

BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO
TRƯỜNG ĐẠI HỌC DÂN LẬP HẢI PHÒNG

HOÀNG ĐỨC HIẾU
KHÓA 2 (2014-2016) - LỚP CAO HỌC KHÓA 2

TÍNH TOÁN LỆCH TÂM XIÊN CHO CỘT BÊ TÔNG CỐT THÉP
NHÀ CAO TẦNG THEO TCVN VÀ CÁC
TÀI LIỆU KHÁC

Chuyên ngành: KỸ THUẬT XÂY DỰNG CÔNG TRÌNH

DÂN DỤNG VÀ CÔNG NGHIỆP

MÃ SỐ: 60.58.02.08

LUẬN VĂN THẠC SĨ KỸ THUẬT

Người hướng dẫn khoa học
PGS - TS. LÊ THANH HUẤN

Hải Phòng - 2017

LỜI CAM ĐOAN

Tên tôi là: Hoàng Đức Hiếu

Sinh ngày: 21/01/1983

Nơi sinh: Thành phố Hạ Long, tỉnh Quảng Ninh

Nơi công tác: Ban quản lý vịnh Hạ Long

Tôi xin cam đoan Luận văn tốt nghiệp Cao học ngành Kỹ thuật xây dựng công trình dân dụng và công nghiệp với đề tài: “**Tính toán lệch tâm xiên cho cột bê tông cốt thép nhà cao tầng theo TCVN và các tài liệu khác**” là Luận văn do cá nhân tôi thực hiện và là công trình nghiên cứu của riêng tôi. Các số liệu, kết quả nêu trong Luận văn là trung thực và chưa từng được công bố trong bất cứ công trình nào khác.

Hải Phòng, ngày tháng năm 2017

Người cam đoan

Hoàng Đức Hiếu

LỜI CẢM ƠN

Trong quá trình thực hiện Luận văn này, tác giả được người hướng dẫn khoa học là Thầy giáo Phó giáo sư - Tiến sĩ. Lê Thanh Huấn tận tình giúp đỡ, hướng dẫn cùng như tạo điều kiện thuận lợi để tác giả hoàn thành Luận văn của mình. Qua đây, tác giả xin gửi lời cảm ơn chân thành tới Thầy, và xin trân trọng cảm ơn các Thầy cô giáo, các cán bộ của Khoa xây dựng, hội đồng Khoa học - đào tạo, Ban giám hiệu trường Đại học dân lập Hải Phòng đã giúp đỡ, chỉ dẫn tác giả trong quá trình học tập và nghiên cứu.

Tác giả xin cảm ơn cơ quan nơi tác giả đang công tác, gia đình đã tạo điều kiện, động viên cho tác giả trong suốt quá trình học tập và nghiên cứu.

Cuối cùng, tác giả xin gửi lời cảm ơn chân thành đến bạn bè cùng lớp đã luôn nhiệt tình giúp đỡ để tác giả hoàn thành tốt Luận văn này. Do thời gian nghiên cứu và thực hiện đề tài không nhiều và trình độ của tác giả có hạn, mặc dù đã hết sức cố gắng nhưng trong Luận văn sẽ không tránh khỏi những sai sót, tác giả rất mong nhận được những ý kiến đóng góp của các Thầy cô giáo cùng các bạn cùng lớp để Luận văn hoàn thiện hơn.

Hải Phòng, ngày tháng năm 2017

Tác giả luận văn

Hoàng Đức Hiếu

MỤC LỤC

MỞ ĐẦU	1
1. Mục đích nghiên cứu	1
2. Nhiệm vụ nghiên cứu của đề tài	2
3. Phạm vi và phương pháp nghiên cứu	2
4. Bố cục luận văn	3
CHƯƠNG 1	4
TỔNG QUAN PHƯƠNG PHÁP TÍNH CỘT CHỊU NÉN LỆCH TÂM XIÊN	4
1.1. Nén lệch tâm xiên	4
<i>1.1.1. Khái niệm nén lệch tâm xiên</i>	4
<i>1.1.2. Nội lực để tính toán nén lệch tâm xiên</i>	5
<i>1.1.3. Sự làm việc nén lệch tâm xiên</i>	8
<i>1.1.4. Ứng suất trong cốt thép</i>	9
<i>1.1.5. Các trường hợp tính toán nén lệch tâm phẳng</i>	12
1.2. Tính toán cột chịu nén lệch tâm xiên bằng phương pháp gần đúng, kết hợp với biểu đồ tương tác theo tiêu chuẩn TCVN 5574:2012	13
1.3. Tính toán cột chịu nén lệch tâm xiên theo tiêu chuẩn TCVN Hoa Kỳ ACI 318:2002	13
CHƯƠNG 2	18
TÍNH TOÁN VÀ KIỂM TRA KHẢ NĂNG CHỊU LỰC CHO CỘT CHỊU NÉN LỆCH TÂM XIÊN THEO TCVN 5574:2012, TIÊU CHUẨN HOA KỲ ACI 318:2002	18
2.1. Tính toán và kiểm tra khả năng chịu lực cho cột chịu nén lệch tâm xiên theo TCVN 5574:2012 [1]	18
<i>2.1.1. Sơ đồ tính toán, công thức cơ bản</i>	18
<i>2.1.2. Điều kiện tổng quát</i>	21

2.1.3. Biểu đồ tương tác	23
2.1.3.1. Mặt biểu đồ tương tác	23
2.1.3.2. Xác định tọa độ của mặt biểu đồ	25
2.1.4. Các hình cắt của mặt biểu đồ	27
2.1.4.1. Cắt bằng mặt phẳng đứng	27
2.1.4.2. Cắt bằng mặt phẳng đứng	28
2.1.5. Phương pháp gần đúng tính cốt thép	30
2.1.6. Mặt phá hoại và các phương pháp biểu diễn xấp xỉ [2]	35
2.1.6.1. Phương pháp tải trọng nghịch đảo [2]	36
2.1.6.2. Phương pháp đường viền tải trọng [2]	36
2.1.7. Họ biểu đồ tương tác theo TCVN 5574:2012 [2]	37
2.2. Tính toán và kiểm tra khả năng chịu lực cho cột chịu nén lệch tâm xiên theo tiêu chuẩn Hoa Kỳ ACI 318:2002	40
2.2.1. Quy trình thứ nhất	41
2.2.2. Quy trình thứ hai	42
2.2.3. Quy trình thứ ba	44
CHƯƠNG 3	48
VÍ DỤ TÍNH TOÁN	48
3.1. Tính toán và kiểm tra khả năng chịu lực của cột chịu nén lệch tâm xiên theo phương pháp tải trọng nghịch đảo, và đường viền tải trọng áp dụng theo tiêu chuẩn Việt Nam TCVN 5574:2012 và kiểm tra khả năng chịu lực của cột theo phương trình Bresler áp dụng theo tiêu chuẩn Hoa Kỳ 318:2002	48
3.2. Tính toán cốt thép dọc cho cột chịu nén lệch tâm xiên theo tiêu chuẩn Việt Nam TCVN 5575:2012 và theo tiêu chuẩn Hoa Kỳ 318:2002	54
KẾT LUẬN	61

TÀI LIỆU THAM KHẢO

63

DANH MỤC CÁC HÌNH VẼ, ĐỒ THỊ

Hình 1. 1. Sơ đồ lực nén lệch tâm xiên	4
Hình 1. 2. Tiết diện chịu nén lệch tâm xiên	5
Hình 1. 3. Sơ đồ nội lực với độ lệch tâm	8
Hình 1. 4. Các dạng của vùng nén	9
Hình 1. 5. Sơ đồ tính toán tiết diện chữ nhật, cốt thép tập trung	10
Hình 2. 1. Sơ đồ tính toán nén lệch tâm xiên	18
Hình 2. 2. Các dạng vùng nén	19
Hình 2. 3. Sơ đồ nội lực và biểu đồ ứng suất trên tiết diện thẳng góc với trục dọc cấu kiện bê tông cốt thép trong trường hợp tổng quát tính toán tiết diện theo độ bền	20
Hình 2. 4. Sơ đồ xác định điểm đặt hợp lực	22
Hình 2. 5. Mặt biểu đồ tương tác nén lệch tâm xiên	24
Hình 2. 6. Mặt biểu đồ tương tác	25
Hình 2. 7. Dạng và kích thước vùng nén	26
Hình 2. 8. Biểu đồ tương tác của nén lệch tâm phẳng và xiên	28
Hình 2. 9. Cắt mặt biểu đồ bằng mặt phẳng ngang	29
Hình 2. 10. Mặt phá hoại $S_1(N_u, e_x, e_y)$	35
Hình 2. 11. Mặt phá hoại $S_2(1N_u, e_x, e_y)$	36
Hình 2. 12. Mặt phá hoại $S_3(N_u, M_x, M_y)$	36
Hình 2. 13. Đường tương tác để xác định hệ số α	37
Hình 2. 14. Cột chịu nén lệch tâm phẳng, cốt thép đặt theo chu vi	38
Hình 2. 15. Tiết diện có 12 thanh cốt dọc	40
Hình 2. 16. Mặt cong tương tác $P_n - M_{nx} - M_{ny}$ và điểm mô men tính toán	44

Hình 3. 1. Tiết diện cột cho thí dụ	48
Hình 3. 2. Họ biểu đồ tương tác $a/h = 0,06$	49
Hình 3. 3. Họ biểu đồ tương tác $a/h = 0,1$	50
Hình 3. 4. Quy ước chiều mômen khi tính toán	54
Hình 3. 5. Biểu đồ tương tác đối với cột giằng cốt đai vuông góc có các thanh trong bốn mặt $\gamma=0,64$ [4]	59
Hình 3. 6. Biểu đồ tương tác đối với các cột giằng cốt đai vuông góc có các thanh trong bốn mặt $\gamma=0,75$ [4]	59

MỞ ĐẦU

1. Mục đích nghiên cứu

Sự phát triển nhanh chóng của khoa học kỹ thuật nói chung và khoa học xây dựng nói riêng ngày càng tạo thêm nhiều thách thức mới cho các chuyên gia xây dựng, đặc biệt trong giai đoạn phát triển các ứng dụng của công nghệ tin học và các loại vật liệu mới. Nhiều công trình xây dựng được thiết kế theo các dạng kiến trúc mới, đáp ứng yêu cầu sử dụng đa dạng của xã hội, sử dụng các tiến bộ của khoa học vật liệu, thi công nhanh, giảm giá thành, đòi hỏi nhiều hiểu biết không chỉ về lý thuyết tính toán mà cả thực tế xây dựng nữa.

Các tiêu chuẩn thiết kế công trình bê tông cốt thép cũng ngày càng được nghiên cứu, áp dụng rộng rãi ở nhiều nước với nội dung và hình thức có nhiều điểm rất khác nhau. Trong xu thế hòa nhập thế giới, việc nắm vững các tiêu chuẩn thiết kế thông dụng trên thế giới là điều kiện cần thiết để có thể hợp tác trao đổi và hội nhập trong các lĩnh vực khoa học kỹ thuật.

Chúng ta đều biết, hiện nay hệ thống tiêu chuẩn của Việt Nam đang dần từng bước được biên soạn lại trên cơ sở những tiến bộ mới nhất của khoa học kỹ thuật. Các công trình hạ tầng vay vốn nước ngoài, các công trình liên doanh, 100% vốn nước ngoài thường do tư vấn nước ngoài thiết kế. Việc thẩm định, duyệt các công trình này đòi hỏi phải nắm vững các kiến thức của các tiêu chuẩn nước ngoài. Việc nghiên cứu tìm hiểu các tiêu chuẩn quốc tế là nhu cầu bắt buộc của các kỹ sư tư vấn Việt Nam.

Bên cạnh đó, kết cấu bê tông cốt thép chịu tác dụng đồng thời của mômen uốn theo hai phương tiết diện cột và lực dọc rất phổ biến trong xây dựng nhà nhiều tầng. Trong các hệ thống kết cấu khung, các cột đỡ các dầm chịu lực là các cấu kiện chịu đồng thời tác dụng của mômen uốn và lực nén, thường được gọi là cấu kiện chịu nén lệch tâm. Các cấu kiện cột trong khung

nhà sẽ tiếp nhận tải trọng từ các tầng phía trên và truyền tải trọng này xuống các tầng phía dưới và nền công trình thông qua kết cấu móng. Nếu các cấu kiện chịu lực nén này không đủ khả năng chịu lực tại những vị trí bất lợi thì có thể gây ra phá hỏng toàn bộ công trình. Kết cấu cột trong công trình bị hư hỏng có thể gây ra nhiều thiệt hại về người và của so với các cấu kiện chịu lực theo phương ngang như dầm, thanh,...nên việc thiết kế thường được tính toán với mức độ an toàn cao hơn. Các trường hợp phá hỏng do lực nén hoặc phá hoại dòn thường xảy ra đột ngột hơn phá hoại dẻo.

Xuất phát từ thực tế đó trong luận văn này tác giả chọn đề tài “Tính toán lệch tâm xiên cho cột bê tông cốt thép nhà cao tầng theo TCVN và các tài liệu khác” nhằm giúp cho các nhà tư vấn thiết kế lưu ý khi sử dụng các tiêu chuẩn của Việt Nam và nước ngoài để tính toán và kiểm tra.

2. Nhiệm vụ nghiên cứu của đề tài

Các nhiệm vụ chính của đề tài là:

Nghiên cứu, tính toán lệch tâm xiên cho cột bê tông cốt thép nhà cao tầng áp dụng theo TCVN 5574:2012 và tiêu chuẩn ACI 318-2002. Thông qua kết quả tính toán so sánh sự khác biệt giữa hai mô hình tính toán để từ đó rút ra được những yếu tố chưa được xem xét, phân tích một cách rõ ràng để có thể đánh giá đúng mức và hiệu quả trong tiêu chuẩn hiện hành Việt Nam 5574:2012.

3. Phạm vi và phương pháp nghiên cứu

Nghiên cứu, tính toán lệch tâm xiên cho cột bê tông cốt thép nhà cao tầng áp dụng theo 2 tiêu chuẩn TCVN 5574:2012 và tiêu chuẩn ACI 318-2002.

Trong phạm vi luận văn thạc sỹ, học viên tập trung vào phương pháp tính một cấu kiện cột điển hình chịu tải trọng lệch tâm xiên theo 2 tiêu chuẩn

nêu trên.

Với phương pháp nghiên cứu lý thuyết, dựa vào thuật toán phân tích kết hợp một số các phương pháp đã được nghiên cứu và giới thiệu trước đó, nhằm mục đích khảo sát ứng xử của mô hình cột chịu tải trọng lệch tâm xiên với một số dạng đặt tải điển hình.

Bằng cách tính toán một số ví dụ bài toán cơ bản về cấu kiện cột đơn giản chịu tải trọng lệch tâm xiên theo tiêu chuẩn Việt Nam 5574:2012 và tiêu chuẩn Hoa Kỳ 318:2002 để đưa ra những kết quả, từ đó cho ta thấy được những thay đổi của công trình chịu tải trọng có vượt quá giới hạn cho phép theo tiêu chuẩn hiện hành hay không.

4. Bố cục luận văn

Ngoài phần mở đầu và kết luận chung, nội dung luận văn được trình bày gồm 3 chương:

Chương 1: Tổng quan .

Chương 2: Tính toán và kiểm tra khả năng chịu lực cho cột chịu nén lệch tâm xiên theo TCVN 5574:2012, tiêu chuẩn Hoa Kỳ 318:2002.

Chương 3: Ví dụ tính toán.

