

Nghiên cứu tính toán cột bê tông cốt cứng chịu nén lệch tâm xiên

Calculation fully encased section columns under axial compression and biaxial bending

Ngày nhận bài: 29/01/2017

Ngày sửa bài: 21/02/2017

Ngày chấp nhận đăng: 5/03/2017

**Nguyễn Hồng Sơn,
Đào Văn Cường**

TÓM TẮT:

Bài báo này giới thiệu về Phương pháp tính toán cột bê tông cốt cứng chịu nén lệch tâm xiên theo Chỉ dẫn thiết kế kết cấu bê tông cốt cứng của Nga, tiết diện cột chữ nhật có bố trí cốt cứng và cốt mềm đối xứng. Thực hiện ví dụ số nhằm làm sáng tỏ cách tính toán cột bê tông cốt cứng chịu nén lệch tâm xiên.

Từ khóa: Tính toán cột bê tông cốt cứng, nén lệch tâm xiên

ABSTRACT:

This article introduces the calculation method fully encased sections columns under axial compression and biaxial bending, using recommend design reinforced concrete with I sections, rectangular sections with symmetrical steel and reinforcing bar. Examples to illustrate the calculation of fully encased sections columns

Keywords: fully encased section columns, axial compression and biaxial bending

1. Đặt vấn đề

Cột thép và cột bê tông cốt thép được sử dụng làm kết cấu chịu lực trong xây dựng, nhưng gần đây loại cột bê tông cốt thép được tăng cường thép định hình hoặc thép hình tổ hợp trong phần tiết diện nhằm nâng cao khả năng chịu lực và khả năng chống cháy của vật liệu thép (Hình 1). Một số tài liệu gọi chúng là loại cột liên hợp bê tông bọc hoàn toàn thép, hoặc cột bê tông cốt cứng (fully encased section).

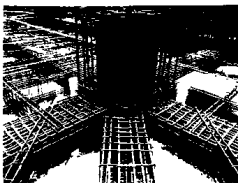
Cột bê tông cốt cứng được sử dụng rộng rãi ở nhiều nước trên thế giới như Nga, Anh, Mỹ, Đức, Pháp, Trung Quốc, Nhật Bản, Singapore v.v..., trong xây dựng các nhà cao tầng và siêu cao tầng. Ở Việt Nam, gần đây cũng đã sử dụng cho nhà cao tầng ở hai thành phố lớn là Hà Nội và Hồ Chí Minh, như tòa nhà Viettin Bank, nhà Quốc Hội, nhà HUD tower, nhà Dollphin Plaza (Hà Nội); tháp Bitexco (Hồ Chí Minh).

Tiêu chuẩn thiết kế kết cấu cột cứng nói chung và kết cấu cột cứng nói riêng của một số nước cũng đã đề cập đến như tiêu chuẩn EC4 (châu Âu), JGJ 138-2001 (Trung Quốc), AISC (Mỹ). Nhưng tiêu chuẩn thiết kế cho loại kết cấu này ở Việt Nam chưa có, các nhà Tư vấn thường sử dụng tiêu chuẩn châu Âu, quy phạm Mỹ để tính toán thiết kế. Tuy nhiên, các tiêu chuẩn trên cũng khó áp dụng cho Việt Nam, bởi còn những quy định khác nhau giữa hai hệ tiêu chuẩn về vật liệu bê tông, thép và quan niệm tính toán. Thấy rằng, tiêu chuẩn thiết kế kết cấu thép và hệ tông cốt thép của Việt Nam, TCVN 5574:2012 và TCVN 5575:2012, được biên soạn dựa theo bộ tiêu chuẩn của Nga về thiết kế kết cấu bê tông cốt thép và kết cấu thép, SNIP 52 – 01 – 2003 (CII 63 13330 2012) và SNIP II.23-81* (CII 16.13330 2011). Đồng thời, trong hệ thống tiêu chuẩn của Nga không có tiêu chuẩn riêng để thiết kế cột bê tông cốt cứng, nhưng cho đến thời điểm này có Hướng dẫn tính toán [8] dựa theo Hướng dẫn thiết kế kết cấu bê tông cốt thép [6] và Hướng dẫn thiết kế kết cấu thép [7]. Theo đó, các kỹ sư Việt Nam cũng đang tiếp cận tiêu chuẩn của Nga, và hoàn toàn có thể áp dụng chúng khi tính toán theo tiêu chuẩn của Việt Nam. Gần đây, nội dung bài báo [3] của tác giả đã đề cập đến việc tính toán cột bê tông cốt cứng chịu nén uốn, trường hợp: (1) Cột cứng bố trí lap trung ở biên chịu kéo và nén, và (2) Cột cứng bố trí đối xứng ở phần bụng của cột. Tuy nhiên, cũng thấy rằng trong các nhà cao tầng hiện nay ở một số nước và ở Việt Nam, hệ kết cấu chịu lực làm việc theo sơ đồ không gian, mà đa phần các cột chịu nén lệch tâm xiên. Đó là trường hợp tiết diện chịu lực nén N đặt ở trong tâm và mô men uốn M có mặt phẳng tác dụng không chứa trục đối xứng của tiết diện. Vì vậy, nội dung đặt ra trong bài báo này là trình bày phương pháp tính toán cột bê tông cốt cứng theo tài liệu Hướng dẫn của Nga, áp dụng để kiểm tra khả năng chịu lực của cột chịu nén lệch tâm xiên, tiết diện cột chữ nhật có cốt cứng (thép định hình hoặc tổ hợp) và cốt mềm (cột thép thanh thông thường) bố trí đối xứng.

