

$$N_{cr} = \frac{\pi^2 EA}{\mu_t^2 \lambda_x^2} \quad (3)$$

Đặt giá trị $\lambda_0 = \mu_t \lambda_x$ là giá trị độ mảnh thực của cột rỗng khi uốn dọc theo trục ảo (x-x), gọi là độ mảnh tương đương. Thay λ_0 vào công thức (1) ta được công thức tính toán N_{cr} như sau:

$$N_{cr} = \frac{\pi^2 EA}{\lambda_0^2} \quad (4)$$

Đối với cột rỗng thanh giằng độ mảnh tương đương của cột rỗng 2 nhánh là:

$$\lambda_0 = \sqrt{\lambda_x^2 + \frac{\alpha_1 A}{A_{d1}}} \quad (5)$$

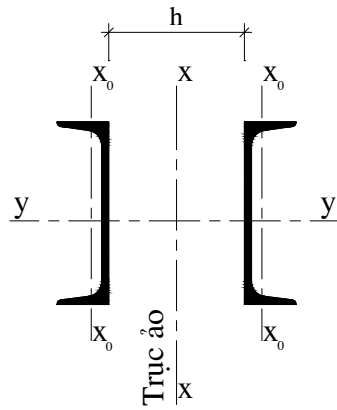
Trong đó:

A_{d1} : là tổng diện tích tiết diện của các thanh bụng xiên ở 2 mặt rỗng của cột trên cùng một tiết diện.

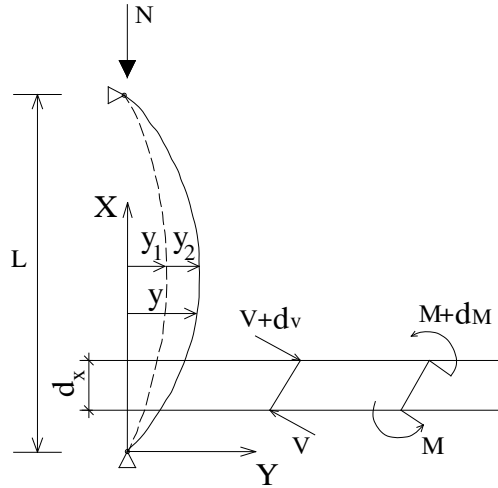
$A_{d1} = 2A_t$ với A_t là diện tích tiết diện của một thanh bụng xiên.

Hệ số α_1 tra theo giá trị của θ là góc nghiêng của thanh xiên và trục nhánh cột (theo bảng 1.1) hoặc được xác định theo công thức:

$$\alpha_1 = \frac{10l_d^3}{C^2 a} \quad (6)$$



Hình 2. Mặt cắt tiết diện



Hình 3. Sơ đồ tính toán

[<http://fgg-web.fgg.uni-lj.si/~pmoze/esdep/master/wg07/l0600.htm>]

l_d : chiều dài trục thanh bụng xiên.

a: khoảng cách theo phương đứng 2 mắt liền nhau của cột rỗng.

Bảng 1. Hệ số α_1 hoặc α_2

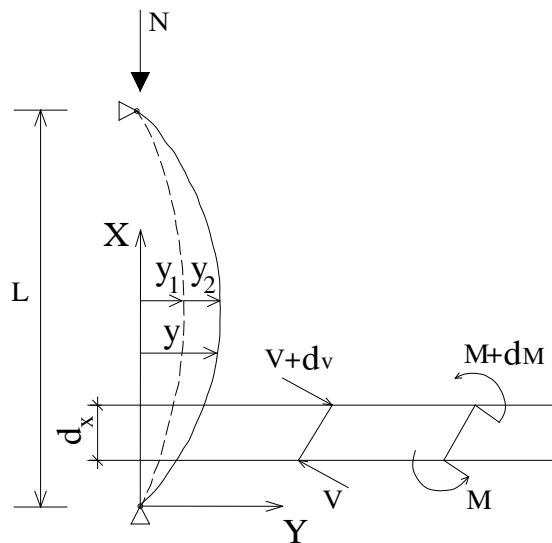
| Góc θ | 30° | 35° | 40° | 45° | 50-60° |
|----------------------------|-----|-----|-----|-----|--------|
| α_1 hoặc α_2 | 45 | 37 | 31 | 28 | 26 |