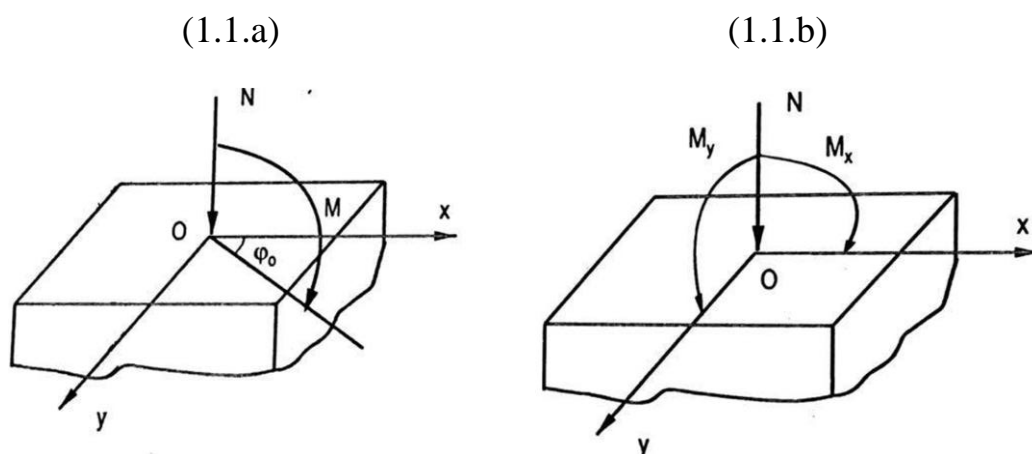
CHƯƠNG 1 TỔNG QUAN PHƯƠNG PHÁP TÍNH CỘT CHỊU NÉN LỆCH TÂM XIÊN

1.1. Nén lệch tâm xiên

1.1.1. Khái niệm nén lệch tâm xiên

[1] Nén lệch tâm xiên xảy ra khi mặt phẳng tác dụng của mômen uốn M không chứa trục đối xứng của tiết diện. Gọi hai trục đối xứng của tiết diện là ox và oy . Góc giữa mặt phẳng uốn và trục ox là φ_0 (Hình 1.1.a). Có thể phân mômen M thành hai thành phần tác dụng trong hai mặt phẳng chứa trục ox và oy là M_x và M_y (Hình 1.1.b).

$$M_x = M \cos\varphi_0; M_y = M \sin\varphi_0$$



Hình 1.1. Sơ đồ lực nén lệch tâm xiên

Trường hợp khi tính toán nội lực đã xác định và M_x và M_y theo hai phương thì mômen

$$M = \sqrt{M_x^2 + M_y^2} \quad (1.2)$$

Góc lập bởi vectơ của mômen M với trục ox là φ_0 mà:

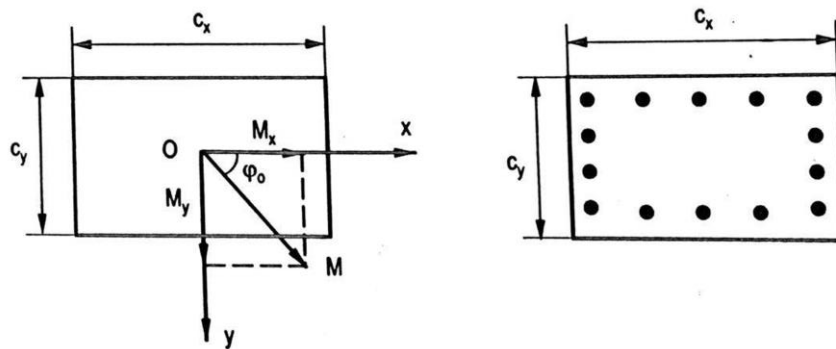
$$\operatorname{tg}\varphi_0 = \frac{M_y}{M_x} \quad (1.3)$$

Gọi các cạnh của tiết diện theo phương ox là c_x , theo phương oy là c_y .

Cột thép được đặt theo chu vi và đối xứng qua hai trục. Trường hợp M_x và M_y có giá trị gần bằng nhau nên làm tiết diện vuông.

Với cột chịu nén lệch tâm xiên cần phân tích liên kết của cột theo cả hai phương để xác định chiều dài tính toán trong từng phương là l_{ox} và l_{oy} . Cần xét uốn dọc theo cả hai phương và xác định hệ số uốn dọc theo mỗi phương là η_x và η_y . Tính độ lệch tâm tĩnh học theo mỗi phương $e_{1x} = \frac{M_x}{N}$; $e_{1y} = \frac{M_y}{N}$. Tìm độ lệch tâm ngẫu nhiên e_a theo mỗi phương và xác định độ lệch tâm ban đầu :

$$M_x^* = N\eta_x e_{ox}; M_y^* = N\eta_y e_{oy}; \quad (1.4)$$



Hình 1. 2. Tiết diện chịu nén lệch tâm xiên

1.1.2. Nội lực để tính toán nén lệch tâm xiên

Nội lực để tính toán nén lệch tâm xiên được lấy từ kết quả tổ hợp tải trọng, trong đó cần chú ý đến các bộ ba nội lực (N , M_x , M_y) sau:

N_{max} và M_x , M_y tương ứng

M_{xmax} và N , M_y tương ứng

M_{ymax} và N , M_x tương ứng

M_x và M_y đều lớn và N tương ứng

Có độ lệch tâm $e_{1x} = \frac{M_x}{N}$; hoặc $e_{2x} = \frac{M_y}{N}$ lớn.

Trong mỗi bộ ba nội lực, cần xét đến độ lệch tâm ngẫu nhiên e_a theo mỗi phương và ảnh hưởng uốn dọc theo từng phương. Hệ số uốn dọc theo từng phương được tính theo công thức sau:

$$\eta = \frac{1}{1 - \frac{N}{N_{thi}}} \quad (1.5)$$

Với vật liệu đàn hồi, đồng chất xác định N_{th} theo công thức Euler $N_{thi} = \frac{\pi^2 E J_i}{l_{0i}^2}$. Với bê tông cốt thép, N_{th} tính theo công thức thực nghiệm. Theo tiêu chuẩn TCVN 5574-2012:

$$N_{th} = \frac{6,4 E_b}{l_0^2} \left(\frac{SI}{\varphi_l} + \alpha I_s \right)$$

Trong đó:

l_0 là chiều dài tính toán của cấu kiện

E_b Mô đun đàn hồi của bê tông

I mômen quán tính của tiết diện lấy đối với trục qua trọng tâm và vuông góc với mặt phẳng uốn

I_s mômen quán tính của diện tích tiết diện cốt thép dọc chịu lực lấy đối với trục đã nêu

$\alpha = \frac{E_s}{E_b}$ Với E_s là Mô đun đàn hồi của cốt thép

S Hệ số kể đến ảnh hưởng của độ lệch tâm

$$S = \frac{0,11}{0,1 + \frac{\delta_e}{\varphi_p}} + 0,1$$

δ_e Hệ số lấy theo quy định:

$$\delta_e = \max\left(\frac{e_0}{h}; \delta_{min}\right)$$

$$\delta_{min} = 0,5 - 0,01 \frac{l_0}{h} - 0,01 R_b$$

R_b đơn vị Mpa

φ_p hệ số xét đến ảnh hưởng của cốt thép căng ứng lực trước. Với kết cấu bê tông cốt
= 1

$\varphi_l \geq 1$ Hệ số xét đến ảnh hưởng của tải trọng tác dụng dài hạn

$$\varphi_l = 1 + \beta \frac{M_l + N_l y}{M + N y} \leq 1 + \beta$$

y là khoảng cách từ trọng tâm tiết diện đến mép chịu kéo. Tiết diện chữ nhật $y = 0,5h$

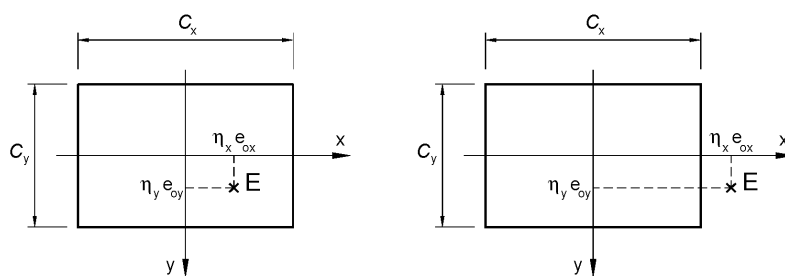
M_l, N_l nội lực do tải trọng tác dụng dài hạn

β hệ số phụ thuộc vào loại bê tông. Bê tông nặng $\beta = 1$

Sơ đồ nội lực tính toán được đưa về thành lực N đặt tại điểm D có tọa độ $\eta_x e_{ox}$ và $\eta_y e_{oy}$ (hình 1.3). Điểm E có thể nằm bên trong hoặc bên ngoài tiết diện, ở góc phần tư nào là phụ thuộc vào chiều tác dụng của M_x và M_y .

Sau khi xét độ lệch tâm ngẫu nhiên và uốn dọc thì mômen tác dụng theo 2 phương được tăng lên thành M_x^* và M_y^* :

$$M_x^* = N \eta_x e_{ox}; M_y^* = N \eta_y e_{oy};$$



Hình 1. 3. Sơ đồ nội lực với độ lệch tâm

1.1.3. Sự làm việc nén lệch tâm xiên

Với cấu kiện làm bằng vật liệu đàn hồi và đồng nhất chịu nén lệch tâm xiên, có thể dùng phương pháp cộng tác dụng để tính ứng suất

$$\sigma = \frac{M_x}{J_x} x + \frac{M_y}{J_y} y \pm \frac{N}{F} \quad (1.6)$$

Điều kiện bền là hạn chế ứng suất σ không được vượt quá ứng suất cho phép hoặc cường độ tính toán của vật liệu.

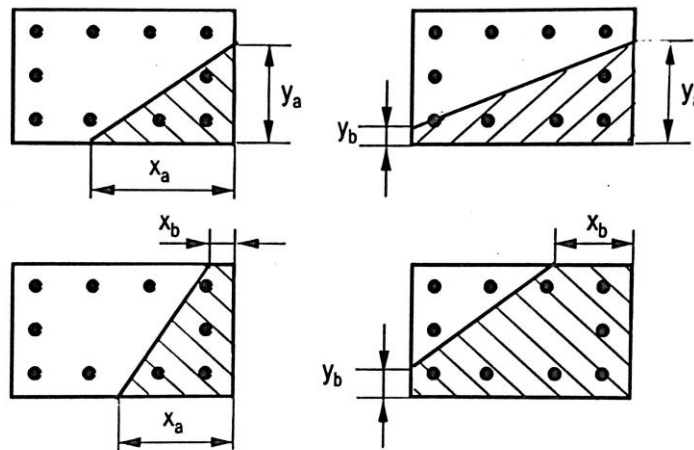
Khi tính theo trạng thái giới hạn, do không thể tính riêng ứng suất của từng loại nội lực nên không thể dùng phương pháp cộng tác dụng mà phải xét tác dụng đồng thời của N, M_x, M_y

Khi chịu nén lệch tâm xiên, tùy theo vị trí điểm đặt lực cũng như tương quan giữa nội lực và kích thước tiết diện và cách bố trí cốt thép mà có thể xảy ra trường hợp toàn bộ tiết diện chịu nén hoặc một phần tiết diện chịu nén và phần tiết diện chịu kéo.

Với tiết diện toàn bộ chịu nén, có một đỉnh chịu nén nhiều nhất (đỉnh ở gần điểm đặt lực E) còn đỉnh phía kia của đường chịu nén ít hơn.

Tùy thuộc vào vị trí điểm E và giá trị lực nén N mà vùng nén của tiết diện có thể là tam giác, hình thang theo cạnh c_x , hình thang theo cạnh c_y , hình ngũ giác (hình 1.4). Giới hạn vùng nén là đường thẳng.

Khi độ lệch tâm khá bé có thể xảy ra trường hợp toàn bộ tiết diện chịu nén.



Hình 1. 4. Các dạng của vùng nén

1.1.4. Ứng suất trong cốt thép

A'_s diện tích tiết diện cốt thép chịu nén

A_s diện tích tiết diện cốt thép phía đối diện với A'_s , nó có thể chịu kéo hoặc chịu nén ít hơn.

Sơ đồ tiết diện như (hình 1.5). Đặt:

a, a' – Khoảng cách từ trọng tâm A_s và A'_s đến mép tiết diện gần nhất;

$h_0 = h - a$: chiều cao làm việc, bằng khoảng cách từ trọng tâm A_s đến mép chịu nén

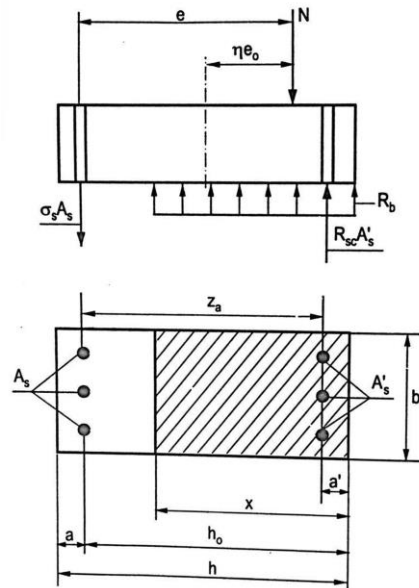
$z_a = h_0 - a'$: khoảng cách giữa trọng tâm A_s và A'_s

x: chiều cao vùng bê tông chịu nén

Sơ đồ lực và ứng suất thể hiện ở trên hình 1.5. Nội lực tính toán được đưa về thành lực N đặt cách trục cấu kiện một đoạn ηe_0 và có độ lệch tâm so với trọng tâm của A_s là e.

Ở trạng thái giới hạn về khả năng chịu lực các ứng suất được lấy như sau:

- Ứng suất trong bê tông vùng nén lấy phân bố đều với giá trị R_b trong diện tích vùng nén là b_x
- Bỏ qua ứng suất trong bê tông vùng kéo
- Ứng suất trong cốt thép A'_s đạt giá trị R_{sc} là cường độ tính toán về nén của cốt thép
- Ứng suất trong cốt thép A_s là σ_s



Hình 1. 5. Sơ đồ tính toán tiết diện chữ nhật, cốt thép tập trung

Giá trị của σ_s phụ thuộc vào tương quan giữa x và $\xi_R h_0$. Hệ số ξ_R được lấy giống như đối với cấu kiện chịu uốn [1]

$$\xi_R = \frac{\omega}{1 + \frac{\sigma_{SR}}{\sigma_{sc.u}} \left(1 - \frac{\omega}{1,1}\right)}$$

$\sigma_{sc.u}$ là ứng suất giới hạn của cốt thép ở vùng chịu nén

ω là đặc trưng vùng nén của bê tông $\omega = \alpha - 0,008 R_b$

α là hệ số. Với bê tông nặng: 0,85

R_b cường độ tính toán về nén của bê tông, đơn vị MPa.

σ_{sR} ứng suất trong cốt thép, MPa

Thông thường $\xi_R = 0,4 \div 0,65$

Khi $x \leq \xi_R h_0$ lấy $\sigma_s = R_s$

Khi $x > \xi_R h_0$ cần xác định σ_s theo công thức thực nghiệm:

$$\sigma_s = \left(2 \frac{1 - \frac{x}{h_0}}{1 - \xi_R} - 1 \right) R_s \quad (1.7)$$

Công thức này dùng cho bê tông có cấp nhỏ hơn hoặc bằng B30, cốt thép nhóm CI, AI, CII, AII, CIII, AIII ($R_s \leq 400$ MPa)

$\sigma_s > 0$ là ứng suất kéo, $\sigma_s < 0$ là ứng suất nén, đồng thời giá trị σ_s đưa vào trong tính toán cần được giới hạn, không vượt quá cường độ tính toán R_s, R_{sc}

$$R_{sc} \leq \sigma_s \leq R_s \quad (1.8)$$

Đối với cấu kiện làm từ bê tông cấp lớn hơn B30 cũng như đối với cấu kiện sử dụng cốt thép nhóm cao hơn AIII ($R_s > 400$ MPa) cần xác định ứng suất trong từng thanh thép của A_s là σ_{si}

$$\sigma_{si} = \frac{\sigma_{sc.u}}{1 - \frac{\omega}{1,1}} \left(\frac{\omega}{\xi_i} - 1 \right) \quad (1.9)$$

Đồng thời σ_{si} cũng phải thỏa mãn điều kiện (1.8), trong đó: $\xi_i = \frac{x}{h_{oi}}$ với h_{oi} tính cho từng thanh thép, bằng khoảng cách từ trọng tâm thanh thép đến mép xa nhất vùng chịu nén;

1.1.5. Các trường hợp tính toán nén lệch tâm phẳng

Từ phân tích các trường hợp nén lệch tâm, người ta đưa ra các trường hợp tính toán. Trong việc này cũng có những quan điểm khác nhau [3].

Một số nước Âu Mỹ phân chia ra hai trường hợp dựa vào vùng nén: tiết diện chịu nén toàn bộ và tiết diện chịu nén một phần.

Tiêu chuẩn thiết kế của Nga, Trung Quốc, Việt Nam phân chia ra hai trường hợp: nén lệch tâm lớn và nén lệch tâm bé dựa vào sự làm việc của cốt thép A_s cũng tức là dựa vào giá trị của chiều cao vùng nén x

Khi $x < \xi_R h_0$: Cốt thép A_s chịu kéo, ứng suất σ_s đạt tới R_s , xảy ra phá hoại dẻo, trường hợp nén lệch tâm lớn.

Khi $x \geq \xi_R h_0$: Cốt thép A_s có thể chịu nén hoặc kéo mà ứng suất trong nó chưa đạt đến R_s hoặc R_{sc} , sự phá hoại bắt đầu từ bê tông vùng nén (phá hoại giòn), trường hợp nén lệch tâm bé.

Tiết diện làm việc theo trường hợp nào là phụ thuộc vào tương quan giữa M , N với kích thước tiết diện và sự bố trí cốt thép. Khi M tương đối lớn, tiết diện làm việc gần với trường hợp chịu uốn, có vùng nén và vùng kéo rõ rệt. Nếu cốt thép chịu kéo A_s không quá lớn thì sự phá hoại sẽ bắt đầu từ vùng kéo, ta có trường hợp nén lệch tâm lớn. Ngược lại, khi N tương đối lớn, phần lớn tiết diện chịu nén, sự phá hoại bắt đầu từ bê tông phía bị nén nhiều, có trường hợp nén lệch tâm bé.