PGS.TS. Nguyễn Hồng Sơn,

ThS.GVC Đào Văn Cường

Trường Đại học Kiến trúc Hà Nội

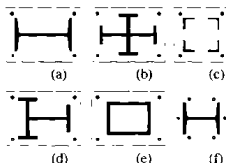


Hình 1. Thép trong cốt bê tông cốt cứng

2. Hình thức và cấu tạo tiết diện cột

2.1 Hình thức tiết diện cột

Cùng như cột thép và bê tông cốt thép, cột bê tông cốt cứng có hình thức đa dạng, phụ thuộc vào tiết diện phần bê tông bọc thép và hình thức và cách bố trí thép hình ở bên trong. Theo tiết diện ngang, thường có dạng hình vuông, chữ nhật, tròn, đa giác hoặc chữ I, chữ T [1]. Theo tiết diện cắt cũng dùng hình đa giác hoặc tổ hợp hàn, thường có dạng chữ C, chữ I, ống và chữ thập. Theo cách bố trí cốt cứng, thép hình được bố trí tập trung ở biên tiết diện hoặc bố trí ở trung tâm tiết diện. Trong tiết diện cắt, thép hình được bố trí đối xứng hoặc không đối xứng (Hình 2).



Hình 2. Một số hình thức tiết diện cột

Việc lựa chọn hình thức tiết diện cột phụ thuộc vào sơ đồ làm việc của chúng trong hệ kết cấu và tính chất tác dụng của tải trọng (đứng tâm, lệch tâm hoặc lệch tâm xiên); giải pháp thi công và kiến trúc (cột vuông, chữ nhật, tròn). Ngoài ra, cần lựa chọn hình thức cột và giải pháp bố trí thép hình sao cho hiệu quả về mặt chịu lực và kinh tế, thậm chí trong quá trình sử dụng. Ngoài ra, việc lựa chọn hình thức tiết diện cắt cũng cần lưu ý đến giải pháp liên kết chúng với các kết cấu dầm thép hoặc giằng thép tại nút khung.

2.2 Yêu cầu cấu tạo tiết diện cột

Yêu cầu cấu tạo tiết diện bê tông, cốt thép và cốt cứng tương tự như đối với kết cấu bê tông cốt thép và kết cấu thép TCVN 5574:2012 và TCVN 5575:2012. Ngoài ra, khi cột bê tông có bố trí cốt cứng cần lưu ý [8]:

- Chiều dày lớp bê tông bao vệ thép hình, $a \geq 50\text{mm}$ và $a' \geq 50\text{mm}$.
- Độ mạnh lớn nhất của tiết diện $\lambda_{\text{min}} = L_0/l_{\text{min}} \leq 80$.
- Yêu cầu về hàm lượng cốt cứng: Hàm lượng cốt cứng thường trong khoảng 3-8%, nhưng không quá 15%. Bê tông cấp độ bền tối thiểu B15.

3. Tính toán cột chịu nén lệch tâm xiên

3.1. Sự làm việc của cột chịu nén uốn

a) Cột lệch tâm

Khi tính toán độ bền của cấu kiện cột bê tông có cốt cứng và cốt cứng chịu nén cần tính đến độ lệch tâm ngẫu nhiên của lực dọc, e_1 , theo hai phương do chưa hết kết cấu tham số khi tính toán (như tính không đồng nhất của bê tông trong tiết diện phần tử v.v.) Giá trị của độ lệch tâm ngẫu nhiên lấy đối với mỗi trục của tiết diện: $e_1 \geq 1/600$, $e_1 \geq h/30$

và $e_2 \geq 1\text{cm}$ (L - chiều dài cấu kiện giữa các điểm liên kết theo phương tính toán; h - chiều cao (chiều rộng) tiết diện cấu kiện).

Đối với cấu kiện chịu nén của kết cấu siêu tĩnh, độ lệch tâm của lực dọc đối với tâm nén của tiết diện e_0 được lấy bằng độ lệch tâm e_1 được xác định từ tính toán tĩnh học của kết cấu nhưng không nhỏ hơn độ lệch tâm ngẫu nhiên ban đầu e_0 . Đối với cấu kiện chịu nén của kết cấu tĩnh định độ lệch tâm của lực dọc e_0 được lấy bằng tổng của độ lệch tâm xác định từ tính toán tĩnh học và độ lệch tâm ngẫu nhiên e_1 .

Khi cốt cứng được bố trí đối xứng, cho phép độ lệch tâm e_0 được xác định đối với trọng tâm của tiết diện.

Chỉ chú: Tâm nén của tiết diện là điểm đặt của hợp lực của lực nén trong bê tông và tất cả các cốt thép dọc tính được theo sức bền vật liệu.

b) Ảnh hưởng của uốn dọc:

Tính toán cấu kiện chịu nén được tiến hành trong mặt phẳng với độ lệch tâm tính toán của lực dọc cũng như trong mặt phẳng vuông góc, trong đó e_0 được lấy bằng độ lệch tâm ngẫu nhiên, khi đó ảnh hưởng của uốn dọc được xét đến trong cả hai trường hợp.