3. Ảnh hưởng của biến dạng cắt đến lực nén tới hạn của cột rỗng theo phương trục ảo khi tính toán theo EN 1993

Xét trường hợp tính toán cột có sơ đồ hai đầu khớp như hình 3, ta có các phương trình cân bằng cơ học như sau:

$$M = Ny, V = \frac{dM}{dx} = N \frac{dy}{dx} \quad (7)$$

$$y = y_1 + y_2$$



Hình 4. Sơ đồ tính toán

[<http://fgg-web.fgg.uni-lj.si/~pmoze/esdep/master/wg07/l0600.htm>]

Trong đó:

y_1 : là biến dạng do mô men M.

y_2 : là biến dạng do biến dạng cắt N.

Theo lý thuyết đàn hồi độ cong do mô men M, trượt do biến dạng cắt V gây ra là:

$$\frac{d_{y1}^2}{d_x^2} = -\frac{M}{EI} = -\frac{Ny}{EI} \quad (8)$$

$$\frac{d_{y2}}{d_x} = \beta \frac{V}{GA} = \beta \frac{N}{GA} \frac{d_y}{d_x} \quad (9)$$

Lấy đạo hàm ta được:

$$\frac{d_{y2}^2}{d_x^2} = \beta \frac{N}{GA} \frac{d_y^2}{d_x^2}$$

kết hợp với (7), (8), (9) ta có phương trình:

$$\frac{d_y^2}{d_x^2} = -\frac{Ny}{EI} + \beta \frac{N}{GA} \frac{d_y^2}{d_x^2} \quad (10)$$

Đặt $S_v = \frac{GA}{\beta}$

là độ cứng kháng cắt của hệ thanh bụng giằng;

$$N_{cr} = \frac{\pi^2 EI_x}{l_x^2}$$

là lực nén tới hạn của cột rỗng đối với trục ảo (X-X) khi không kể đến ảnh hưởng của biến dạng cắt:

Giải phương trình (10) ta được lực nén tới hạn N_{cr} của cột rỗng đối với trục ảo (X-X) khi kể đến ảnh hưởng của biến dạng cắt được xác định theo công thức sau:

$$N_{cr,id} = N_{cr} \times \frac{1}{1 + \frac{N_{cr}}{S_v}} \quad (11)$$

Trong đó:

E: là mô đun đàn hồi;

I: là mô men quán tính;

G: mô đun cắt;

β : là hệ số kể đến ảnh hưởng của hình dạng tiết diện.

Từ công thức (11) ta lập được biểu đồ ảnh hưởng của N_{cr}/S_v đến $N_{cr,id}/N_{cr}$ như hình 4.

S_v được xác định tùy thuộc theo cách bố trí của hệ thanh bụng cột rỗng cụ thể như sau:

Đối với hệ thanh giằng chữ N:

$$S_v = \frac{ah^2 A_d E}{d^3 (1 + \frac{h^3 A_d}{d^3 A_0})} \quad (12)$$

Đối với hệ thanh giằng chữ A:

$$S_v = \frac{2ah^2 A_d E}{d^3} \quad (13)$$

Đối với hệ thanh giằng chữ thập:

$$S_v = \frac{2ah^2 A_d E}{d^3} \quad (14)$$

Các đại lượng a, d, h xác định như hình 5.

A_d : là diện tích mặt cắt ngang của thanh bụng xiên

A_0 : là diện tích mặt cắt ngang của thanh bụng nằm ngang

Thay các giá trị S_v ở trên vào công thức (11) với hệ thanh giằng chữ N ta được giá trị $N_{cr,id}$ như sau:

$$N_{cr,id} = N_{cr} \times \frac{1}{1 + \frac{N_{cr}}{S_v}} = \frac{\pi^2 EI_x}{l_x^2} \times \frac{1}{1 + \frac{\pi^2 EI_x}{l_x^2} \frac{1}{ah^2 E} \left(\frac{h^3}{A_0} + \frac{d^3}{A_d} \right)} \quad (15)$$

Ứng suất tới hạn:

$$\sigma_{cr,id} = \frac{N_{cr}}{2A_c} = \frac{\pi^2 E}{l_x^2} \frac{1}{\lambda^2 + \frac{2\pi^2 A_c}{ah^2} \left(\frac{h^3}{A_0} + \frac{d^3}{A_d} \right)} \quad (16)$$