Tuy nhiên, trong tính toán thực hành, điều kiện để phân biệt các trường hợp nén lệch tâm chỉ là tương đối. Có một số trường hợp, với tiết diện và điểm đặt lực N đã chọn khi thay đổi cốt thép có thể chuyển sự làm việc của tiết diện từ nén lệch tâm lớn sang nén lệch tâm bé và ngược lại. Khi chuyển như vậy thì giá trị lực dọc tới hạn mà tiết diện chịu được N_{gh} thay đổi theo.

1.2. Tính toán cột chịu nén lệch tâm xiên bằng phương pháp gần đúng, kết hợp với biểu đồ tương tác theo tiêu chuẩn TCVN 5574:2012

Có nhiều phương pháp gần đúng được sử dụng để thiết kế cột. Trong đó, có phương pháp cộng tác dụng, được giới thiệu bởi Moran [3], cốt thép được tính riêng với (N, M_x) và (N, M_y) , sau đó cộng kết quả lại. Phương pháp quy đổi lệch tâm xiên về lệch tâm phẳng. Phương pháp tải trọng nghịch đảo và phương pháp đường viền tải trọng, được giới thiệu bởi Bresler[7], dựa trên ý tưởng về mặt phá hoại, đã có nhiều tác giả phát triển các công thức gần đúng để xác định khả năng chịu lực của cột, trong đó có Parme và cộng sự, Mavichak và Furlong, Hsu[9]. Các đồ thị để áp dụng các phương trình của Bresler hay của Parme. Một phương pháp gần đúng khác được giới thiệu bởi Row và Paulay[10], là sử dụng trực tiếp biểu đồ tương tác cho biết tiết diện chữ nhật chịu nén lệch tâm xiên. Mỗi biểu đồ chứa bốn góc phần tư, mỗi góc phần tư ứng với một góc đặt tải. Khi góc đặt tải thực tế, $\theta = \arctan\left(\frac{M_x}{M_y}\right)$, không trùng với góc đặt tải trong biểu đồ thì phải nội suy. Trong luận văn này, tác giả muốn giới thiệu công thức tải trọng nghịch đảo và công thức đường viền tải trọng của Bresler, kết hợp với họ biểu đồ tương tác được xây dựng cho tiết diện chịu nén lệch tâm phẳng, phù hợp với TCVN 5574:2012, để xác định hay kiểm tra khả năng chịu lực của cột chịu nén lệch tâm xiên.

1.3. Tính toán cột chịu nén lệch tâm xiên theo tiêu chuẩn TCVN 5574:2012 và tiêu chuẩn Hoa Kỳ ACI 318:2002

- Các số liệu của vật liệu BTCT theo tiêu chuẩn Việt Nam và tiêu chuẩn Hoa Kỳ:

*) Theo tiêu chuẩn Việt Nam:

+ Cấp độ bền chịu nén của bê tông (Compressive strength of concrete)

Ký hiệu bằng chữ B, là giá trị trung bình thống kê của cường độ chịu nén tức thời, tính bằng đơn vị MPa, với xác suất đảm bảo không dưới 95 %, xác

Luận văn: Tính toán lệch tâm xiên cho cột bê tông cốt thép nhà cao tầng theo TCVN và các tài liệu khác

định trên các mẫu lập phương kích thước tiêu chuẩn (150 mm x 150 mm x 150 mm) được chế tạo, dưỡng hộ trong điều kiện tiêu chuẩn và thí nghiệm nén ở tuổi 28 ngày.

$$B = \alpha \cdot \beta \cdot M$$

α : Hệ số đổi đơn vị từ kG/cm^2 sang Mpa; có thể lấy $\alpha = 0,1$

β : Hệ số chuyển đổi từ cường độ trung bình sang cường độ đặc trưng, với $\nu = 0,135$ thì $\beta = (1 - S_\nu) = 0,778$.

+ Cấp độ bền chịu kéo B_t : Lấy bằng cường độ đặc trưng về kéo của bê tông theo đơn vị Mpa. Theo tiêu chuẩn TCVXVN 356-2005 bê tông có các cấp độ bền chịu kéo như sau: B_t 0,5; B_t 0,8; B_t 1,2; B_t 1,6; B_t 2,0; B_t 2,4; B_t 2,8; B_t 3,2; B_t 3,6; B_t 4,0;

+ Biến dạng co ngót: Co ngót là hiện tượng bê tông giảm thể tích khi khô cứng trong không khí. Hiện tượng co ngót liên quan đến quá trình thủy hóa xi măng, đến sự bốc hơi lượng nước thừa khi bê tông khô cứng. Co ngót xảy ra chủ yếu trong giai đoạn khô cứng đầu tiên của bê tông. Trong điều kiện bình thường sau vài năm bê tông sẽ hết co ngót và biến dạng tỉ đối co ngót có thể đạt đến $(3 \div 5) 10^{-4}$. Biến dạng co ngót của bê tông đổ tại chỗ với độ sụt $12 \div 18$ cm có giá trị lớn hơn nhiều.

+ Cốt thép dùng cho kết cấu bê tông cốt thép:

Thép dẻo: Các loại thép cacbon thấp và hợp kim thấp cán nóng thuộc loại thép dẻo, chúng có giới hạn chảy trong khoảng 200-500 Mpa, có biến dạng cực hạn: $\epsilon_s = 0,15 \div 0,25$. Giới hạn bền σ_B lớn hơn giới hạn chảy khoảng 20-40%.

Thép rắn: Cốt thép qua gia công nguội và gia công nhiệt thường thuộc loại này. Giới hạn bền của thép rắn vào khoảng 500-2000 Mpa và biến dạng cực hạn tương đối bé, $\varepsilon_s = 0,05 \div 0,01$

+ Trạng thái giới hạn: Chỉ có hai nhóm trạng thái: Trạng thái giới hạn thứ I (khả năng chịu lực), nhóm trạng thái giới hạn thứ II (điều kiện sử dụng bình thường của kết cấu)

+ Tải trọng: Tiêu chuẩn Việt Nam lấy theo tải trọng tiêu chuẩn TCVN 2737-1995.

+ Tải trọng tính toán: 5574:2012: lấy theo TCVN 2737-1995, (tải trọng tính toán)= (tải trọng tiêu chuẩn)x (hệ số độ tin cậy).

*) Theo tiêu chuẩn Hoa Kỳ:

+ Mẫu thử độ bền chịu nén của bê tông là mẫu khối hình trụ (tròn) có đường kính 150 mm (6in) và chiều cao 300 mm (12in). Khi mẫu đạt 28 ngày tuổi (có thể sớm hơn nếu có yêu cầu) tiến hành thử mẫu. Tốc độ gia tải bằng 2,5kg/cm²/s (35 psi trong 1 giây). f'_c : độ bền chịu nén của bê tông (mẫu trụ) (Cylindrical concrete Specimens).

$$f'_{ct} = \frac{t}{4+0,85t} f'_{c,28}$$

f'_{ct} – độ bền của bê tông ở t ngày tuổi, psi (hoặc kg/cm²)

$f'_{c,28}$ – độ bền của bê tông ở tuổi 28 ngày, psi (hoặc kg/cm²)

t – thời gian tính toán độ bền, ngày

+ Độ bền chịu kéo của bê tông: Độ bền chịu kéo của bê tông bằng 8÷15% độ bền khi nén. Giá trị độ bền chịu kéo của bê tông chịu ảnh hưởng rất lớn của các yếu tố như dạng thí nghiệm, dạng cốt liệu, độ bền khi nén và sự xuất hiện ứng suất nén cắt ngang qua ứng suất kéo.

Độ bền chịu kéo khi uốn của bê tông được xác định theo biểu thức:

$$f_r = \frac{6M}{bh^2}$$

f_r – độ bền chịu kéo khi uốn của bê tông; M – mô men

b, h – chiều rộng và chiều cao

+ Co ngót của bê tông: Bề mặt của bê tông trong không khí xảy ra quá trình bay hơi nước, từ đó sinh ra hiện tượng co ngót bê tông. Tùy theo tỷ lệ N/XM và độ ẩm, biến dạng co ngót $\varepsilon_{sh} = 0,0002 \div 0,0007$. Co ngót bê tông sinh ra các vết nứt nếu kết cấu bị “kiềm chế” sự co ngót tự do và do đó sẽ sinh ra ứng suất phụ khá lớn.

+ Cốt thép dùng cho kết cấu bê tông cốt thép: Thanh thép gờ cán nóng dùng cho kết cấu bê tông cốt thép được sản xuất theo tiêu chuẩn Hoa Kỳ ASTM có kích thước, thành phần hóa học và đặc trưng cơ học như sau:

ASTM A 615: Đây là loại thép dùng phổ biến trong các công trình xây dựng. Kích cỡ thanh thép từ #3 ÷ #18. Đối với thép có cấp độ bền 60ksi (giới hạn chảy 60ksi hoặc 4200kg/cm²), #3 ÷ #6 đối với thép có cấp độ bền 40ksi (2800kg/cm²), #6 ÷ #18 đối với thép có cấp độ bền 75ksi (5250kg/cm²). Hàm lượng phốt pho trong thép $\leq 0,06\%$

ASTM A 616: Các thanh thép loại này được cán từ các thanh ray đường sắt bị thải. Chúng có tính dẻo và độ uốn kém hơn loại thép A 615. Loại thép theo A 616 ít được sử dụng rộng rãi trong thực tế. Kích cỡ thanh thép loại này từ #3 ÷ #11 đối với thép có cấp độ bền 60ksi (4200kg/cm²).

ASTM A 617: Các thanh thép loại này được cán từ các thép thải từ trục toa tàu hỏa. Chúng được chế tạo với các kích cỡ #3 ÷ #11 đối với thép có cấp độ bền 40 ksi và 60ksi (2800 và 4200kg/cm²). Loại thép này có tính dẻo thấp hơn loại thép A 615 và chúng không được sử dụng rộng rãi.

ASTM A 706: Đây là loại thép sử dụng cho những yêu cầu đặc biệt. Kích cỡ các thanh #3÷#18 đối với thép có cấp độ bền 60ksi (4200kg/cm²).

Các loại thép thanh dùng cho bê tông cốt thép gồm 4 cấp độ bền 40, 50, 60 và 75 (giới hạn chảy $f_y = 2800, 3500, 4200$ và 5250 kg/cm²). Thép với cấp độ bền 40ksi có tính dẻo cao nhất.

+ Trạng thái giới hạn: Ngoài các trạng thái giới hạn về độ bền, trạng thái giới hạn về sử dụng thì còn có trạng thái giới hạn đặc biệt (phá hoại kết cấu do các tác động đặc biệt gây ra như động đất, cháy nổ, ăn mòn..)

+ Tải trọng: Sử dụng theo ANSI A 58.1-1982 (hoặc quy chuẩn thống nhất- UBC).

+ Tải trọng tính toán: ACI 318: (tải trọng tính toán)= (tải trọng sử dụng)x (hệ số tải trọng).

- Tính toán cột bê tông cốt thép chịu nén lệch tâm xiên có thể tiến hành theo 3 quy trình: Tính cột lệch tâm theo một phương với độ lệch tâm tương đương, độ lệch tâm e_x và e_y của lực dọc trục được thay thế bằng độ lệch tâm tương đương e_{0x} . Khi đó, cột chịu nén lệch tâm xiên được thiết kế như cột chịu nén lệch tâm 1 phương gồm lực dọc và có độ lệch tâm e_{0x} ; Quy trình thứ hai sử dụng phương pháp “ đường bao tải trọng” để tính toán cột chịu nén lệch tâm xiên. Theo đó, mặt phẳng trung gian làm thành một góc λ so với mặt phẳng POMx, cắt mặt cong tương tác $P_n - M_{nx} -$

M_{ny} tại đường (c) (hình 2.20). Mặt phẳng λ là mặt phẳng phá hoại và đường (c) là đường phá hoại đối với cột chịu nén đồng thời với mô men uốn; Quy trình thứ ba dùng phương pháp phương trình tương tác Bresler, phương pháp này cũng được sử dụng để tính toán cột chịu nén lệch tâm xiên trong tiêu chuẩn Việt Nam, sẽ được trình bày cụ thể ở chương sau.

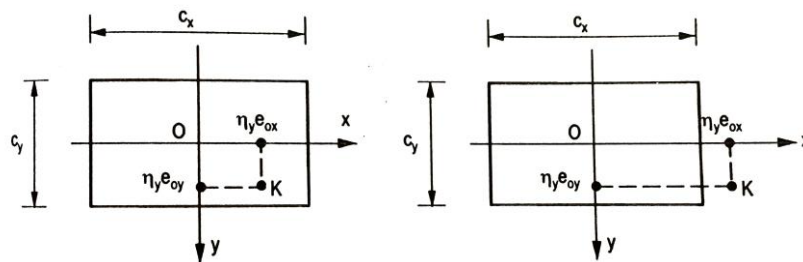
CHƯƠNG 2

TÍNH TOÁN VÀ KIỂM TRA KHẢ NĂNG CHỊU LỰC CHO CỘT CHỊU NÉN LỆCH TÂM XIÊN THEO TCVN 5574:2012, TIÊU CHUẨN HOA KỲ ACI 318:2002

2.1. Tính toán và kiểm tra khả năng chịu lực cho cột chịu nén lệch tâm xiên theo TCVN 5574:2012 [1]

2.1.1. Sơ đồ tính toán, công thức cơ bản

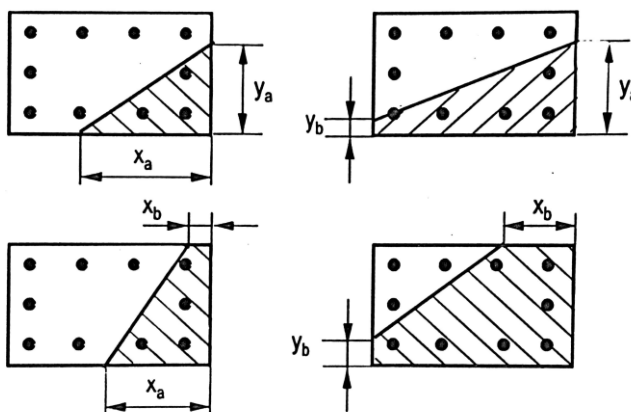
Trên mặt bằng của tiết diện sơ đồ tính toán được đưa về thành một lực N đặt tại điểm K có tọa độ là $\eta_x e_{ox}$ và $\eta_y e_{oy}$. Tùy theo tương quan của giá trị độ lệch tâm và cạnh của tiết diện mà điểm E có thể nằm bên trong hoặc bên ngoài tiết diện, điểm K nằm vào góc phần tư nào là tùy thuộc vào chiều của M_x và M_y .



Hình 2. 1. Sơ đồ tính toán nén lệch tâm xiên

Khi nén lệch tâm xiên, tùy thuộc vào vị trí điểm K và giá trị lực nén N mà vùng nén của tiết diện có thể là tam giác, hình thang theo cạnh c_x , hình thang theo cạnh c_y , hình ngũ giác (hình 2.2). Giới hạn vùng nén là đường thẳng.

Khi độ lệch tâm khá bé có thể xảy ra trường hợp toàn bộ tiết diện chịu nén.



Hình 2. 2. Các dạng vùng nén

Tiêu chuẩn thiết kế TCVN 5574:2012 quy định: trong toàn bộ vùng nén ứng suất trong bê tông đạt R_b và phân bố đều.

Đặt tên cho từng thanh cốt thép theo thứ tự $i = 1,2,3,\dots,t$. Kẻ đường thẳng đi qua đỉnh tiết diện chịu nén nhiều nhất và song song với mép chịu nén, đặt là trục V-V. Đặt x – chiều cao vùng nén, bằng khoảng cách từ mép vùng nén đến trục V-V.

Đặt h_{oi} – khoảng cách từ cốt thép thứ I đến trục V-V.

Ứng suất trong mỗi thanh thép là σ_{si} được xác định theo công thức (2.1) với $\xi_i = \frac{x}{h_{oi}}$

$$\sigma_{si} = \frac{\sigma_{sc,u}}{1 - \frac{\omega}{1,1}} \left(\frac{\omega}{\xi_i} - 1 \right) \quad (2.1)$$

$\sigma_{si} > 0$ là kéo; $\sigma_{si} < 0$ là nén, đồng thời $-R_{sc} \leq \sigma_{si} \leq R_s$

Để thiết lập công thức và điều kiện tính toán cần kẻ trục U-U song song với mép chịu nén và đi qua trọng tâm thanh cốt thép đặt ở góc xa điểm E nhất (thanh thép chịu kéo lớn nhất hoặc chịu nén bé nhất) (hình 2.3)

Đặt e – khoảng cách từ điểm E đến trục U-U.