Tính toán chịu nén lệch tâm xiên được tiến hành khi độ lệch tâm tính toán của lực dọc e_0 theo cả hai phương.

Nếu tính toán kết cấu theo sơ đồ không biến dạng thì trục các cấu kiện có $L_0/l_{\text{min}} > 14$ (l_{min} - bán kính quán tính của tiết diện ngang quy đổi của cấu kiện tương ứng với diện tích tính đến tất cả cốt thép dọc) thì ảnh hưởng uốn dọc đến khả năng chịu lực của tiết diện trong và ngoài mặt phẳng. Khi đó, của độ lệch tâm tính toán cần xét đến bằng cách nhân e_0 với hệ số η được xác định:

$$\eta = \frac{1}{1 - \frac{N_0}{N_{cr}}} \quad (1)$$

trong đó

N_0 - lực tải hạn quy ước, xác định theo công thức:

$$N_0 = \frac{6.4E_0}{L_0^2} \left[\frac{1}{\varphi_1} \left(\frac{0.11}{0.1 + \delta_e} + 0.1 \right) - \alpha_1 \beta_1 + \alpha_1 \beta_2 \right] \quad (2)$$

L_0 - chiều dài tính toán của cấu kiện được lấy theo các chỉ dẫn của TCVN 5575:2012.

I - mô men quán tính của tiết diện bê tông đối với trục đi qua trọng tâm của tiết diện quy đổi và vuông góc với mặt phẳng của độ lệch tâm tính toán (có trừ bớt phần bê tông do thép chiếm chỗ);

I_0 - mô men quán tính của cốt cứng cùng đối với trục dọc;

I_1 - mô men quán tính của cốt thép méo cùng đối với trục dọc;

α_0, α_1 - hệ số, xác định

$$\alpha_0 = \frac{E_1}{E_0} \quad \text{và} \quad \alpha_1 = \frac{E_2}{E_0} \quad (3)$$

E_0, E_1, E_2 - tương ứng là mô đun đàn hồi của bê tông, thép hình, thép thanh;

δ_e - hệ số, lấy bằng e_0/h nhưng không nhỏ hơn giá trị δ_{min} ,

$$\delta_{\text{min}} = 0.5 - 0.01 \frac{L_0}{h} - 0.1 R_{tr} \quad (4)$$

(R_{tr} đơn vị là KN/cm^2)

φ_1 - hệ số tính đến ảnh hưởng dài hạn của tải trọng lên khả năng chịu uốn của cấu kiện trong trạng thái giới hạn, được xác định theo công thức:

$$\varphi_1 = 1 + \frac{M_1}{M} \quad (5)$$

ở đây

M_1 và M - mô men đối với trục vuông góc với mặt phẳng của độ lệch tâm tính toán và đi qua tâm kéo hoặc nén ít hơn (khi toàn tiết diện là nén) của các thành cốt thép, tương ứng do tải thường xuyên và tải hạn và bởi tất cả các tải trọng

Khi có độ lệch tâm tính toán theo hai phương, hệ số η được xác định riêng biệt đối với từng phương

c) Điều kiện về độ bền:
Việc kiểm tra bên của tiết diện cấu kiện cột bê tông cốt cứng được tiến hành theo điều kiện:

$$N \leq R_b S_b = \sum \sigma_{si} A_{si} \quad (6)$$

trong đó:

e - khoảng cách từ điểm đặt của lực dọc đến trục đi qua trọng tâm thanh cốt thép mềm chịu lực kéo nhiều nhất (chiều lực nén ít nhất) song song với đường thẳng giới hạn vùng nén;

S_b - mô men tĩnh của diện tích tiết diện bê tông vùng nén cũng đối với trục đó;

σ_{si} - ứng suất trong từng phần cốt cứng và từng thanh cốt mềm, được xác định theo công thức (8);

A_{si} - diện tích phần cốt cứng và thanh cốt mềm; được bố trí tại các khoảng cách khác nhau kể từ các trục kể trên;

y_{si} - khoảng cách từ trọng tâm tiết diện phần cốt cứng và tiết diện cốt mềm đến trục đang xét;

Vị trí đường giới hạn vùng nén được xác định từ điều kiện:

$$N = R_b A_0 = \sum \sigma_{si} A_{si} \quad (7)$$

Và ngoài ra còn từ điều kiện sao cho điểm đặt của hợp lực của lực nén trong bê tông và cốt thép nằm trên đường thẳng nối điểm đặt của lực kéo bên ngoài và hợp lực của các lực kéo trong cốt thép (đường lực).