Đặt $\lambda_{eq} = \sqrt{\lambda^2 + \frac{2\pi^2 A_c}{ah^2} \left(\frac{h^3}{A_0} + \frac{d^3}{A_d} \right)}$

ta được $\sigma_{cr,id} = \frac{\pi^2 EI_x}{\lambda_{eq}^2} \quad (17)$

Như vậy (17) là công thức chung tính toán ứng suất tới hạn, đối với các hệ thanh bụng khác nhau sẽ có giá trị λ_{eq} khác nhau, lập luận tương tự công thức (15), (16) ta được giá trị λ_{eq} cho các hệ thanh bụng khác nhau như sau:

Đối với hệ thanh bụng chữ A:

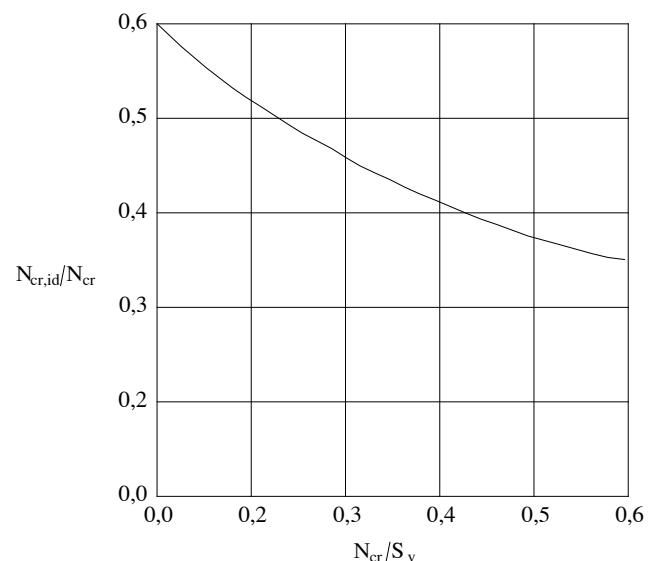
$$\lambda_{eq} = \sqrt{\lambda^2 + \frac{2\pi^2 A_c d^3}{ah^2 A_d}} \quad (18)$$

Đối với hệ thanh bụng chữ thập:

$$\lambda_{eq} = \sqrt{\lambda^2 + \frac{\pi^2 A_c d^3}{ah^2 A_d}} \quad (19)$$

4. Ví dụ tính toán và so sánh

Ví dụ 1: Cột rỗng 2 nhánh như hình 6 có tiết diện nhánh là H400x200x5x8, khoảng cách trọng tâm 2 nhánh



Hình 5. Ảnh hưởng biến dạng cắt đến lực nén tới hạn

1,0m, hệ thanh bụng dùng thép góc L100X100X10.

- Xác định lực nén tới hạn tác dụng lên cột đối với thanh bụng chữ N, A khi tính toán theo EC3;

- Tính toán như trên cho các hệ thanh bụng:

L100X100X12, L100X100X8,
L90X90X10, L90X90X8,
L90X90X7.

Tiết diện H400x200x5x8 có

$I_x=14654,12\text{cm}^4, I_y=1067,10\text{cm}^4$

Diện tích một nhánh $A_c=5120\text{mm}^2$;

Tổng diện tích $2A_c=10240\text{mm}^2$

Mô men quán tính tiết diện $I_x=233134\text{cm}^2$

Lực nén tới hạn N_{cr} của cột rỗng đối với trục ảo (X-X) khi không kể đến ảnh hưởng của biến dạng cắt:

$$N_{cr} = \frac{\pi^2 EI_x}{l_x^2} = \frac{\pi^2 \times 21000 \times 233134 \times 10^4}{20000^2}$$

$$= 12067,69\text{KN}$$

Lực nén tới hạn N_{cr} của cột rỗng đối với trục ảo (X-X) khi kể đến ảnh hưởng của biến dạng cắt:

$$N_{cr,id} = N_{cr} \times \frac{1}{1 + \frac{N_{cr}}{S_v}}$$

Với hệ thanh giằng chữ N:

$$S_v = \frac{ah^2 A_d E}{d^3 \left(1 + \frac{h^3 A_d}{d^3 A_o}\right)} = \frac{1200 \times 1000^2 \times 3840 \times 210000}{1560^3 \times \left(1 + \frac{1000^3 \times 3840}{1560^3 \times 3840}\right)}$$

$$= 201750,23\text{KN}$$

$$N_{cr,id} = N_{cr} \times \frac{1}{1 + \frac{N_{cr}}{S_v}} = 12067,69 \times \frac{1}{1 + \frac{12067,69}{201750,23}}$$

$$= 11385,99\text{KN}$$

$$\frac{N_{cr,id}}{N_{cr}} = 0,94$$

Với hệ thanh giằng chữ A:

$$S_v = \frac{ah^2 A_d E}{d^3} = \frac{600 \times 1000^2 \times 3840 \times 210000}{1160^3}$$

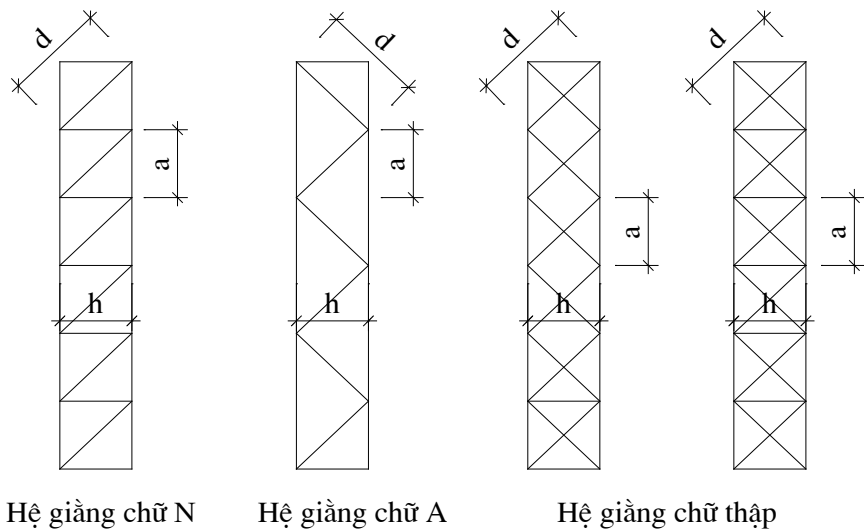
$$= 309975,80\text{KN}$$

$$N_{cr,id} = N_{cr} \times \frac{1}{1 + \frac{N_{cr}}{S_v}} = 12067,69 \times \frac{1}{1 + \frac{12067,69}{309975,80}}$$