Điều kiện về khả năng chịu lực được lập bằng cách lấy mô men đối với trục U-U

$$N_e \leq [N_e]_{gh} = R_b S_b - \Sigma \sigma_{si} S_i \quad (2.2)$$

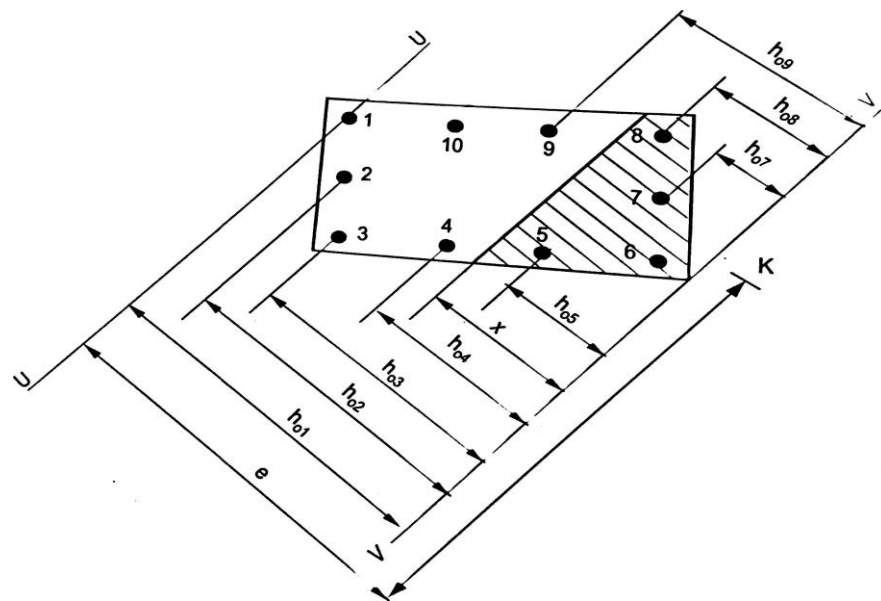
S_b mô men tĩnh của diện tích vùng nén lấy đối với trục U-U

S_i mô men tĩnh của diện tích tiết diện thanh thép thứ i đối với trục U-U

Diện tích vùng chịu nén A_b được xác định từ điều kiện cân bằng lực (2.3):

$$N = R_b A_b - \Sigma \sigma_{si} A_{si} \quad (2.3)$$

A_{si} – diện tích tiết diện thanh thép thứ i



Hình 2. 3. Sơ đồ nội lực và biểu đồ ứng suất trên tiết diện thẳng góc với trục dọc cấu kiện bê tông cốt thép trong trường hợp tổng quát tính toán tiết diện theo độ bền

Hình dáng vùng nén (hình 2.3) thông qua các giá trị x_a , x_b , y_a , x_b được xác định bởi điều kiện thẳng hàng của ba điểm K, B, F

Trong đó:

K: Điểm đặt lực N

B: Điểm đặt hợp lực của bê tông và cốt thép vùng nén

F: Điểm đặt hợp lực của cốt thép vùng kéo

2.1.2. Điều kiện tổng quát

Hình dạng của bê tông vùng nén được xác định từ điều kiện sau: Điểm đặt của lực dọc (điểm E), điểm đặt của hợp lực của bê tông và của cốt thép vùng nén, điểm đặt của hợp lực các cốt thép chịu kéo phải cùng nằm trên một đường thẳng. Đúng ra thì đường thẳng qua 3 điểm vừa nêu phải nằm trong mặt phẳng uốn, tuy vậy với mức độ gần đúng chấp nhận được thì chỉ cần ba điểm thẳng hàng. Trong tính toán thực tế để đạt được ba điểm thẳng hàng là tương đối khó, phải tính nhiều lần, vì vậy có thể chấp nhận điều kiện là ba điểm gần thẳng hàng. Lấy đường thẳng qua điểm đặt lực nén (E) và hợp lực của cốt thép chịu kéo (K) làm đường mốc, điểm đặt của bê tông và cốt thép vùng nén có thể lệch với đường mốc này với sai số cho phép $\frac{1}{20} h_{0max}$

Điểm đặt của lực N và của các hợp lực nói trên được xác định bằng tọa độ của chúng.

Lấy hai trục ox và oy . Tọa độ của điểm đặt lực đã được xác định bằng hai độ lệch tâm e_{ox} , e_{oy} hoặc khi kể đến uốn học là $\eta_x e_{ox}$, $\eta_y e_{oy}$,

Gọi tọa độ của các thanh cốt thép là x_i , y_i và hợp lực của cốt thép vùng kéo đặt tại điểm K có tọa độ x_K , y_K , hợp lực của các cốt thép vùng nén đặt tại điểm G có tọa độ x_G , y_G thì:

$$x_k = \frac{\sum a_i \sigma_i x_i}{\sum a_i \sigma_i}; y_k = \frac{\sum a_i \sigma_i y_i}{\sum a_i \sigma_i}$$

Tính x_K , y_K khi lấy tổng các cốt thép chịu kéo. Tương tự tính x_G , y_G khi lấy tổng các cốt thép chịu nén.

Điểm đặt hợp lực bê tông vùng nén là C (hình 2.4) có tọa độ x_C, y_C . Xác định x_C, y_C phụ thuộc vào hình dạng vùng nén là tam giác, hình thang hoặc ngũ giác (hình 2.2) với dạng vùng nén là hình thang với các cạnh đáy t_1, t_2 , chiều cao C_y như trên hình 2.4 thì:

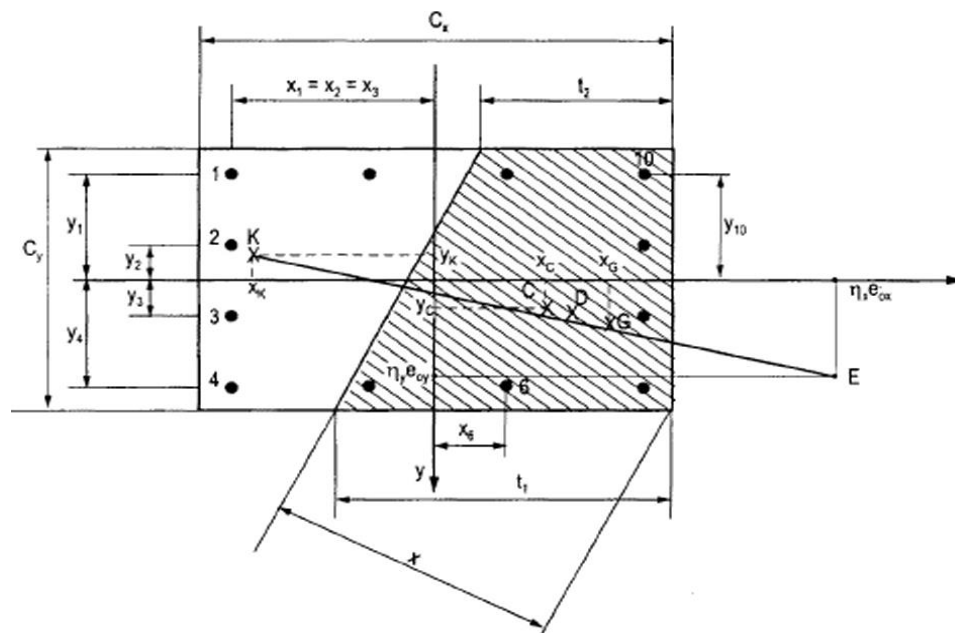
$$A_b = 0,5(t_1 + t_2)C_y$$

$$y_c = \frac{1}{12}(t_1 - t_2)C_y^2 = \frac{(t_1 - t_2)C_y}{6(t_1 + t_2)}$$

$$x_c = 0,5C_x - \frac{t_1^2 + t_2^2 + t_1 t_2}{3(t_1 + t_2)}$$

Với các dạng khác nhau của vùng nén cũng theo nguyên tắc thông thường để tìm tọa độ trọng tâm x_C, y_C .

Hợp lực của bê tông và của cốt thép vùng nén đặt tại điểm D, nằm vào khoảng giữa điểm C và G (hình 2.4).



Hình 2. 4. Sơ đồ xác định điểm đặt hợp lực

$$x_D = \frac{R_b A_n x_c + \sum \sigma_i a_i x_i}{R_b A_n + \sum \sigma_i a_i}$$

$$y_D = \frac{R_b A_n y_c + \sum \sigma_i a_i x_i}{R_b A_n + \sum \sigma_i a_i}$$

Lấy tổng các cốt thép trong vùng nén. Trong công thức tính x_D , y_D các ứng suất σ_i lấy theo giá trị tuyệt đối (hoặc xem ứng suất nén là dương để phù hợp với vì nén là âm thì R_b cũng lấy giá trị âm).

Đường thẳng KE đi qua điểm đặt hợp lực cốt thép vùng kéo và điểm đặt lực nén có phương trình:

$$y = ax + b$$

$$a = \frac{\eta_y e_{oy} - y_K}{\eta_x e_{ox} - x_K}; \quad b = y_K - ax_K = \eta_y e_{oy} - a \eta_x e_{ox}$$

Khi ba điểm K, D, E thẳng hàng thì tọa độ x_D , y_D phải là nghiệm đúng phương trình đường thẳng. Nếu điểm D ở ngoài đường thẳng thì độ lệch Δ bằng:

$$\Delta = \frac{y_D - (ax_D + b)}{\sqrt{a^2 + 1}}$$

Mức độ cho phép của độ lệch tâm là $\Delta \leq \frac{1}{20} h_{o\max}$

Trường hợp toàn bộ tiết diện chịu nén thì điểm đặt của hợp lực bê tông và cốt thép phải trùng với điểm đặt của lực nén (điểm D trùng với điểm E)

2.1.3. Biểu đồ tương tác

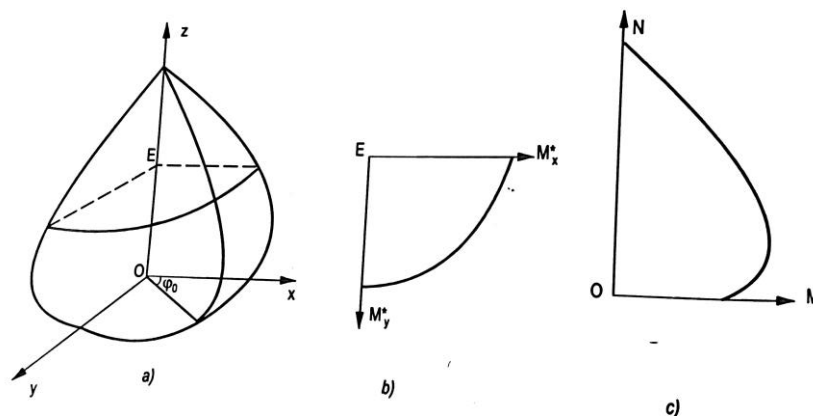
2.1.3.1. Mặt biểu đồ tương tác

Với nén lệch tâm xiên khả năng chịu lực được biểu diễn thành mặt biểu đồ tương tác. Đó là một mặt cong theo ba trục: trục đứng oz thể hiện giá trị

lực nén N , hai trục ngang ox , oy thể hiện mô men uốn M_x^* và M_y^* . Mỗi điểm trên mặt biểu đồ được xác định 3 thông số N, M_x^*, M_y^* (hình 2.5).

Với tiết diện và cốt thép đã cho trước, để đơn giản hóa mà vẫn đủ mức độ khái quát chúng ta chỉ xét trường hợp điểm K nằm trong góc một phân tư, với một đỉnh tiết diện chịu nén lớn nhất. Để xác định các giá trị N, M_x^*, M_y^* , chúng ta chọn biến số độc lập là vùng chịu nén thể hiện qua các thông số.

Giá trị lực N được tính theo công thức (2.3)



Hình 2. 5. Mặt biểu đồ tương tác nén lệch tâm xiên

Để tính M_x^*, M_y^* cần xác định tọa độ trọng tâm của A_b là x_c, y_c và tọa độ trọng tâm của thanh thép thứ i là $x_i; y_i$

$$M_x^* = R_b A_b x_c - \sum \sigma_{si} A_{si} x_i \quad (2.4a)$$

$$M_y^* = R_b A_b y_c - \sum \sigma_{si} A_{si} y_i \quad (2.4a)$$

Có thể cắt mặt biểu đồ tương tác bằng hai loại mặt phẳng:

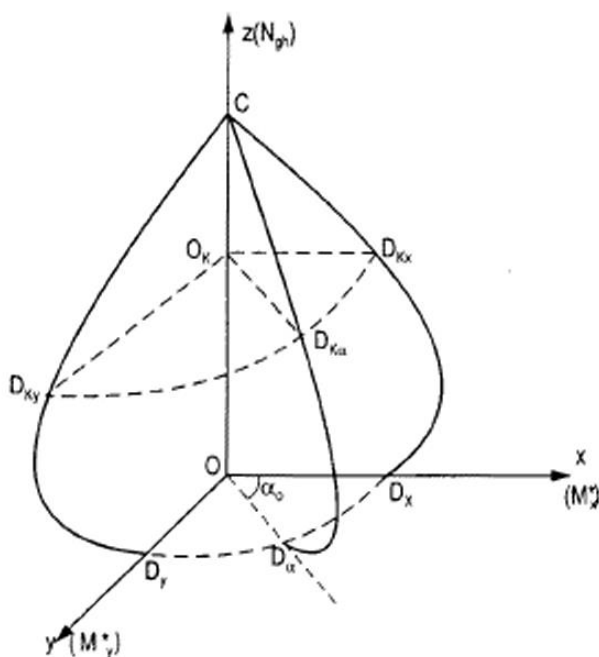
- Mặt phẳng ngang qua điểm E trên trục oz mà $OE=N$. Kết quả có được là một đường cong với hai trục M_x^* và M_y^* (hình 2.5b).

- Mặt phẳng đứng chứa trục oz và lập với trục o góc φ_0 mà $\text{tg}\varphi_0 = \frac{\eta_y e_{oy}}{\eta_x e_{ox}}$ **Kết quả có được là một biểu đồ tương tác với trục đứng N và trục ngang M**

$$\sqrt{M_x^2 + M_y^2} \text{ (hình 2.5c)}$$

Dùng các mặt cắt có thể dễ dàng kiểm tra khả năng chịu lực của tiết diện.

Mỗi điểm trên mặt biểu đồ được xác định bởi ba tọa độ x, y, z thể hiện các nội lực tương ứng (hình 2.6). Kí hiệu C, D_x, D_y là giao điểm các trục với mặt biểu đồ. Đường nét gạch $O_K D_{Kx} D_{Ky}$ là giao tuyến của một mặt phẳng ngang (song song với mặt xoy) với mặt phẳng tọa độ và mặt của biểu đồ. Đường cong $CD_{K\alpha}D_\alpha$ là giao tuyến của mặt phẳng đứng chứa trục oz với mặt biểu đồ.



Hình 2. 6. Mặt biểu đồ tương tác

2.1.3.2. Xác định tọa độ của mặt biểu đồ

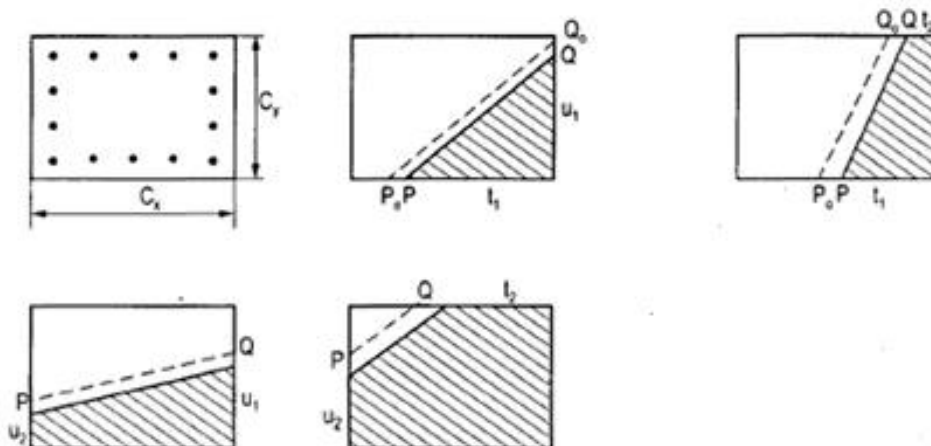
Xét một tiết diện với kích thước và bố trí cốt thép đã biết. Yêu cầu tính toán xác định tọa độ các điểm của mặt biểu đồ tương tác.

Để đơn giản hóa vấn đề mà vẫn đủ mức độ khái quát chúng ta chỉ xét ở phạm vi góc một phần tư, với một đỉnh tiết diện chịu nén lớn nhất.

Để tính toán, dùng biến số độc lập là hình dạng và kích thước vùng nén bê tông chịu nén. Về hình dạng có 5 trường hợp: 4 trường hợp như trên hình 2.2 và trường hợp toàn bộ tiết diện chịu nén, trục trung hòa nằm ngoài tiết diện. Mỗi một trường hợp trong 5 trường hợp đều có thể biểu diễn vùng nén bằng hai biến số: t_1, t_2 ; u_1, u_2 hoặc t_1, u_1 ; t_2, u_2 . Trong đó t là kích thước trên cạnh C_x (theo phương trục ox), u là kích thước trên cạnh C_y . Chỉ số 1 gắn với cạnh kề sát đỉnh chịu nén lớn nhất (hình 2.7). Kí hiệu giới hạn vùng nén bằng đoạn PQ và trục trung hòa P_0Q_0 . Ứng với mỗi vùng nén cho trước (cho trước điểm P và Q hoặc cho trước giá trị t, u) sẽ tính toán được diện tích vùng nén A_c , ứng suất trong từng thanh cốt thép σ_i . Từ đó xác định được điểm đặt hợp lực bê tông và cốt thép vùng nén D , điểm đặt hợp lực cốt thép chịu kéo k . Cũng xác định được trục chuẩn $U-U$ và tính các giá trị W_c, W_i .