Ứng suất σ_{si} trong cốt cứng và cốt mềm được xác định:

$$\sigma_{si} = \frac{\sigma_{su}}{1 - \frac{\sigma_{su}}{h_0}} \left(\frac{y_{si}}{x} h_0 \right) \quad (8)$$

trong đó

σ_{su} - đặc trưng cho vùng bê tông chịu nén được xác định theo công thức:

$$\sigma_{su} = 0,85 - 0,08R_b \quad (9)$$

σ_{su} - ứng suất giới hạn của cốt thép trong vùng bê tông chịu nén. $\sigma_{su} = 50 \text{ kN/cm}^2$ đối với thép thường xuyên, thép tại trọng tâm thời đài hạn và ngắn hạn, $\sigma_{su} = 40 \text{ kN/cm}^2$ đối với thép tại trọng ngắn hạn và tại trọng đặc biệt

h - chiều cao tiết diện;

h_0 - khoảng cách từ trục đi qua trọng tâm tiết diện thanh thép nén đang xét hoặc phần cốt cứng và song song với đường thẳng giới hạn vùng nén đến điểm xa nhất của vùng nén tiết diện cấu kiện.

Ứng suất σ_{su} đưa vào các công thức (6) và (7) với dấu nhân được trong tính toán theo công thức (8).

Nếu giá trị tuyệt đối của ứng suất trong cốt thép xác định theo công thức (8), vượt quá cường độ tính toán chịu kéo hoặc nén thì trong các công thức (6) và (7) được thay bằng cường độ tính toán chịu kéo (với dấu "cộng") hoặc cường độ tính toán chịu nén (với dấu "trừ")

Trong tính toán cấu kiện chịu nén có tính đến sự gia bố vùng bê tông chịu nén do tiết diện cốt cứng chiếm chỗ

3.2 Các giả thiết: tính toán

Theo quan điểm tính toán trong tiêu chuẩn Nga [7], việc xác định khả năng chịu lực giới hạn, dựa vào các giả thiết sau:

- Bỏ qua khả năng chịu kéo của bê tông (coi cường độ chịu kéo của bê tông bằng không);

- Cường độ chịu nén của bê tông quy ước bằng ứng suất (trong các trường hợp cần thiết được nhân với hệ số điều kiện làm việc, được phân bố đều trong vùng chịu nén).

Biên dạng trong cốt thép được xác định phụ thuộc vào chiều cao vùng chịu nén của bê tông;

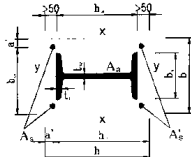
- Ứng suất kéo trong cốt cứng và cốt mềm không lớn hơn cường độ chịu kéo tính toán của cốt cứng R_s và cốt mềm R_s , trong các trường hợp cần thiết được nhân với hệ số điều kiện làm việc

- Ứng suất nén trong cốt cứng và cốt mềm không lớn hơn cường độ chịu nén tính toán của cốt cứng R_b và cốt mềm R_b , trong các trường hợp cần thiết được nhân với hệ số điều kiện làm việc γ_c

- Khi tính toán độ bền của cấu kiện bê tông cốt cứng, thì sự chất tải trước cho cốt cứng khi đổ bê tông trong quá trình xây dựng không làm giảm độ bền của cấu kiện bê tông cốt thép.

3.3. Tính toán cốt bê tông cốt cứng tiết diện chữ nhật chịu nén lệch tâm xiên

Việc tính toán độ bền của cốt tiết diện chữ nhật có cốt cứng chịu nén lệch tâm xiên, được tiến hành trên cơ sở sự làm việc của cốt và giả thiết tính toán, để cấp ở mục 3.1 và 3.2. Theo đó, trong tính toán thực tế dùng cách chọn và đặt cốt mềm và cốt cứng rồi dùng biểu đồ hoặc cách tính trục tiếp để kiểm tra khả năng chịu lực. Dưới đây, xét trường hợp cốt tiết diện chữ nhật, cốt cứng tiết diện chữ nhật có các ký hiệu như ở Hình 3.



Hình 3 Minh họa các ký hiệu

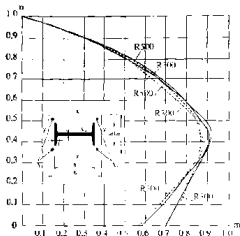
a) Phương pháp dùng biểu đồ

Phương pháp này áp dụng cho việc kiểm tra độ bền cấu kiện chịu nén lệch tâm xiên tiết diện chữ nhật có cốt mềm và cốt cứng dạng chữ nhật với $h/x \geq 0,5$ và $b/y \geq 0,2$, cũng như cốt cứng dạng thép góc (Hình 1e). Theo đó, việc kiểm tra được thực hiện dựa vào đồ thị ở Hình 4 và Hình 5 (Hình 5 áp dụng cho trường hợp cốt cứng dạng chữ nhật có bụng nằm vuông góc với mặt phẳng tác dụng của mô men uốn). Độ bền của tiết diện được coi là đảm bảo nếu điểm có tọa độ M_u/M_p và M_y/M_p nằm trong vùng giới hạn bởi đường cong có tham số n và các trục tọa độ

Các giá trị M_u và M_y đặc trưng cho mô men uốn bởi tải trọng bên ngoài đối với trọng tâm tiết diện tác động tương ứng trong các mặt phẳng đối xứng x và y. Ảnh hưởng của uốn dọc được kể đến bằng cách nhân các mô men M_u và M_y với các hệ số η_x và η_y được xác định tương ứng cho các mặt phẳng x và y theo công thức (1)



Hình 4 Đồ thị khả năng chịu lực của tiết diện chữ nhật có cốt cứng chịu nén lệch tâm xiên (x - dạng chữ nhật, h - dạng các thép góc)



Hình 5 Đồ thị khả năng chịu lực của tiết diện chữ nhật khi chịu nén lệch tâm xen đường biên thép nhóm C18/22; đường đất - thép nhóm C46/33

Các giá trị M_u^0 và M_u^0 đặc trưng cho các đại lượng mô men uốn giới hạn mà tiết diện có thể chịu được trong các mặt phẳng đối xứng x và y có kể đến tác dụng của lực dọc N tại trong tâm tiết diện.