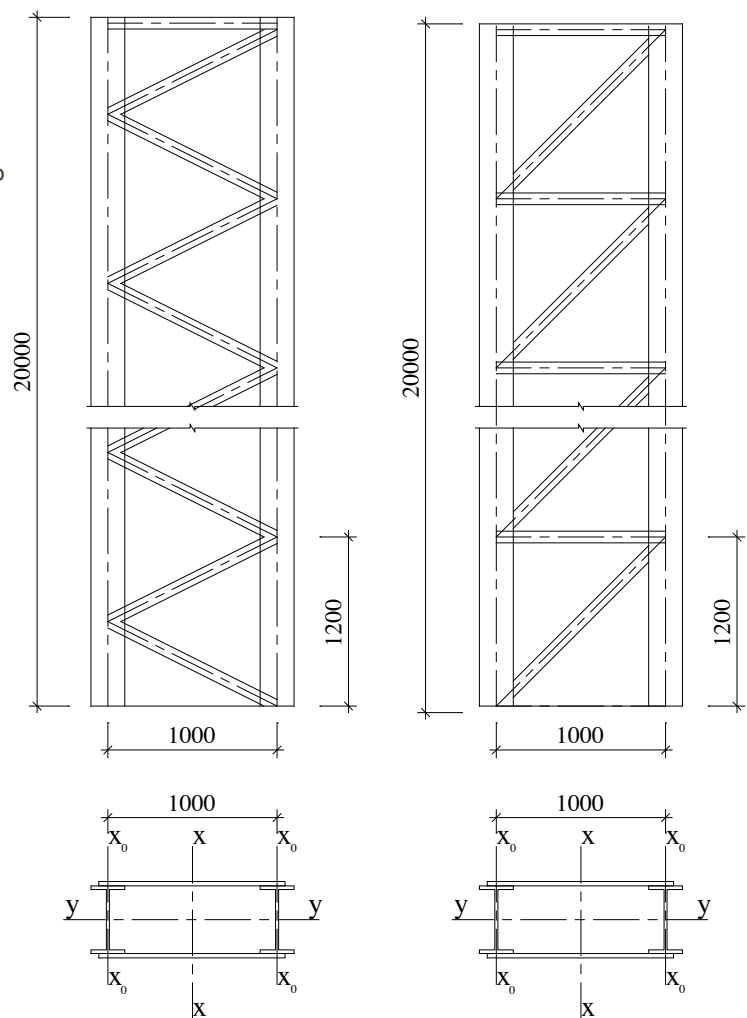
$$= 11614,12\text{KN}$$

$$\frac{N_{cr,id}}{N_{cr}} = 0,96$$

Kết quả tính toán với các hệ thanh bụng khác nhau



Hình 6. Các thông số tính toán S_v



Hình 7. Các thông số tính toán cột

Bảng 2. Hệ thanh bụng chữ N

| Thanh bụng | L100X100X12 | L100X100X10 | L100X100X8 | L90X90X10 | L90X90X8 | L90X90X7 |
|-------------|-------------|-------------|------------|-----------|-----------|-----------|
| S_v | 238528.10 | 201750.64 | 179684.16 | 162871.61 | 146059.06 | 128195.72 |
| $N_{cr,id}$ | 11486.56 | 11386.60 | 11308.22 | 11235.23 | 11146.73 | 11029.44 |

Bảng 3. Hệ thanh bụng chữ A

| Thanh bụng | L100X100X12 | L100X100X10 | L100X100X8 | L90X90X10 | L90X90X8 | L90X90X7 |
|-------------|-------------|-------------|------------|-----------|-----------|-----------|
| S_v | 301357.91 | 254893.04 | 227014.11 | 205773.02 | 184531.94 | 161963.28 |
| $N_{cr,id}$ | 11603.05 | 11522.18 | 11458.57 | 11399.18 | 11326.95 | 11230.89 |

thành lập thành các bảng 2 và 3.

Ví dụ 3: Yêu cầu như Ví dụ 1 khi tính toán theo TCVN 5575-2012.

$$i_x = \sqrt{\frac{I_x}{A}} = \sqrt{\frac{233134 \times 10000}{10240}} = 477,14 \text{ mm}$$

$$\lambda_x = \frac{l_x}{i_x} = \frac{20000}{477,14} = 41,92$$

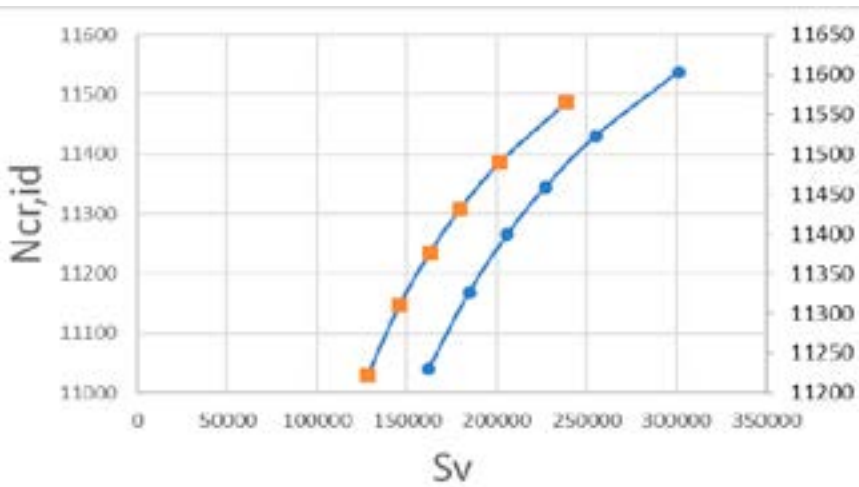
Với hệ giằng chữ N:

Giá trị α_1 tra theo bảng 1.1 với $\theta=40^\circ$ ta được $\alpha_1 = 31$ ta có:

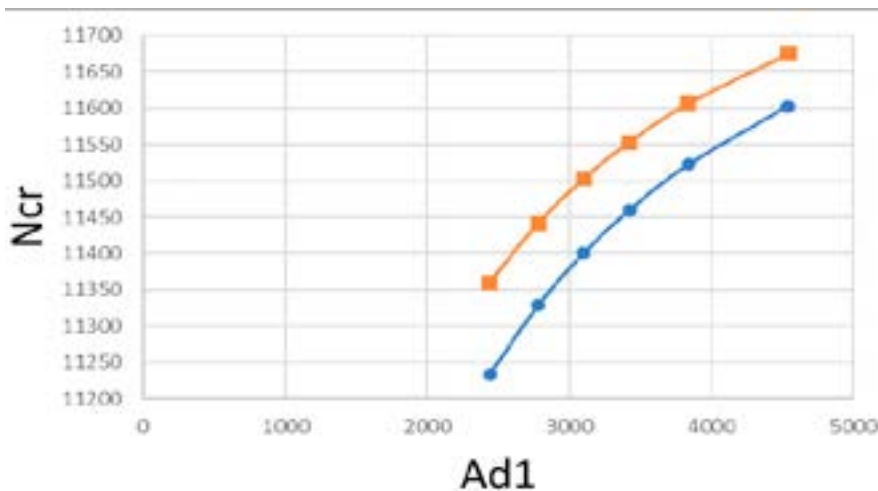
$$\lambda_0 = \sqrt{\lambda_x^2 + \frac{\alpha_1 A}{A_{d1}}} = \sqrt{41,92^2 + \frac{31 \times 10240}{3840}} = 42,89$$

$$N_{cr} = \frac{\pi^2 EA}{\lambda_0^2} = \frac{\pi^2 \times 210000 \times 10240}{43,84^2} = 11523,17 \text{ KN}$$

Với hệ giằng chữ A:



Hình 8. Biểu đồ quan hệ S_v và $N_{cr,id}$



Hình 9. Biểu đồ quan hệ A_{d1} và N_{cr}

Bảng 4. Hệ thanh bụng chữ N

| Thanh bụng | L100X100X12 | L100X100X10 | L100X100X8 | L90X90X10 | L90X90X8 | L90X90X7 |
|-----------------|-------------|-------------|------------|-----------|----------|----------|
| S _v | 4540,00 | 3840,00 | 3420,00 | 3100,00 | 2780,00 | 2440,00 |
| N _{cr} | 11603,55 | 11523,17 | 11459,93 | 11400,89 | 11329,09 | 11233,58 |

Bảng 5. Hệ thanh bụng chữ A

| Thanh bụng | L100X100X12 | L100X100X10 | L100X100X8 | L90X90X10 | L90X90X8 | L90X90X7 |
|-----------------|-------------|-------------|------------|-----------|----------|----------|
| A _{d1} | 4540,00 | 3840,00 | 3420,00 | 3100,00 | 2780,00 | 2440,00 |
| N _{cr} | 11675,61 | 11607,28 | 11553,42 | 11503,05 | 11441,68 | 11359,88 |

Giá trị α_1 tra theo bảng 1.1 với $\theta=60^\circ$ ta được $\alpha_1=26$

$$\lambda_0 = \sqrt{\lambda_x^2 + \frac{\alpha_1 A}{A_{d1}}} = \sqrt{41,92^2 + \frac{26 \times 10240}{3840}} = 42,74$$

$$N_{cr} = \frac{\pi^2 EA}{\lambda_0^2} = \frac{\pi^2 \times 210000 \times 10240}{43,54^2} = 11607,28 \text{ KN}$$

Kết quả tính toán với các hệ thanh bụng khác nhau thành lập thành các bảng 4 và 5.

5. Kết luận

Bài báo đã trình bày ảnh hưởng của biến dạng cắt đến giá trị lực nén tới hạn của cột rỗng thanh giằng 2 nhánh khi tính toán theo tiêu chuẩn Việt Nam 5574-2012 và tiêu chuẩn châu âu EC3.

Đối với các hệ thanh bụng bố trí khác nhau ảnh hưởng của biến dạng cắt đến lực nén tới hạn cột rỗng khác nhau.

Do đó thực tiễn thiết kế việc bố trí hệ thanh bụng hợp lý sẽ nâng cao khả năng chịu lực của cột.