Tính giá trị N_{gh} theo công thức (2.3)

Để tính M_x^*, M_y^* bằng cách lấy mô men đối với trục oy và ox của các hợp lực trong bê tông và trong cốt thép theo công thức (2.4a) và (2.4b)



Hình 2. 7. Dạng và kích thước vùng nén

Cũng có thể tính M_x^* , M_y^* theo một cách khác như sau:

$$\text{Tính } M_{gh}, \text{ từ đó tính độ lệch tâm } e = \frac{M_{gh}}{N_{gh}}$$

Nối điểm K với điểm D và kéo dài. Điểm đặt lực E nằm trên đường thẳng KD và cách trục chuẩn U-U một khoảng bằng e. Xác định được vị trí điểm E sẽ có tọa độ của nó là $\eta_x e_{ox}$ và $\eta_y e_{oy}$. Từ đó tính được M_x^* , M_y^* ta có được 3 tọa độ cần tìm.

Ứng với mỗi vị trí của PQ có được một điểm. Cho p, Q thay đổi (cũng như cho t, u thay đổi) sẽ tìm được mọi điểm của mặt biểu đồ. Chú ý rằng với một vị trí P có nhiều vị trí tương ứng của Q. Trong sơ đồ tính toán với t_1 và t_2 phải thỏa mãn $t_2 \leq t_1$. Trong sơ đồ tính với u_1 và u_2 thì $u_2 \leq u_1$

Việc tính và vẽ mặt biểu đồ tương tác mang nặng tính chất lý thuyết, thực tế còn ít được sử dụng vì việc tính toán quá phức tạp. Có thể lập chương trình máy tính để giảm nhẹ công việc tính toán

2.1.4. Các hình cắt của mặt biểu đồ

2.1.4.1. Cắt bằng mặt phẳng đứng

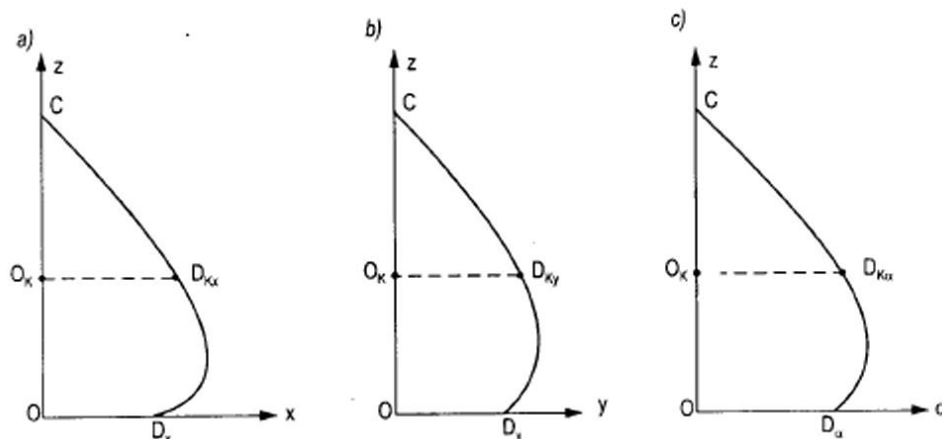
Cắt mặt biểu đồ bằng mặt phẳng đứng xoz sẽ có được đường cong CD_x . Đó là biểu đồ tương tác ứng với hai nội lực N và M_x còn $M_y = 0$ (hình 2.8 a)

Cắt bằng mặt phẳng yoz có đường cong CD_y là biểu đồ theo N và M_y còn $M_x = 0$ (Hình 2.8 b)

Các đường CD_x và CD_y là biểu đồ tương tác của nén lệch tâm phẳng theo hai phương ox và oy

Cắt bằng mặt phẳng
 αoz lập với mặt phẳng xoz một góc α_0 có đường cong CD_{α} , đó là biểu đồ tương tác

$$\sqrt{M_x^2 + M_y^2} \text{ với } M_x = M \cos\alpha; M_y = M \sin\alpha; \operatorname{tg}\alpha_0 = \frac{M_y}{M_x}$$



Hình 2.8. Biểu đồ tương tác của nén lệch tâm phẳng và xiên

2.1.4.2. Cắt bằng mặt phẳng đứng

Dùng mặt phẳng ngang song song với mặt xoy làm mặt cắt. Mặt phẳng này cắt trục oz tại điểm O_k ứng với giá trị N_K . Giao tuyến của mặt cắt và mặt biểu đồ là đường cong $D_{Kx} D_{Ky}$ (hình 2.9). Đó là biểu đồ tương tác của nén lệch tâm xiên ứng với lực nén N_K hằng số.

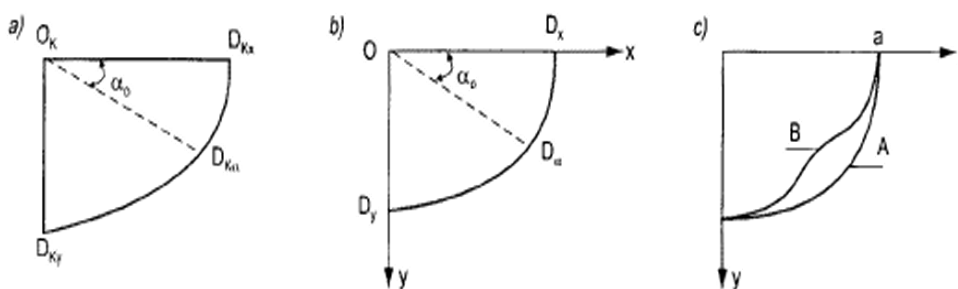
Đường cong $D_x D_y$ trên mặt phẳng xoy là trường hợp đặc biệt ứng với $N = 0$, đó là biểu đồ tương tác với trường hợp uốn xiên (hình 2.9b)

Đường cong $D_{Kx} D_{Ky}$ có dạng gần giống đường cong $D_x D_y$ với mức độ rộng hẹp có khác nhau tùy thuộc vào giá trị N_K . Hình dạng của các đường cong vừa nói phụ thuộc vào cách thức bố trí cốt thép trên tiết diện. Với tiết diện có cốt thép đặt đều theo chu vi và đối xứng qua hai trục, đường cong thường có dạng lồi (đường A hình 2.9c) với phương trình:

$$\left(\frac{x}{P_x}\right)^n + \left(\frac{y}{P_y}\right)^n = 1$$

$$P_x = O_K D_{Kx}; \quad q_y = O_K D_{Ky};$$

Khi xem đường cong là elip thì $n = 2$, còn xem là đường thẳng thì $n = 1$



Hình 2.9. Cắt mặt biểu đồ bằng mặt phẳng ngang

Về

bản

chất

$$p_x = M_{ox}^*; \quad q_y =$$

M_{oy}^* là khả năng chịu mô men ứng với trường hợp nén lệch tâm phẳng và $x =$

M_x^* ; $y = M_y^*$ là khả năng chịu mô men của trường hợp nén lệch tâm xiên thì

$$\left(\frac{M_x^*}{M_{ox}^*}\right)^{\alpha_1} + \left(\frac{M_y^*}{M_{oy}^*}\right)^{\alpha_2} = 1 \quad (2.5)$$

Trong tính toán thực hành lấy n phụ thuộc vào giá trị tương đối của N .

Trường hợp đặt cốt thép không đều, tập trung nhiều vào giữa các cạnh mà đặt ít hơn ở các góc thì đường cong có thể có phần lõm như đường B ở hình 2.9c. Trong thiết kế thực tế nên tránh trường hợp như thế này vì bất lợi cho sự làm việc chịu nén lệch tâm xiên. Đặt cốt thép nhiều hơn ở các góc thì độ lồi của đường cong sẽ lớn hơn, hiệu quả sử dụng vật liệu sẽ cao hơn.

Để có được biểu đồ như trên hình 2.8 và 2.9 không nhất thiết phải cắt ra từ mặt biểu đồ ở hình 2.6 mà hoàn toàn có thể vẽ riêng. Để vẽ biểu đồ 2.8a và 2.8b cần tính toán theo trường hợp nén lệch tâm phẳng. Biểu đồ ở hình 2.9b là

trường hợp uốn xiên, các giá trị ứng với D_x và D_y được xác định theo trường hợp uốn phẳng theo hai phương, cần tìm thêm một số giá trị D_α thì sẽ vẽ được biểu đồ.

Ở biểu đồ hình 2.9 a các điểm D_{Kx} và D_{Ky} được xác định từ biểu đồ 2.8 a và 2.8 b khi đã có điểm O_K (biết lực nén N_K). Điểm $D_{K\alpha}$ có thể được nội suy khi chấp nhận giả thiết đường cong D_{Kx} D_{Ky} có cùng dạng với đường $D_x D_y$. Suy ra:

$$O_K D_{K\alpha} = \frac{O_K D_{Kx} \left(\frac{\pi}{2} - \alpha_0 \right) + O_K D_{Ky} \alpha_0}{O D_x \left(\frac{\pi}{2} - \alpha_0 \right) + O D_y \alpha_0} O D_\alpha$$

Khi đã có được đoạn $O_K D_{K\alpha}$ ứng với giá trị N_K (điểm O_K) thì sẽ suy ra được biểu đồ ở hình 2.8 c

2.1.5. Phương pháp gần đúng tính cốt thép

Phương pháp gần đúng dựa trên việc biến đổi trường hợp nén lệch tâm xiên thành nén lệch tâm phẳng tương đương để tính cốt thép.

Xét tiết diện có cạnh C_x , C_y . Điều kiện để áp dụng phương pháp gần đúng là: $0,5 \leq \frac{C_x}{C_y} \leq 2$, cốt thép được đặt theo chu vi, phân bố đều hoặc mật độ cốt thép trên cạnh b có thể lớn hơn (cạnh b được giải tích ở bảng về mô hình tính)

Tiết diện chịu lực nén N , mô men uốn M_x , M_y , độ lệch tâm ngẫu nhiên e_{ax} , e_{ay} . Sau khi xét uốn dọc theo hai phương, tính được hệ số η_x , η_y . Mô men đã gia tăng M_{xl} ; M_{yl}

$$M_{xl} = \eta_x M_x; \quad M_{yl} = \eta_y M_y \quad (2.6)$$

Luận văn: Tính toán lệch tâm xiên cho cột bê tông cốt thép nhà cao tầng theo TCVN và các tài liệu khác

Tùy theo tương quan giữa giá trị M_{x1} , M_{y1} với kích thước các cạnh mà đưa về một trong hai mô hình tính toán (theo phương x hoặc y). Điều kiện và ký hiệu theo bảng sau:

Mô hình	Theo phương x	Theo phương y
Điều kiện	$\frac{M_{x1}}{C_x} > \frac{M_{y1}}{C_y}$	$\frac{M_{y1}}{C_y} > \frac{M_{x1}}{C_x}$
Ký hiệu	$h=C_x; b=C_y$ $M_1=M_{x1}; M_2 = M_{y1}$ $e_a=e_{ax} + 0,2 e_{ay}$	$h=C_y; b=C_x$ $M_1=M_{y1}; M_2 = M_{x1}$ $e_a=e_{ay} + 0,2 e_{ax}$

Giả thiết chiều dày lớp đệm a, tính $h_0 = h - a$; $Z = h - 2a$ chuẩn bị các số liệu

R_b, R_s, R_{sc}, ξ_R như đối với trường hợp nén lệch tâm phẳng.

Mỗi loại cột lấy 2 tiết diện tại chân cột và đỉnh cột, mỗi tiết diện lấy bộ 4 nội lực sau:

N_{max} và M_{x-tu} và M_{y-tu}

N_{tu} và M_{x-max} và M_{y-tu}

N_{tu} và M_{x-tu} và M_{y-max}

M_x và M_y đều lớn

Có độ lệch tâm $e_{1x} = \frac{M_x}{N}$ lớn

Có độ lệch tâm $e_{1y} = \frac{M_y}{N}$ lớn

Tuy nhiên bằng việc ứng dụng Excel vào trong tính toán, ta không cần lọc ra các cặp nội lực và tính với từng cặp mà sử dụng Excel tính hết tất cả

Luận văn: Tính toán lệch tâm xiên cho cột bê tông cốt thép nhà cao tầng theo TCVN và các tài liệu khác

các bộ 3 nội lực tương ứng với mỗi tổ hợp tải tại mỗi tiết diện, từ đó cho ta tất cả kết quả As tương ứng, ta chọn As lớn nhất để bố trí.

*) Các bước tính toán:

Xác định chiều dài tính toán: $l_{ox} = \psi_x \times l$
 $l_{oy} = \psi_y \times l$

Đối với khung nhiều tầng và có từ 3 nhịp trở lên hệ số $\psi=0.7$

Kiểm tra điều kiện tính toán gần đúng cột nén lệch tâm xiên

$0.5 \leq \frac{C_x}{C_y} \leq 2$ với C_x và C_y là các cạnh của tiết diện cột theo phương X và

Y

Tính toán độ ảnh hưởng của uốn dọc theo 2 phương

Độ lệch tâm ngẫu nhiên: $e_{ax} = \max\left(\frac{l_{ox}}{600}; \frac{C_x}{30}\right); e_{ay} = \max\left(\frac{l_{oy}}{600}; \frac{C_y}{30}\right)$

Độ lệch tâm tĩnh học: $e_{1x} = \frac{M_x}{N}; e_{1y} = \frac{M_y}{N}$

Độ lệch tâm tính toán: $e_{ox} = \max(e_{ax}, e_{1x}); e_{oy} = \max(e_{ay}, e_{1y})$

Độ mảnh theo 2 phương: $\lambda_x = \frac{l_{ox}}{i_x} = \frac{l_{ox}}{0.288C_x}; \lambda_y = \frac{l_{oy}}{i_y} = \frac{l_{oy}}{0.288C_y}$

Tính hệ số ảnh hưởng của uốn dọc:

Theo phương X:

Nếu $\lambda_x \leq 28 \Rightarrow \eta_x = 1$ (bỏ qua ảnh hưởng của uốn dọc)

Nếu $\lambda_x > 28 \Rightarrow \eta_x = \frac{1}{1 - \frac{N}{N_{cr}^x}}$ (kê đến ảnh hưởng của uốn dọc);

Trong đó:

$$N_{cr}^x = \frac{2.5 \times \theta_x \times E_b \times J_x}{l_{ox}^2}; \theta = \frac{0.2 \times e_{ox} + 1.05 \times C_x}{1.5 \times e_{ox} + C_x}; J_x = \frac{C_x^3 \times C_y}{12}$$

Momen tăng lên do uốn dọc: $M_x^* = M \times \eta_x$

Theo phương Y: tương tự phương X

Quy đổi bài toán lệch tâm xiên về bài toán lệch tâm phẳng tương đương

Đưa về bài toán lệch tâm phẳng tương đương theo phương X hoặc phương Y

Trường hợp 1:

$$\text{Nếu } \frac{M_x^*}{C_x} > \frac{M_y^*}{C_y} \text{ thì } h = C_x; b = C_y; M_1 = M_y^*; M_2 = M_x^*; e_a = e_{ax} + 0.2 \times e_{ay}$$

Trường hợp 2:

$$\text{Nếu } \frac{M_x^*}{C_x} < \frac{M_y^*}{C_y} \text{ thì } h = C_y; b = C_x; M_1 = M_x^*; M_2 = M_y^*; e_a = e_{ay} + 0.2 \times e_{ax}$$

Tính toán diện tích cốt thép

$$\text{Tính } x_1 = \frac{N}{\gamma_b \times R_b \times b} \quad (\gamma_b: \text{hs điều kiện làm việc của bt khi đổ theo phương}$$

đứng)

$$\text{Khi } x_1 < h_o \rightarrow m_o = 1 - \frac{0.6 \times x_1}{h_o}$$

$$\text{Khi } x_1 > h_o \rightarrow m_o = 0.4$$

$$M = M_1 + m_o \times M_2 \times \frac{h}{b}$$

$$\text{Độ lệch tâm tính toán: } e = e_o + \frac{h}{2} - a; e_o = \max(e_a, e_1); e_1 = \frac{M}{N}$$