Các giá trị M_u^0 và M_u^0 được xác định dựa vào đồ thị ở Hình 6, Hình 7 và Hình 5, xác định cho các trường hợp sau:

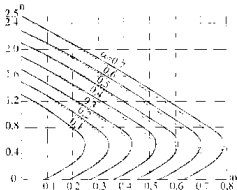
Trường hợp 1: Cốt cứng có dạng thép góc, M_u^0 và M_u^0 được lấy như sau:

$$M_u^0 = m R_b b h_c^2 \quad \text{và} \quad M_u^0 = m R_b h_c^2 \quad (9)$$

trong đó:

h_c và h_{c0} – tương ứng là chiều cao (chiều rộng) tiết diện cốt, và chiều cao (bề rộng) làm việc của tiết diện cốt;

m – hệ số, được xác định theo đồ thị trên Hình 6, phụ thuộc vào giá trị α và α_c .



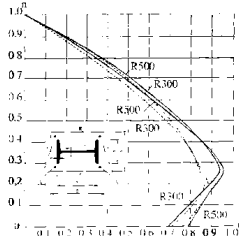
Hình 6 Đồ thị khả năng chịu lực của tiết diện có cốt cứng tập trung tại biên

Trường hợp 2: Cốt cứng có dạng chữ u, các giá trị M_u^0 và M_u^0 được lấy như sau:

$$M_u^0 = m M_{u,x} \quad \text{và} \quad M_u^0 = m M_{u,y} \quad (10)$$

trong đó:

m – hệ số, được xác định theo đồ thị trên Hình 7, nếu bụng chữ U song song với mặt phẳng đang xét, và theo Hình 5 nếu bụng chữ U vuông góc với mặt phẳng đang xét



Hình 7 Đồ thị khả năng chịu lực của tiết diện chữ nhật

Trong Hình 6 và Hình 7, tham số α và α_c được xác định theo công thức:

$$\alpha = \frac{N}{R_b b h + (R_s - R_s) A_s - 2 R_s A_s} \quad (11)$$

$$\alpha_c = \frac{R_s A_s + R_s A_s'}{R_b b h_c} \quad (12)$$

A_s – diện tích tiết diện thép hình thuộc vùng kéo

Nhân xét: Phương pháp sử dụng biểu đồ cho phép tính toán kiểm tra bên cho loại tiết diện cốt bê tông cốt cứng thép hình L (có bụng nằm trong mặt phẳng uốn chính), và cốt cứng thép góc L bố trí biên tiết diện cốt. Trường hợp cốt cứng bố trí ở lõi hoặc tiết diện hộp cần tham khảo cách tính toán theo phương pháp gần đúng tính trực tiếp

b) Phương pháp gần đúng tính trực tiếp

Tính toán kiểm tra độ bền của cốt bê tông cốt cứng tiết diện chữ nhật chịu nén lệch tâm trong mặt phẳng đã được đề cập trong bài báo trước, đối với cốt bê tông cốt cứng tiết diện chữ nhật chịu nén lệch tâm nếu thỏa mãn điều kiện (13):

$$\frac{e_{0x} \eta_x h}{k_1} + \frac{e_{0y} \eta_y b}{k_2} < k_1 \quad (13)$$

trong đó:

e_{0x} và e_{0y} – độ lệch tâm của lực dọc, xác định như ở Mục 3.1, đối với phương trục x và trục y;

η_x, η_y – hệ số, xác định như ở Mục 3.1, đối với phương trục x và trục y

k_1, k_2 – bán kính quay tính của tiết diện quy đổi, xác định đối với phương trục x và trục y.

k_1 – hệ số, xác định như sau:

$k_1 = 2$ khi cốt cứng có dạng hộp (Hình 1.a),

$k_1 = 3$ cho cốt cứng có dạng còn lại (Hình 1, a, b)

Cho phép tiến hành kiểm tra bên đối với cốt bê tông cốt cứng tiết diện chữ nhật, khi bố trí thép hình đối xứng, chịu nén lệch tâm theo công thức

$$N = \frac{1}{N_1} + \frac{1}{N_2} + \frac{1}{N_3} \quad (14)$$

trong đó:

N_1, N_2, N_3 – lực dọc tối hạn tác dụng trong mặt phẳng trục x và trục y mà tiết diện có thể chịu được với độ lệch tâm đã cho trong mặt phẳng tương ứng,

N_3 – lực dọc tối hạn mà tiết diện có thể chịu được với độ lệch tâm $e_{0x} = 1/30$ hoặc $e_{0y} = 1/30$ theo phương có độ lệch tâm nhất