Khi tính toán theo tiêu chuẩn châu âu ảnh hưởng của biến dạng cắt đến lực nén tới hạn của cột thể hiện tường minh qua đại lượng S_v của từng loại hệ thanh bụng.

Cách lập luận công thức tính lực nén tới hạn của 2 tiêu chuẩn khác nhau, tuy nhiên kết quả tính toán thực tế không chênh lệch nhiều giữa 2 tiêu chuẩn./.

Tài liệu tham khảo

1. TCVN 5575:2012 Kết cấu thép – Tiêu chuẩn thiết kế
2. Eurocode 3: “Design of Steel Structures”: ENV 1993-1-1: Part 1.1: General rules and rules for buildings
3. Phạm Văn Hội - Nguyễn Quang Viên - Phạm Văn Tư - Lưu Văn Tường, Kết cấu thép phần Cấu kiện cơ bản, NXB Khoa học và Kỹ thuật, 2006.

Tính toán cọc chịu tải trọng ngang...

(tiếp theo trang 55)

Bảng 2.2. Kết quả tính toán

| x(m) | 0.0 | 0.5 | 1.0 | 1.5 | 2.0 | 2.5 | 3.0 | 4.0 | 5.0 |
|-----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|------|
| Z=x/T | 0.00 | 0.27 | 0.53 | 0.80 | 1.06 | 1.33 | 1.60 | 2.13 | 2.66 |
| F _y | 0.92 | 0.90 | 0.82 | 0.71 | 0.61 | 0.50 | 0.37 | 0.18 | 0.04 |
| y _F (mm) | 12.6 | 12.4 | 11.3 | 9.70 | 8.40 | 6.90 | 5.10 | 2.50 | 0.00 |
| F _m | -0.91 | -0.65 | -0.40 | -0.18 | -0.03 | 0.10 | 0.19 | 0.25 | 0.21 |
| M _F (kN/m) | -411 | -293 | -180 | -81.0 | -14.0 | 45.1 | 86.0 | 113 | 95.0 |
| F _p | 0.00 | 0.25 | 0.45 | 0.57 | 0.62 | 0.62 | 0.57 | 0.38 | 0.13 |
| p _F (kN/m) | 0.00 | 32.0 | 57.6 | 73.0 | 79.4 | 79.4 | 73.0 | 48.6 | 16.6 |

tài liệu trong nước [5,6,7,8]... chuyển vị ngang giới hạn của cọc tại mặt đất thường được chọn [y_F]=10mm.

3. Kết luận

Bài báo đã giới thiệu một phương pháp tính toán thực

hành cho cọc đơn thẳng đứng chịu tải trọng ngang tập trung và mô-men ở đỉnh cọc theo lý thuyết đàn hồi. Phương pháp áp dụng được cho cọc có đầu tự do hoặc cố định, cọc ứng xử như cọc ngắn hoặc cọc dài./.

Tài liệu tham khảo

1. TCVN 10304:2014. Móng cọc - Tiêu chuẩn thiết kế, NXB Xây dựng, Hà Nội.
2. REESE, L. C. and MATLOCK, H. Non-dimensional solutions for laterally-loaded piles with soil modulus assumed proportional to depth, Proceedings of the 8th Texas Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, Austin, Texas, 1956, pp. 1–41.
3. Terzaghi, k. Evaluation of coefficient of subgrade reaction, Geotechnique, Vol. 5, No. 4, 1995, pp. 297-326.
4. Tomlinson, M, Woodward, J, Pile Design and Construction Practice, New York, Taylor & Francis, 2008, pp. 327-333.
5. DAVISSON, M. T. and GILL, H. L. Laterally-loaded piles in a layered soil system, Journal of the Soil Mechanics Division, American Society of Civil Engineers, Vol. 89, No. SM3, May 1963, pp. 63–94.
6. Nguyễn Bá Kế, Thiết kế và thi công hố móng sâu, NXB Xây dựng, Hà Nội, 2009.
7. Nguyễn Bá Kế, Nguyễn Văn Quang, Trịnh Việt Cường, Hướng dẫn thiết kế móng cọc, NXB Xây dựng, Hà Nội, 1993.
8. Nguyễn Bá Kế, Nguyễn Tiến Chương, Nguyễn Hiến, Trịnh Thành Huy, Móng nhà cao tầng kinh nghiệm nước ngoài, NXB Xây dựng, Hà Nội, 2004.