Trường hợp 1:

$$\varepsilon = \frac{e_o}{h_o} \leq 0.3 \rightarrow \text{Nén lệch tâm rất bé, tính toán gần như nén đúng tâm}$$

$$\text{Hệ số lệch tâm } \gamma_e = \frac{1}{(0.5 - \varepsilon) \times (2 + \varepsilon)}$$

$$\text{Hệ số uốn dọc phụ khi xét thêm nén đúng tâm: } \varphi_e = \varphi + \frac{(1 - \varphi) \times \varepsilon}{0.3}$$

$$\text{Khi } \lambda \leq 14 \rightarrow \varphi = 1$$

$$\text{Khi } 14 < \lambda < 104 \rightarrow \varphi = 1.028 - 0.000028\lambda^2 - 0.0016\lambda$$

$$\text{Với } \lambda = \max(\lambda_x, \lambda_y)$$

$$\text{Diện tích cốt thép tính như sau: } A_{st} = \frac{\frac{\gamma_e \times N}{\varphi_e} - \gamma_b \times R_b \times b \times h}{R_{sc} - \gamma_b \times R_b}$$

$$\text{Trường hợp 2: } \varepsilon = \frac{e_o}{h_o} > 0.3 \text{ và } x_1 > \xi_R \times h_o \rightarrow \text{Nén lệch tâm bé, xác định}$$

$$\text{chiều cao vùng chịu nén } x \text{ theo công thức sau: } x = \left(\xi_R + \frac{1 - \xi_R}{1 + 50 \times \varepsilon_o^2} \right) \times h_o; \varepsilon_o = \frac{e_o}{h}$$

Diện tích cốt thép tính như sau:

$$A_{st} = \frac{N \times e - \gamma_b \times R_b \times b \times x \times \left(h_o - \frac{x}{2} \right)}{0.4 \times R_{sc} \times Z_a}; Z_a = h_o - a$$

Trường hợp 3:

$$\varepsilon = \frac{e_o}{h_o} > 0.3 \text{ và } x_1 \leq \xi_R \times h_o \rightarrow \text{nén lệch tâm lớn}$$

Diện tích cốt thép tính như sau:
$$A_{st} = \frac{N \times (e + 0.5 \times x_1 - h_o)}{0.4 \times R_s \times Z_a}$$

Kiểm tra hàm lượng thép

Thỏa yêu cầu $\mu_{\min} \leq \mu \leq \mu_{\max}$ với

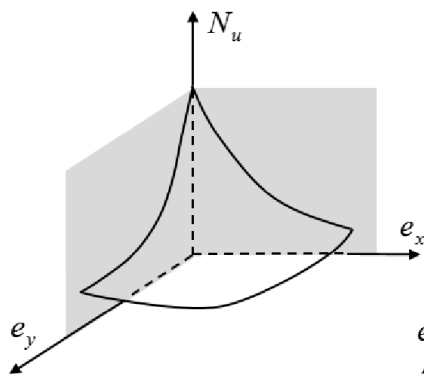
$\mu_{\max} = 6\%$ khi không có thiết kế chống động đất

$\mu_{\max} = 3\%$ khi có thiết kế chống động đất

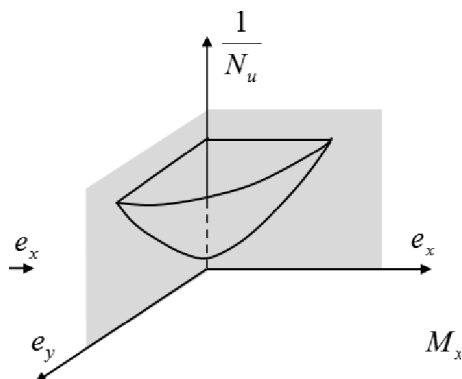
μ_{\min} phụ thuộc độ mảnh λ

2.1.6. Mặt phá hoại và các phương pháp biểu diễn xấp xỉ [2]

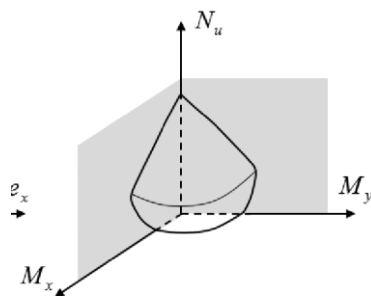
Lực nén giới hạn N_u tác dụng lên cột với các độ lệch tâm e_x và e_y phụ thuộc chủ yếu vào kích thước tiết diện cột, đặc trưng cơ học của vật liệu, số lượng và cách bố trí cốt thép trong tiết diện, ngoài ra nó cũng phụ thuộc vào chiều dày lớp bê tông bảo vệ, loại và cách bố trí cốt đai. Việc thành lập công thức giải tích để xác định lực dọc giới hạn của cột, phụ thuộc vào các tham số nêu trên là khá phức tạp, do sự phức tạp của việc xác định trục trung hòa. Biểu diễn toán học của lực dọc giới hạn được giả thiết là một hàm tạo nên một mặt phá hoại $S_1(N_u, e_x, e_y)$, hình 2.10. Mặt $S_1(N_u, e_x, e_y)$ có thể được biểu diễn xấp xỉ như mặt $S_2(\frac{1}{N_u}, e_x, e_y)$, hình 2.11, hay mặt $S_3(N_u, M_x, M_y)$, hình 2.12



Hình 2. 10. Mặt phá hoại $S_1(N_u, e_x, e_y)$



Hình 2. 11. Mặt phá hoại $S_2(\frac{1}{N_u}, e_x, e_y)$



Hình 2. 12. Mặt phá hoại $S_3(N_u, M_x, M_y)$,

2.1.6.1. Phương pháp tải trọng nghịch đảo [2]

Phương pháp này được xây dựng dựa vào mặt S_2 và được biểu diễn xấp xỉ như phương trình (2.25):

$$\frac{1}{N_u} = \frac{1}{N_{x0}} + \frac{1}{N_{y0}} - \frac{1}{N_{u0}} \quad (2.25)$$

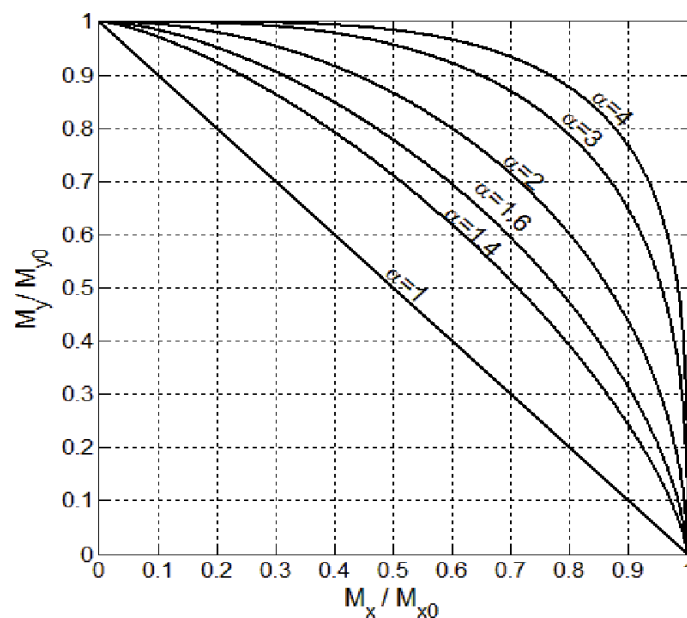
Trong đó, N_u – giá trị gần đúng của lực nén giới hạn của cột chịu nén lệch tâm xiên, với các độ lệch tâm là e_x, e_y . N_{u0} – lực nén giới hạn của cột chịu nén đúng tâm.

2.1.6.2. Phương pháp đường viền tải trọng [2]

Phương pháp này được xây dựng dựa vào mặt S_3 , và được biểu diễn như phương trình (2.26):

$$\left(\frac{M_x}{M_{x0}}\right)^{\alpha_1} + \left(\frac{M_y}{M_{y0}}\right)^{\alpha_2} = 1 \quad (2.26)$$

Trong đó: M_x, M_y lần lượt là mô men thiết kế lấy đối với trục x và trục y, M_{x0}, M_{y0} lần lượt là mô men giới hạn khi lực dọc chỉ đặt lệch tâm theo phương y, và theo phương trục x. Các số mũ α_1, α_2 phụ thuộc vào kích thước mặt cắt ngang, diện tích và cách bố trí cốt thép $\alpha_2 = \alpha$, khi đó, đường tương tác được thể hiện trong hình 2.13. Trong thiết kế thực 1, 5 cho tiết diện chữ nhật, $\alpha = 1, 5 \div 2, 0$ cho tiết diện vuông.



Hình 2.13. Đường tương tác để xác định hệ số α

2.1.7. Họ biểu đồ tương tác theo TCVN 5574:2012 [2]

Hình 2.14 biểu thị cột chịu nén lệch tâm phẳng, cốt thép theo chu vi

Từ hình 2.14, viết phương trình cân bằng lực lên phương trục cột, và phương trình cân bằng mô men với trục cột, lần lượt được

$$N_u = R_b b x - \sum \sigma_{si} A_{si} \quad (2.27)$$

$$M_u = N_u \eta e_0 = R_b b x \left(\frac{h}{2} - \frac{x}{2}\right) + \sum \sigma_{si} A_{si} z_{si} \quad (2.28)$$

Trong đó: N_u – Lực nén giới hạn, M_u – Mô men giới hạn trong mặt phẳng chứa cạnh h , η – hệ số kể đến ảnh hưởng của uốn dọc, R_b – cường độ chịu nén tính toán của bê tông. Các ký hiệu còn lại trên hình 2.14

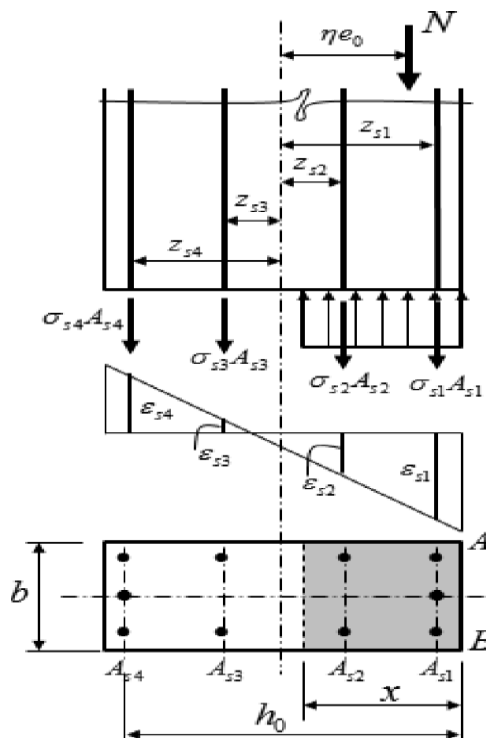
Ứng suất trong lớp cốt thép thứ i , σ_{si} được tính theo công thức thực nghiệm (2.29), như dưới đây. Ta thấy rằng, σ_{si} phụ thuộc vào hai tham số cơ bản, là cường độ chịu nén tính toán của bê tông R_b , và chiều cao vùng nén quy đổi x , (tương ứng là vị trí trục trung hòa)

$$\sigma_{si} = \frac{\sigma_{sc,u}}{1 - \frac{\omega}{1,1}} \left(\frac{\omega}{\xi_i} - 1 \right) \quad (2.29)$$

$$\xi_i = \frac{x}{h_{0i}} \quad (2.30)$$

Trong đó $\sigma_{sc,u} = 500(MPa)$, $\omega = 0,85 \div 0,008R_b$

h_{0i} là khoảng cách từ trọng tâm lớp thép thứ i đến mép chịu nén AB, hình 2.14



Hình 2.14. Cột chịu nén lệch tâm phẳng, cốt thép đặt theo chu vi

Trong phương trình (2.29), nếu $\sigma_{si} < 0$ thì lớp cốt thép thứ i chịu nén, nếu $\sigma_{si} > 0$ thì lớp cốt thép thứ i chịu kéo. Trong mọi trường hợp, ứng suất trong cốt thép $\sigma_{si} \leq R_s$, với R_{sc} , R_s lần lượt là cường độ chịu nén tính toán và cường độ chịu kéo tính toán của cốt thép.

Các phương trình (2.27) đến (2.30) là bốn phương trình cơ bản được sử dụng để xây dựng các họ biểu đồ tương tác. Thông thường, các họ biểu đồ được xây dựng không phụ thuộc vào kích thước tiết diện, mà phụ thuộc vào cường độ tính toán của vật liệu, R_b , R_s , R_{sc} , hàm lượng cốt thép dọc μ_t , khoảng cách từ trọng tâm cốt thép đến mép tiết diện a/h .

Ví dụ, áp dụng các phương trình (2.27) đến (2.30) cho tiết diện có 12 thanh cốt dọc (trên mỗi cạnh có 4 thanh), hình 2.15, ta được các phương trình để xây dựng họ biểu đồ tương tác như sau:

$$\frac{N_u}{bh} = R_b \xi \left(1 - \frac{a}{h}\right) + \frac{1}{3} \mu_t (R_{sc} - \sigma_s) - \frac{1}{6} (\sigma_{s1} + \sigma_{s2}) \quad (2.31)$$

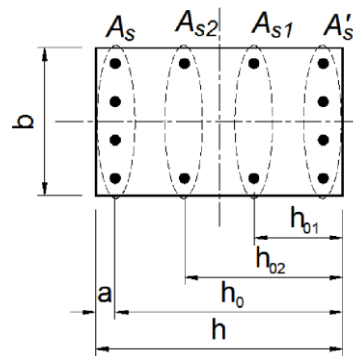
$$\frac{M_u}{bh^2} = R_b \xi \left(1 - \frac{a}{h}\right) \left(\frac{1}{2} - \frac{\xi}{2} \left(1 - \frac{a}{h}\right)\right) + (R_{sc} + \sigma_s) \frac{1}{3} \mu_t \left(\frac{1}{2} - \frac{a}{h}\right) - (\sigma_{s1} - \sigma_{s2}) \frac{1}{18} \mu_t \left(\frac{1}{2} - \frac{a}{h}\right) \quad (2.32)$$

$$\xi_i = \frac{x}{h_{01}} = \frac{\xi h_0}{h_{01}} = 3 \xi \frac{1-a/h}{1+a/h} \quad (2.33)$$

$$\sigma_{s1} = \frac{500}{1 - \frac{0,85-0,008R_b}{1,1}} \left(\frac{0,85-0,008R_b}{3 \xi \frac{1-a/h}{1+a/h}} - 1 \right) \quad (2.34)$$

$$\xi_2 = \frac{x}{h_{02}} = \frac{\xi h_0}{h_{02}} = \frac{3 \xi (1-a/h)}{2 (1-a/2h)} \quad (2.35)$$

$$\sigma_{s2} = \frac{500}{1 - \frac{0,85-0,008R_b}{1,1}} \left(\frac{0,85-0,008R_b}{\frac{3 \xi (1-a/h)}{2 (1-a/2h)}} \right) \quad (2.36)$$



Hình 2. 15. Tiết diện có 12 thanh cốt dọc

Trong hình 2.15, ứng suất trong cốt thép A'_s luôn đạt R_{sc} , ứng suất trong cốt thép A_s có thể là ứng suất kéo hay ứng suất cho trước.

Nếu

$\xi \leq \xi_R$ thì $\sigma_s = R_s$, nếu $\xi >$

ξ_R thì σ_s được tính theo công thức (2.37) cho bê tông không lớn hơn B30, hoặc

$R_{sc} \leq \sigma_s \leq R_s$

$$\sigma_s = \left(\frac{2-2x/h_0}{1-\xi_R} - 1 \right) R_s \quad (2.37)$$

Từ các phương trình (2.31), (2.32), chọn trước R_b , R_s , R_{sc} , a/h và cho ξ chạy trong khoảng $[0, 1]$ cho $\mu_t =$

$A_{st}bh$ chạy trong khoảng $[0, 5\%, 6\%]$ ta sẽ vẽ được họ biểu đồ tương tác không

2.2. Tính toán và kiểm tra khả năng chịu lực cho cột chịu nén lệch tâm xiên theo tiêu chuẩn Hoa Kỳ ACI 318:2002

Khi tính toán và thiết kế kết cấu công trình xây dựng theo đồ không gian, kết quả tính toán cho thấy rằng trong cột xuất hiện lực dọc trục P_u và các mômen M_u theo hai phương x và y (x, y là các trục vuông góc của tiết diện). Khi đó, người ta còn gọi là cột chịu nén lệch tâm xiên.