Các trị N_1, N_2 và N_3 được xác định từ các biểu thức sau

$$N_x = \frac{kN_y}{1 + \frac{e_{ox}\eta_x h}{2,5l_{ox}^2}} \quad (15a)$$

$$N_y = \frac{kN_x}{1 + \frac{e_{oy}\eta_y b}{2,5l_{oy}^2}} \quad (15b)$$

$$N_x = \frac{kN_y}{1 + \frac{(e_{ox}\eta_x)_{m1} b}{2,5l_{ox}^2}} \dots \text{hoặc} \quad N_{ox} = \frac{kN_y}{1 + \frac{(e_{ox}\eta_x)_{m1} h}{2,5l_{ox}^2}} \quad (15c)$$

ở đây:

$$N_y = R_y b h + (R_y - R_x) A_x + 2R_x A_x \quad (16)$$

$k = 1,0$ - khi cốt cứng làm từ thép C46/33;

$k = 1,1$ - khi cốt cứng làm từ thép C38/23.

Lưu ý:

- Đối với cốt cứng dạng tấm ở "trung tâm", N_{ox} được xác định không kể đến độ lệch tâm ngẫu nhiên, tức là theo công thức (16)

- Điều kiện (14) có thể được sử dụng với các tỷ số h_u/h và b_u/b cho các cốt cứng:

+ dạng tấm ở trung tâm $h_u/h \geq 0,3$ và $b_u/b \geq 0,3$;

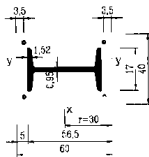
+ dạng chữ thập và chữ thập theo đường chéo $h_u/h = b_u/b \geq 0,5$;

+ dạng tiết diện hộp $h_u/h = b_u/b \geq 0,3$ nhưng không quá 0,75;

+ dạng tiết diện chữ I: $h_u/h \geq 0,5$ và $b_u/b \geq 0,2$.

4. Ví dụ tính toán

Số liệu tính toán:



Hình 3. Tiết diện cột

Kích thước tiết diện cốt và bố trí cốt thép theo Hình 8, bê tông mác 300 ($R_b = 1,5 \text{ kN/cm}^2$) với $m_b = 1,1$, $E_b = 2,9 \cdot 10^4 \text{ kN/cm}^2$; cốt cứng loại 150 làm từ thép nhôm C38/23 ($R_s = 21 \text{ kN/cm}^2$, $E_s = 2,1 \cdot 10^4$ diện tích cốt cứng $A_s = 97,8 \text{ cm}^2$, cốt mềm từ thép AIII ($R_s = R_{sc} = 34 \text{ kN/cm}^2$; $E_s = 2 \cdot 10^4 \text{ kN/cm}^2$) diện tích cốt mềm $A_{s1} = A_{s2} = 2,26 \text{ cm}^2$ (2\#12); lực dọc do toàn bộ tải trọng $N = 1800 \text{ kN}$, bởi tải trọng thường xuyên và dài hạn $N_k = 1500 \text{ kN}$, mô men uốn trong mặt phẳng trục x do toàn bộ tải trọng $M_x = 196 \text{ kNm}$; do tải trọng thường xuyên và dài hạn $M_{x1} = 120 \text{ kNm}$; mô men uốn trong mặt phẳng trục y do tải trọng ngắn hạn $M_y = M_{y1} = 80 \text{ kNm}$, chiều dài tính toán bằng chiều dài thực $l = l_1 = l_{oy} = 6 \text{ m}$.

Yêu cầu kiểm tra độ bền tiết diện cốt

Tính toán:

a) Xác định bán kính quán tính I_{ox} và I_{oy} trong mặt phẳng trục x và trục y

(1) Trong mặt phẳng trục x
 Tính diện tích A_{ox} và mô men quán tính I_{ox} của tiết diện quy đổi khi

$$\alpha_s = \frac{E_s}{E_b} = \frac{2,1 \cdot 10^4}{2,9 \cdot 10^4} = 0,724$$

$$\alpha_s = \frac{E_s}{E_b} = \frac{2,1 \cdot 10^4}{2,9 \cdot 10^4} = 0,724$$

$$I_{ox} = bh + A_s(\alpha_s - 1) + 2A_s(\alpha_s - 1) = 40,60 + 97,8 \cdot 6,24 + 2 \cdot 2,26 \cdot 5,59 = 3037 \text{ cm}^4$$

$$I_{ox} = 2A_s \left(\frac{h - a}{2} \right)^2 - 2,26 \left(\frac{56,5 - 3,5}{2} \right)^2 = 3174 \text{ cm}^4$$

$$I_x = \frac{bh^3}{12} - I_{ox} - I_{sx} = \frac{40 \cdot 60^3}{12} - 39290 - 3174 = 677540 \text{ cm}^4$$

$$I_{ox} = I_x + I_{sx} \alpha_s + I_s \alpha_s = 677540 + 39290 \cdot 7,24 + 3174 \cdot 6,9 = 983940 \text{ cm}^4$$

Từ đó bán kính quán tính của tiết diện quy đổi bằng:

$$I_{ox} = \sqrt{\frac{I_{ox}}{A_{ox}}} = \sqrt{\frac{983940}{3037}} = 18 \text{ cm}$$

(2) Trong mặt phẳng trục y:

$$I_{oy} = I_{oy} = 1040 \text{ cm}^4$$

$$I_y = 2A_s \left(\frac{b - a}{2} \right)^2 - 2,26 \left(\frac{40}{2} - 3,5 \right)^2 = 1230 \text{ cm}^4$$

$$I_{oy} = I_y + I_{sy} \alpha_s + I_s \alpha_s = 317730 + 1040 \cdot 7,24 + 1230 \cdot 6,9$$

$$= 317730 + 7531 + 8488 = 333749 \text{ cm}^4$$

$$A_{oy} = 3037 \text{ cm}^2$$

$$I_{oy} = \sqrt{\frac{I_{oy}}{A_{oy}}} = \sqrt{\frac{333749}{3037}} = 10,48 \text{ cm}$$

b) Xác định lực tới hạn N_{ox} , N_{oy} và hệ số η_x , η_y

Vì $L_{ox}/l_{ox} = 600/18 = 33,3 > 14$ và $L_{oy}/l_{oy} = 600/10,48 = 57,25 > 14$, tính toán được tiến hành có kể đến uốn dọc trong các mặt phẳng trục x và y.

(1) Trong mặt phẳng trục x:

Theo công thức (4) ta tính δ_{min} :

$$\delta_{min} = 0,5 - 0,01 \frac{L_{ox}}{h} - 0,1 R_s = 0,5 - 0,01 \frac{600}{60} - 0,1 \cdot 21 = 0,25$$

Độ lệch tâm của lực dọc trong mặt phẳng của trục x bằng:

$$e_{ox} = \frac{M_x}{N} = \frac{196000}{18000} = 10,89 \text{ cm}$$

Bởi vì $e_{ox}/h = 10,89/60 = 0,182 < \delta_{min} = 0,2$, ta lấy $\delta_x = 0,25$. Hệ số φ_x bằng:

$$\varphi_{1x} = 1 + \frac{M_{ox1}}{M_{ox}} = 1 + \frac{N_k + N_{k1} \left(\frac{h' - a'}{2} \right)}{M_x + N_k \left(\frac{h' - a'}{2} \right)}$$

$$= 1 + \frac{120000 + 15000 \left(\frac{56,5 - 3,5}{2} \right)}{16000 + 18000 \left(\frac{56,5 - 3,5}{2} \right)} = 1,812$$

Giá trị lực tới hạn N_{x1} ta xác định theo công thức (2), $I_x = I_{ox} = 677540 \text{ cm}^4$, $I_{ox} \alpha_s = 284500 \text{ cm}^4$, $I_{sx} = 21900 \text{ cm}^4$

$$N_{x1} = \frac{6,4 E_b}{L^2} \left[\frac{I_x}{\varphi_{1x}} + \frac{0,11}{\varphi_{1x}} + 0,1 \right] + I_{sx} \alpha_s + I_s \alpha_s$$

$$= \frac{6,4 \cdot 2,9 \cdot 10^4}{600^2} \left[\frac{677540}{1,812} + \frac{0,11}{0,1} + 0,1 \right] + 284500 + 21900 = 23780 \text{ kN}$$

Từ đó hệ số η_x :

$$\eta_x = \frac{1}{1 - \frac{N}{N_{x1}}} = \frac{1}{1 - \frac{1800}{23780}} = 1,082$$

(2) Trong mặt phẳng trục y

Cũng tương tự ta có,

$$\delta_{mxy} = 0,5 - 0,01 \frac{L_{xy}}{b} = 0,5 - 0,01 \frac{800}{40} = 0,115 \approx 0,2$$

$$e_{0,y} = \frac{M_y}{N} = \frac{8000}{1800} = 4,44 \text{ cm}$$

Bởi vì: $\frac{e_{0,y}}{b} = \frac{4,44}{40} = 0,11 < \delta_{mxy} = 0,2$, ta lấy $\delta_{mxy} = 0,2$

$$\varphi_r = 1 + \frac{N_b - a'}{M_y - N_b \frac{b' - a'}{2}} = 1 + \frac{15000 \frac{36,5 - 3,5}{2}}{80000 + 18000 \frac{35,5 - 3,5}{2}} = 1,713$$

$$\sigma_{\sigma,r} = \frac{6,4 E_s}{L_{xy}} \left[\varphi_r \left(\frac{1}{0,1 - \delta_r} + 0,1 \right) + l_{ax} \alpha_x + l_{ay} \alpha_y \right]$$

$$= \frac{6,4 \cdot 2,9 \cdot 10^3}{600^2} \left[\frac{317730 \left(\frac{0,11}{0,1 + 0,2} + 0,1 \right)}{1,713} + 7531 + 8468 \right] = 5290 \text{ kN}$$

Từ đó hệ số η_y bằng:

$$\eta_y = \frac{1}{1 - \frac{N}{N_{c,y}}} = \frac{1}{1 - \frac{18000}{5290}} = 1,515$$

c) Kiểm tra khả năng chịu lực của cột
Kiểm tra điều kiện (15a) và (15b) đối với từng mặt phẳng đối xứng:

$$\frac{e_{0,x} \eta_x h}{l_{0,x}} = \frac{10,89 \cdot 1082 \cdot 60}{18^2} = 2,182 < 3$$

$$\frac{e_{0,y} \eta_y b}{l_{0,y}} = \frac{4,44 \cdot 1515 \cdot 40}{10,48^2} = 2,45 < 3$$

Bởi vì điều kiện này được thỏa mãn cho mỗi mặt phẳng, và ở đây

$$\frac{h_x}{b} = \frac{60}{60} > 0,5 \text{ và } \frac{b_y}{b} = \frac{17}{40} > 0,2$$

Ta tiến hành tính toán kiểm tra khả năng chịu lực của cột theo điều kiện (14). Theo đó, từ công thức (16), ta có N_p

$$N_p = R_b (b h - A_s - 2 A_s') + R_s A_s + 2 R_s A_s'$$

$$= 15 (40 \cdot 60 - 97,8 \cdot 4,52) + 21 \cdot 97,8 \cdot 2 \cdot 34,2 \cdot 26 = 5654 \text{ kN}$$

$k = 1,1$ (cho thép nhóm C38/23)

Theo công thức (13) ta xác định các giá trị N_x , N_y và N_m

$$N_x = \frac{k N_p}{1 + \frac{e_{0,x} \eta_x h}{2,5^2 l_{0,x}}} = \frac{1,1 \cdot 5654}{1 + \frac{2,182}{2,5}} = 3320 \text{ kN}$$

$$N_y = \frac{k N_p}{1 + \frac{e_{0,y} \eta_y b}{2,5^2 l_{0,y}}} = \frac{1,1 \cdot 5654}{1 + \frac{2,45}{2,5}} = 3141 \text{ kN}$$

Giá trị N_m được xác định đối với độ lệch tâm $(e_{0x}/m_x = b/30 = 40/30 = 1,33 \text{ cm}$ trong mặt phẳng trục y (tức là theo phương có độ cứng nhỏ nhất).

$$N_m = \frac{k N_p}{1 + \frac{(e_{0x}/m_x) \eta_x b}{2,5^2 l_{0,y}}} = \frac{1,1 \cdot 5654}{1 + \frac{1,33 \cdot 40}{2,5 \cdot 10,48^2}} = 5208,9 \text{ kN}$$

Ta kiểm tra khả năng chịu lực của cột điều kiện (14).

$$\frac{1}{N_x} + \frac{1}{N_y} + \frac{1}{N_m} = \frac{1}{3320} + \frac{1}{3141} + \frac{1}{5208,9} = 2342 \text{ kN} < N = 18000 \text{ kN}$$

Tức là do bên tiết diện cột được bảo đảm.

5. Kết luận và kiến nghị

Bài báo đã trình bày về yêu cầu cấu tạo và phương pháp tính toán kiểm tra bền đối với cột tiết diện chữ nhật chịu uốn xoắn, tính toán cho các trường hợp: (1) Sử dụng biểu đồ ứng với trường hợp tiết diện thép hình tiết diện chữ I và thép góc bố trí ở biên của tiết diện, và (2) Sử dụng phương pháp gần đúng. Thực hiện ví dụ minh họa, làm sáng tỏ phương pháp tính toán, và làm tài liệu tham khảo cho các kỹ sư của Việt Nam.

Phương pháp tính toán cột bê tông cốt thép theo tiêu chuẩn Nga tương tự như tính toán cột bê tông cốt thép thông thường. Các quy định chung về tính toán cột bê tông cốt thép chịu nén lệch tâm xoắn có thể áp dụng cho cột bê tông cốt cứng. Nhưng lưu ý thêm về yêu cầu kích thước tiết diện thép hình, chiều dày lớp bê tông bao vệ.

Cần có các nghiên cứu tiếp theo, trường hợp tiết diện thép tròn với trường hợp cột uốn phẳng; với tiết diện thép hình bố trí đối xứng hoặc không đối xứng

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Phan Quang Minh, Ngô Thế Phong, Nguyễn Đình Công (2013), "Xét cấu bê tông cốt thép - Cầu liên cơ bản", Nhà xuất bản Xây dựng, Hà Nội
- Le Minh Long (2014), Nghiên cứu áp dụng phương pháp tính toán dầm bê tông cốt cứng theo tiêu chuẩn Nga vào tiêu chuẩn Việt Nam, Tạp chí Khoa học công nghệ Xây dựng - Bộ Xây dựng
- Nguyễn Hồng Sơn, Đào Văn Cường (2016), Nghiên cứu hình toán cột bê tông cốt cứng chịu nén uốn, Tạp chí Xây dựng - Bộ Xây dựng, trang 55-59, số tháng 6-2016
- TCVN 5574 - 2012 (2012), Kết cấu bê tông và bê tông cốt thép - Tiêu chuẩn thiết kế
- TCVN 5575 - 2012 (2012), Kết cấu thép - Tiêu chuẩn thiết kế
- SNiP 52-01-2003 Система и железобетонные конструкции - Основные положения. 6. СП 63.13330.2012 Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 52-01-2003
- СП 16.13330.2011 Стальные конструкции. Актуализированная редакция СНиП II-23-81*, Издание официальное. Москва 2011.
- Руководство по проектированию железобетонных конструкций с жесткой арматурой, М. Стройиздат, 1978.