Tính toán cột bê tông cốt thép tiết diện chữ nhật chịu nén lệch tâm xiên có thể tiến hành theo ba quy trình sau đây [3]:

2.2.1. Quy trình thứ nhất

Độ lệch tâm e_x và e_y của lực dọc trục được thay thế bằng độ lệch tâm tương đương e_{ox} . Khi đó, cột chịu nén lệch tâm xiên được thiết kế như cột chịu nén lệch tâm theo một phương gồm lực dọc trục và độ lệch tâm e_{ox} .

$$M_{uy} = P_u \cdot e_x \text{ và } M_{ux} = P_u \cdot e_y$$

Nếu $\frac{e_x}{x} \geq \frac{e_y}{y}$ thì cột được thiết kế với lực dọc trục tính toán P_u và mô men uốn tính toán $M_{oy} = P_u \cdot e_{ox}$, trong đó:

$$e_{ox} = e_x \frac{\alpha e_y}{y} \quad (2.38)$$

Giá trị hệ số α được xác định như sau:

Trong trường hợp $\frac{P_u}{f'_c A_g} \leq 0,4$

$$\alpha = \left(0,5 + \frac{P_u}{f'_c A_g} \right) \frac{f_y + 40000}{100000} \geq 0,6 \quad (2.39a)$$

Hoặc (nếu tính theo đơn vị kg, cm², kg/cm²):

$$\alpha = \left(0,5 + \frac{P_u}{f'_c A_g} \right) \frac{f_y + 2800}{7000} \geq 0,6 \quad (2.39b)$$

Trong trường hợp $\frac{P_u}{f'_c A_g} > 0,4$:

$$\alpha = \left(1,3 - \frac{P_u}{f'_c A_g} \right) \frac{f_y + 40000}{100000} \geq 0,5 \quad (2.40a)$$

Hoặc (nếu tính theo đơn vị kg, cm², kg/cm²):

$$\alpha = \left(1,3 - \frac{P_u}{f'_c A_g} \right) \frac{f_y + 2800}{7000} \geq 0,5 \quad (2.40b)$$

Trong đó:

p_u – Lực dọc tính toán, lb (kg);

M_u – Mô men uốn tính toán, lb.in (kg.cm)

e_x, e_y, e_{ox} – Độ lệch tâm của lực dọc, in (cm)

f'_c - Độ bền nén của bê tông, psi (kg/cm²)

f_y – Giới hạn chảy của cốt thép, psi (kg/cm²)

A_g – Diện tích toàn bộ tiết diện, in² (cm²)

x, y – Kích thước các cạnh của tiết diện chữ nhật, in (cm).

Nếu phương trình $\frac{e_x}{x} \geq \frac{e_y}{y}$ không thỏa mãn, các giá trị x và y, e_x và e_y trong biểu thức (2.28) được thay thế cho nhau tương ứng:

$$M_n = 0,85 f'_c A_c + \Sigma A'_s f'_s \left(\frac{h}{2} - d'_i \right) + \Sigma A_s f_s \left(d_i - \frac{h}{2} \right) \quad (2.41)$$

Quy trình này chỉ được dùng trong trường hợp tiết diện cột đối xứng theo hai phương và tỷ lệ kích thước của tiết diện x/y nằm trong khoảng từ 0,5 – 2,0. Cốt thép dọc trong cột được bố trí trên cả bốn mặt cột.

2.2.2. Quy trình thứ hai

Quy trình này sử dụng phương pháp “đường bao tải trọng” để tính toán cột chịu nén lệch tâm xiên. Theo đó, mặt phẳng trung gian làm thành một góc λ so với mặt phẳng POMx, cắt mặt cong tương tác $P_n - M_{nx} - M_{ny}$ tại đường (c) (hình 2.16) là mặt phẳng phá hoại và đường (c) là đường phá hoại đối với cột chịu nén đồng thời với mô men uốn.

$$\lambda = \arctg \frac{e_x}{e_y} = \arctg \frac{M_{ny}}{M_{nx}} \quad (2.42)$$

Đường bao tải trọng là đường tạo giao diện giữa mặt phẳng $M_{nx} - M_{ny}$ tại cao độ P_n và mặt cong tương tác. Khi đó, phương trình tương tác của đường bao tải trọng như sau:

$$\left(\frac{M_{nx}}{M_{nx0}}\right)^{\alpha_1} + \left(\frac{M_{ny}}{M_{ny0}}\right)^{\alpha_2} = 1 \quad (2.43)$$

Trong đó:

$$M_{nx} = P_n e_y \text{ và } M_{nx0} = M_{nx} \text{ khi } M_{ny} = 0$$

$$M_{ny} = P_n e_x \text{ và } M_{ny0} = M_{ny} \text{ khi } M_{nx} = 0$$

$$P_n = 0,85 f'_c A_c + \Sigma A'_s f'_s - \Sigma A_s f_s \quad (2.44)$$

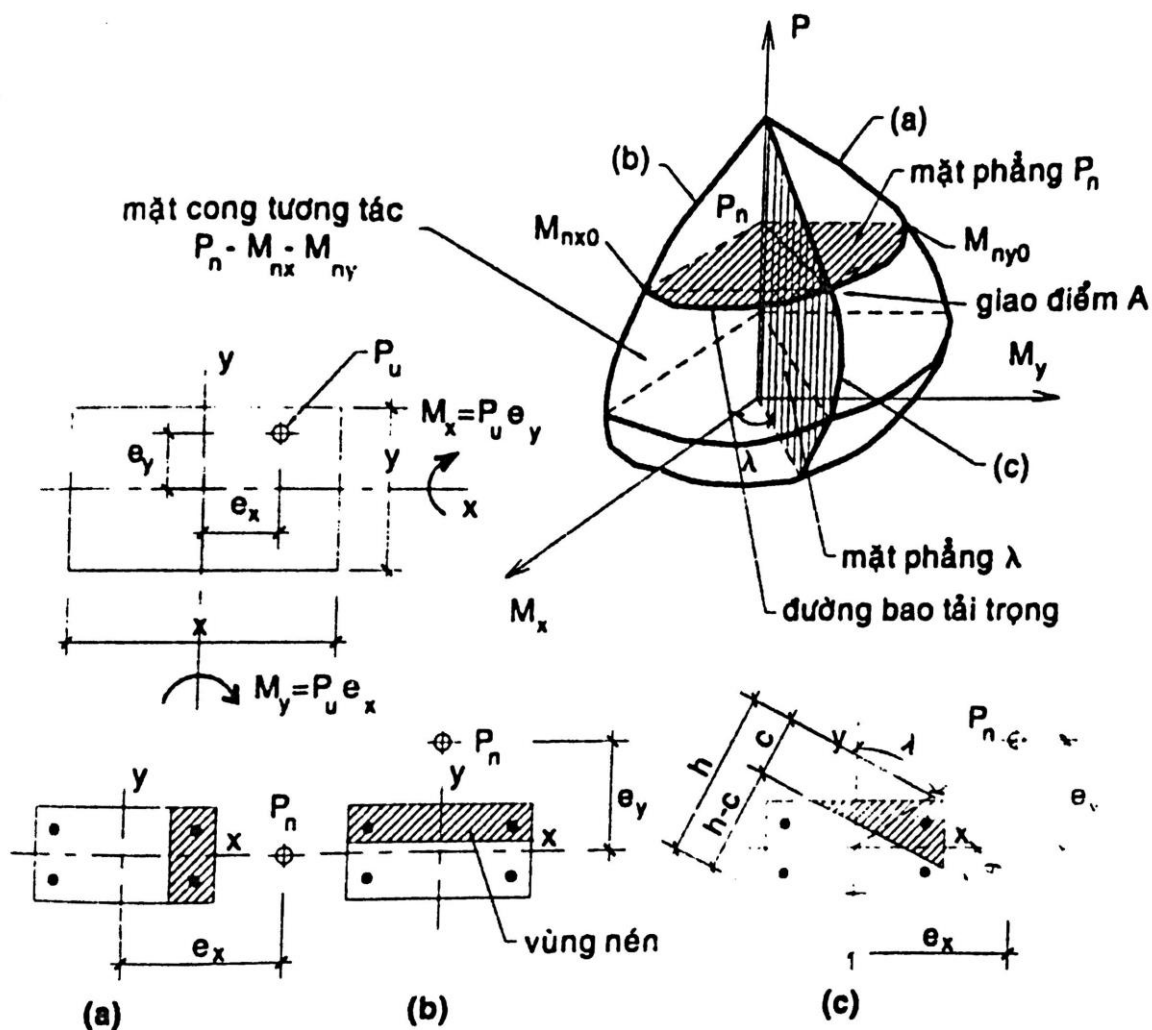
Giá

trị

α_1, α_2 phụ thuộc vào kích thước cột, đường kính và sự phân bố cốt thép trong
 $\alpha_2 = \alpha$, phương trình (2.43) viết thành:

$$\left(\frac{\Phi M_{nx}}{\Phi M_{nx0}}\right)^{\alpha} + \left(\frac{\Phi M_{ny}}{\Phi M_{ny0}}\right)^{\alpha} = 1 \quad (2.45)$$

Theo các kết quả nghiên cứu của Bresler, giá trị **$\alpha = 1,15 \div 1,55$ đối với tiết diện chữ nhật. Lưu ý rằng, các giá trị α càng gần với giá trị thấp (1,15) thì càng an toàn**



Hình 2.16. Mặt cong tương tác $P_n - M_{nx} - M_{ny}$ và điểm mô men tính toán

2.2.3. Quy trình thứ ba

Theo quy phạm độ bền của cột chịu nén lệch tâm xiên có thể tính toán và kiểm tra theo phương trình:

$$\frac{1}{P_u} = \frac{1}{\Phi P_{nx}} + \frac{1}{\Phi P_{ny}} - \frac{1}{\Phi P_{n0}} \quad (2.46)$$

Trong đó:

P_u – Lực dọc tính toán, lb (kg)

ΦP_{nx} – Độ bền thiết kế theo lực nén dọc trục tương ứng với độ lệch tâm e_x ($e_y = 0$), lb (kg)

ΦP_{ny} – Độ bền thiết kế theo lực nén dọc trục tương ứng với độ lệch tâm e_y ($e_x = 0$), lb (kg)

ΦP_{n0} – Độ bền thiết kế theo lực nén dọc trục khi độ lệch tâm $e_x = 0$, $e_y = 0$, lb (kg)

Phương trình (2.46) được quy phạm sử dụng là phương trình tương tác Bresler và trong các tài liệu của Hoa Kỳ gọi là “phương pháp lực tương hỗ”. Phương trình này cũng được sử dụng để tính toán cột chịu nén lệch tâm xiên theo tiêu chuẩn Việt Nam.

Kết luận :

Trong bài toán thiết kế cột chịu nén lệch tâm xiên, thường tiết diện và cốt thép được chọn và thử dần đến khi nó thỏa mãn khả năng chịu lực (thể hiện rõ ở hai phần đã nêu trên, theo tiêu chuẩn TVCN 5574:2012 và ACI 318:2002)

Tuy nhiên cho kết quả tính toán theo tiêu chuẩn ACI 318-2002 và theo tiêu chuẩn TCVN 5574-2012 khác nhau do:

	ACI 318-2002	TCVN 5574-2012
P h u ơ n g p h áp	Thiết lập đường cong tương tác dùng để tính toán, với một mặt cắt ngang và sơ đồ đặt cốt thép cho trước, người ta có thể vẽ được một biểu đồ tương tác cho tải dọc trục và sự uốn đối với trục này hay trục khác, các biểu đồ tương tác này tạo thành hai cạnh của mặt tương tác đối với tải dọc trục và sự uốn quanh hai trục, tính toán mỗi vị trí trên mỗi mặt.	Nguyên tắc của phương pháp là tính gần đúng quy đổi nén lệch tâm xiên thành nén lệch

		tâm phẳng tương đương và dùng công thức nén lệch tâm phẳng để tính toán
Tải trọng tính toán	- Tải trọng tính toán = Tải trọng sử dụng x Hệ số tải trọng	- Tải trọng tính toán = Tải trọng tiêu chuẩn x Hệ số độ tin cậy
Điều kiện hạn chế	- Để ngăn ngừa khả năng phá hoại giòn của kết cấu, hàm lượng cốt thép chịu kéo ρ phải nhỏ hơn hàm lượng cốt thép cân bằng. Hàm lượng $\rho_{max} = 0,003$ và cốt thép đạt đến giới hạn chảy. Tuy nhiên, để $\rho_{max} = 0,75 \rho_b$ - Giới hạn chảy của cốt thép chịu nén phải nhỏ hơn hoặc bằng 4200kg/cm ²	- Để ngăn ngừa khả năng phá hoại giòn, chiều cao vùng bê tông chịu nén phải hạn chế

		<p>theo điều kiện $x \leq \alpha_0 h_0$ và μ_{\min}</p> <p>- Khi bố trí cốt thép chịu nén, xuất phát từ điều kiện biến dạng giới hạn của bê tông khi</p>
--	--	--

		nén, hạn chế cường độ tính toán của cột thép $R'_a =$ 3600kg/cm 2
--	--	---

CHƯƠNG 3: VÍ DỤ TÍNH TOÁN

3.1. Tính toán và kiểm tra khả năng chịu lực của cột chịu nén lệch tâm xiên theo phương pháp tải trọng nghịch đảo, và đường viền tải trọng

áp dụng theo tiêu chuẩn Việt Nam TCVN 5574:2012 và kiểm tra khả năng chịu lực của cột theo phương trình Bresler áp dụng theo tiêu chuẩn Hoa Kỳ 318:2002.

- Dữ liệu quy đổi trong các ví dụ để phù hợp khi áp dụng tiêu chuẩn Hoa Kỳ:

+ Chiều dài: 1 in = 25,4mm = 2,54 cm

+ Lực: 1 Kip = 1000 lb = 4,48 KN

+ Mômen: 1ft-kip = 1,365 KN.m = 138,379 Kg.m

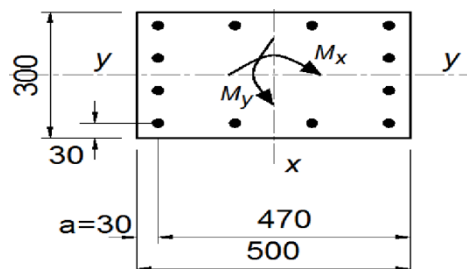
+ Áp lực: 1psi = 6,895 Kpa = 6,895 KN/m²

Ví dụ 1: Tính toán và kiểm tra khả năng chịu lực của cột chịu nén lệch tâm xiên theo phương pháp tải trọng nghịch đảo và đường viền tải trọng áp dụng theo tiêu chuẩn Việt Nam TCVN 5574:2012

Tính toán cốt dọc cho cột của khung siêu tĩnh chịu nén lệch tâm xiên. Biết kích thước tiết diện là 300 x 500 mm. Độ lệch tâm ngẫu nhiên theo phương x là $e_{ax} = 15$ mm, theo phương y là $e_{ay} = 10$ mm. Lực nén tính toán $N = 1500$ kN, mômen uốn tính toán theo hai phương lần lượt là $M_x = 200$ kNm, $M_y = 100$ kNm. Bê tông B25 có $R_b = 14,5$ MPa, hệ số điều kiện làm việc của bê tông,

$\gamma_b = 1$, cốt thép nhóm CIII có $R_s = R_{sc} =$

365 MPa. Hệ số kể đến ảnh hưởng của uốn dọc $\eta_x = \eta_y = 1,0$. Chiều dày lớp bê tông bảo vệ $c_0 = 20$ mm



Hình 3. 1: Tiết diện cột cho thí dụ

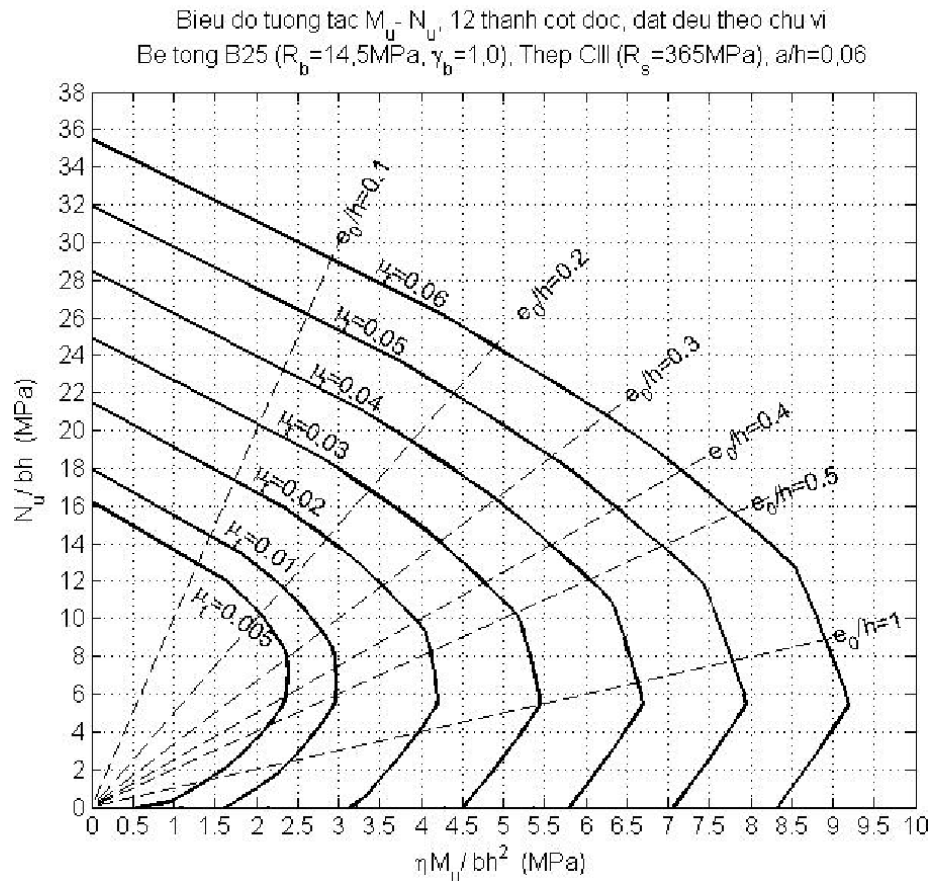
Lời giải:

Luận văn: Tính toán lệch tâm xiên cho cột bê tông cốt thép nhà cao tầng theo TCVN và các tài liệu khác

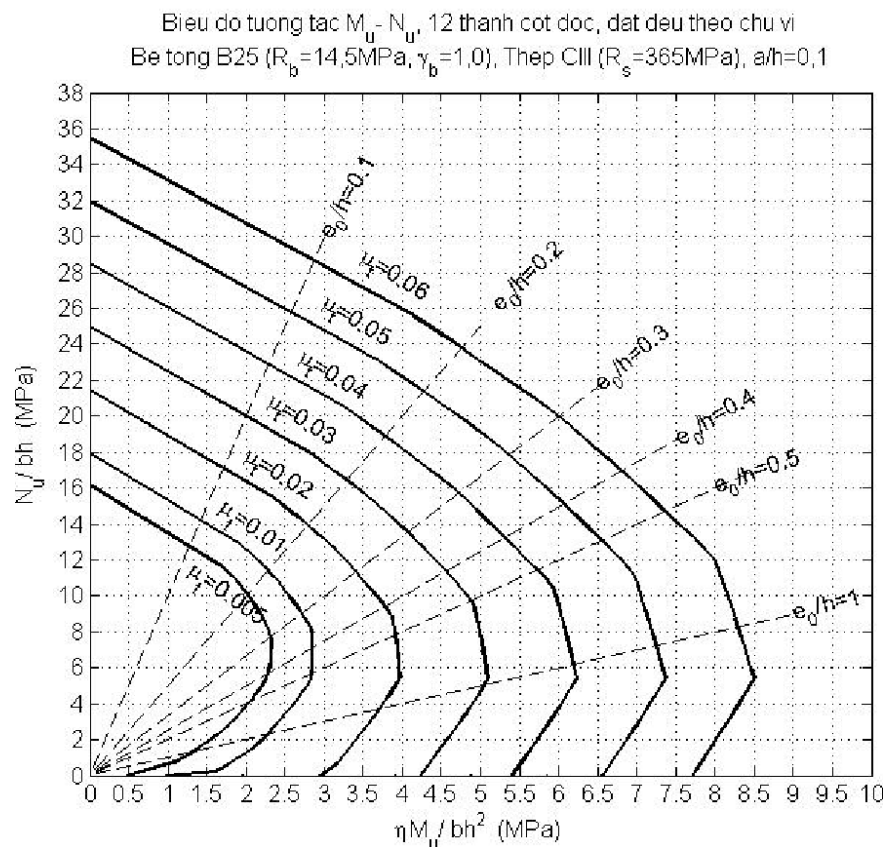
Chọn trước cốt thép chịu lực $12\Phi 18$ có $A_{st} = 3052 \text{ mm}^2$,

$$\mu_t = \frac{A_{st}}{bh} = 2,03\%$$

Bố trí như hình 3.1, mỗi cạnh có 4 thanh thép, sau đó kiểm tra tiết diện đã chọn theo phương pháp tải trọng nghịch đảo và phương pháp đường viền tải trọng. Họ biểu đồ tương tác cho tiết diện 12 thanh, ứng với $\frac{a}{h} = 0,06$ và $\frac{a}{h} = 1$ được xây dựng theo TCVN 5574, và được thể hiện trên hình 3.2 và 3.3. Từ các họ biểu đồ này, ta tra được N_{x0} , N_{y0} hoặc M_{x0} , M_{y0} để thay vào phương trình như đã giới thiệu ở trên



Hình 3.2. Họ biểu đồ tương tác $a/h = 0,06$



Hình 3. 3. Họ biểu đồ tương tác $a/h = 0,1$

1. Kiểm tra cột theo phương pháp tải trọng nghịch đảo

Lực dọc giới hạn của cột chịu nén đúng tâm, N_{uo} :

$$N_{uo} = R_b b h + R_{sc} A_{st} = 14,5 \times 300 \times 500 + 365 \times 3052 = 3288 \text{ kN}$$

Lực dọc giới hạn của cột chịu nén lệch tâm theo phương x, N_{xo}

$$e_{lx} = \frac{M_x}{N} = \frac{200 \times 1000}{1500} = 133 \text{ mm}$$

$$e_{ox} = \max(e_{lx}, e_{ax}) = 133 \text{ mm}$$

$$\frac{M_x}{bh^2} = \frac{200 \times 10^6}{300 \times 500^2} = 2,67$$

Từ biểu đồ hình 3.2, tra được $\frac{N_{xo}}{bh} = 15$

$$\Rightarrow N_{xo} = 15 \times 300 \times 500 = 2250 \text{ kN}$$

Lực dọc giới hạn của cột chịu nén lệch tâm theo phương y, N_{yo}

$$e_{ly} = \frac{M_y}{N} = \frac{100 \times 1000}{1500} = 66,7 \text{ mm}$$

$$e_{oy} = \max(e_{ly}, e_{ay}) = 66,7 \text{ mm}$$

$$\frac{M_y}{bh^2} = \frac{100 \times 10^6}{500 \times 300^2} = 2,22$$

Từ biểu đồ hình 3.3 ($\frac{a}{h} = \frac{30}{300} = 0,1$), tra được $\frac{N_{yo}}{bh} = 16$

$$\Rightarrow N_{yo} = 16 \times 500 \times 300 = 2400 \text{ kN}$$

Kiểm tra theo phương pháp tải trọng nghịch đảo:

$$\frac{1}{N_u} = \frac{1}{N_{xo}} + \frac{1}{N_{yo}} - \frac{1}{N_{uo}} = \frac{1}{2250} + \frac{1}{2400} - \frac{1}{3288} = \frac{1}{1795}$$

$$\Rightarrow N_u = 1795 \text{ kN} > N = 1500 \text{ kN} \text{ (cột an toàn)}$$

2. Kiểm tra cột theo phương pháp đường viền tải trọng

$$\frac{N}{bh} = \frac{1500 \times 10^3}{300 \times 500} = 10$$

Tính mômen giới hạn theo phương x, M_{xo}

Tra biểu đồ hình 3.3, với

$$\frac{N}{bh} = 10, \mu_t = 0,0203 \text{ và } \frac{a}{h} = 0,06 \text{ ta được } \frac{M_{xo}}{bh^2} = 4 \Rightarrow M_{xo} = 3,6 \times 500 \times 300^2 = 162 \text{ kNm}$$

Kiểm tra theo phương trình đường viền tải trọng

Từ hình 2.17, có $\frac{M_x}{M_{xo}} = \frac{200}{300} = 0,67$; $\frac{M_y}{M_{yo}} = \frac{100}{162} = 0,62$, vậy $\alpha = 1,6$

$$\left(\frac{M_x}{M_{xo}}\right)^\alpha + \left(\frac{M_y}{M_{yo}}\right)^\alpha = \left(\frac{200}{300}\right)^{1,6} + \left(\frac{100}{162}\right)^{1,6} = 0,98 < 1,0$$

\Rightarrow Cột an toàn.

Ví dụ 2: Kiểm tra khả năng chịu lực của cột chịu nén lệch tâm xiên theo phương trình Bresler áp dụng theo tiêu chuẩn Hoa Kỳ 318:2002

Cột chịu nén lệch tâm xiên có tiết diện $b \times h = 30 \times 50 \text{ cm}$, bố trí 12 thanh thép $d_b = 18 \text{ mm}$, $A_s = 2,543 \text{ cm}^2$. Tải trọng tính toán tác dụng lên cột $P_u = 150T$ với độ lệch tâm $e_x = 1,5 \text{ cm}$, $e_y = 1,0 \text{ cm}$. Bê tông cột có độ bền nén

Luận văn: Tính toán lệch tâm xiên cho cột bê tông cốt thép nhà cao tầng theo TCVN và các tài liệu khác

$f'_c = 280 \text{ kg/cm}^2$, giới hạn chảy của cốt thép $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$. Yêu cầu kiểm tra khả năng chịu lực của cột theo phương trình Bresler

Lời giải:

1. Lực tính toán tác dụng lên tiết diện

$$P_u = 150T = 150000\text{kg}$$

$$M_{uy} = P_u e_x = 150000 \times 1,5 = 225000 \text{ kg.cm}$$

$$M_{ux} = P_u e_y = 150000 \times 1,0 = 150000 \text{ kg.cm}$$

2. Tính toán P_{no} (khi cột chịu nén đúng tâm)

$$P_{no} = 0,85 \times 280 \times 30 \times 50 + 30,52 \times 4200 = 485184 \text{ kg}$$

$$\Phi P_{no} = 0,7 \times 485184 = 339628 \text{ kg}$$

3. Tính toán P_{nx} (khi biết độ lệch tâm $e_y = 0$)

Giả thiết $c = 35 \text{ cm}$, $a = \beta_1 c = 0,85 \times 35 = 29,75 \text{ cm}$. Biên dạng và ứng suất trong các thanh thép (theo thứ tự từ trái qua phải) như sau:

$$\varepsilon_1 = 0,00077; f_s = 0,00077 \times 2.10^6 = 1540 \text{ kg/cm}^2$$

$$\varepsilon_2 = 0,000857; f_s = 0,000857 \times 2.10^6 = 1714 \text{ kg/cm}^2$$

$$\varepsilon_3 = 0,00249; f_s = 0,00249 \times 2.10^6 = 4980 \text{ kg/cm}^2 \text{ (lấy bằng } 4200 \text{ kg/cm}^2)$$

$$P_{ox} = 0,85 \times 280 \times 30 \times 29,75 + 19,35 \times 4200 + 12,9 \times 1714 - 19,35 \times 1540 = 285997 \text{ kg}$$

Lấy mômen đối với trục y của tiết diện

$$M_{ny} = 0,85 \times 280 \times 30 \times 29,75 \times (25 - 29,75 / 2) + 19,35 \times 4200 \times 19 + 19,35 \times 1540 \times 19 = 4261013 \text{ kg.cm}$$

$$\text{Độ lệch tâm } e_x = 4261013 / 285997 = 14,9 \text{ cm} \approx$$

15 cm. Độ lệch tâm này bằng độ lệch tâm do ngoại lực gây ra và giá trị $\Phi P_{nx} = 0,7 \times 285997 \text{ kg} = 200198\text{kg} > 150000 \text{ kg}$

Do đó, quá trình thử này kết thúc (thực ra có thể giả thiết vài lần giá trị c để tìm độ lệch tâm và khả năng chịu lực dọc thỏa mãn giá trị e_x và lực dọc tính toán cho trước)

4. Tính toán P_{ny} (khi có độ lệch tâm $e_x = 0$)

Tương tự như quá trình tính toán P_{nx} ta giả thiết $c = 21,5$ cm (thực ra là phải thử một số lần để tìm được giá trị gần đúng), $a = \beta_1 c = 0,85 \times 21,5 = 18,3$ cm. Diện tích cốt thép mỗi hàng là $A_s = 3 \times 6,45 = 19,35$ cm².

Biến dạng và ứng suất trong các thanh thép (theo thứ tự từ trái qua phải) như sau:

$$\varepsilon_1 = 0,000349; f_s = 0,000349 \times 2.10^6 = 698 \text{ kg/cm}^2$$

$$\varepsilon_2 = 0,00216; f_s = 0,00216 \times 2.10^6 = 4320 \text{ kg/cm}^2 \text{ (lấy bằng } 4200 \text{ kg/cm}^2)$$

$$P_{ny} = 0,85 \times 280 \times 50 \times 18,3 + 19,35 \times 4200 - 19,35 \times 698 = 285534 \text{ kg}$$

Lấy mô men đối với trục x của tiết diện:

$$M_{nx} = 0,85 \times 280 \times 50 \times 18,3 \times (15 - 18,3 / 2) + 19,35 \times 4200 \times 9 + 19,35 \times 698 \times 9 = 2126941 \text{ kg.cm}$$

Độ lệch tâm $e_y = 2126941 / 285534 = 7,45$ cm. Giá trị độ lệch tâm này gần bằng độ lệch tâm ngoại lực $c_y = 7,5$ cm và độ bền thiết kế theo lực dọc $\Phi P_{ny} = 0,7 \times 285534 \text{ kg} = 199874 \text{ kg} > 150000 \text{ kg}$.

Do đó quá trình tính toán P_{ny} kết thúc.

5. Kiểm tra khả năng chịu lực của cột theo phương trình Bresler

$$\frac{1}{P_u} = \frac{1}{\Phi P_{nx}} + \frac{1}{\Phi P_{ny}} - \frac{1}{\Phi P_{no}}$$

$$\frac{1}{\Phi P_n} = \frac{1}{200198} + \frac{1}{199874} - \frac{1}{401604} = 7,51.10^{-6}$$

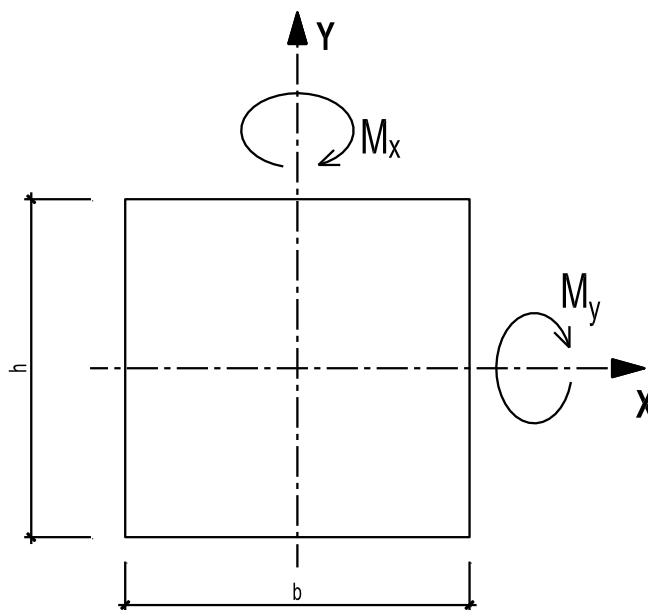
$$\Phi P_n = \frac{1}{7,51.10^{-6}} = 179156 \text{ kg} > P_u = 150000 \text{ kg}$$

Kết luận $\Phi P_n > P_u = 150T$, kết cấu cột chịu nén lệch tâm đảm bảo an toàn về khả năng chịu lực.

3.2. Tính toán cốt thép dọc cho cột chịu nén lệch tâm xiên theo tiêu chuẩn Việt Nam TCVN 5574:2012 và theo tiêu chuẩn Hoa Kỳ 318:2002

Ví dụ 1: Tính toán cốt thép dọc cho cột chịu nén lệch tâm xiên theo tiêu chuẩn Việt Nam TCVN 5574:2012

Cho cột bê tông B30 có kích thước 400x400 mm, chiều cao của cột 3,9m: có $R_b = 17$ MPa, $R_{bt} = 1,2$ MPa, $E_b = 32,5 \cdot 10^3$ MPa; thép CII có: $R_s = 280$ MPa, $R_{sc} = 280$ MPa, $E_s = 21 \cdot 10^4$ MPa; Cặp nội lực nguy hiểm nhất của cột $N = 1601,36$ kN; $M_y = -108,46$ (kNm); $M_x = 94,907$ (kNm)



Hình 3. 4. Quy ước chiều mômen khi tính toán

Lời giải:

Quy ước:

M_x là mô men quay quanh trục Y

M_y là mô men quay quanh trục X

Chiều dài tính toán $l_{ox} = l_{oy} = l \cdot \psi = 3900 \cdot 0,7 = 2730$ mm

Chiều dài tính toán

- Độ lệch tâm ngẫu nhiên

$$e_{ax} = \max\left(\frac{1}{600}l; \frac{1}{30}b\right) = \max\left(\frac{3900}{600}; \frac{400}{30}\right) = 13,33(mm)$$

$$e_{ay} = \max\left(\frac{1}{600}l; \frac{1}{30}h\right) = \max\left(\frac{3900}{600}; \frac{400}{30}\right) = 13,33mm$$

- Độ mảnh theo hai phương

$$\lambda_x = \frac{l_{ox}}{i_x} = \frac{2310}{0,288 \cdot b} = \frac{2730}{0,288 \cdot 400} = 23,70 < 28 \Rightarrow \eta_x = 1$$

$$\lambda_y = \frac{l_{oy}}{i_y} = \frac{2310}{0,288 \cdot h} = \frac{2730}{0,288 \cdot 600} = 23,70 < 28 \Rightarrow \eta_y = 1$$

Bỏ qua ảnh hưởng của uốn dọc

- Tính các giá trị

$$M_{x1} = \eta_x M_x = 1.94,907 = 94,907(kNm)$$

$$M_{y1} = \eta_y M_y = 1.108,46 = 108,46(kNm)$$

$$\frac{M_{x1}}{C_x} = \frac{94,907}{0,40} = 237,27(kN)$$

$$\frac{M_{y1}}{C_y} = \frac{108,46}{0,40} = 271,15(kN)$$

- Vì $\frac{M_{y1}}{C_y} > \frac{M_{x1}}{C_x}$ nên quy đổi tính toán theo phương Y

- Vậy $h = C_y = 400(mm)$; $b = C_x = 400(mm)$

$$M_1 = M_{y1} = 108,46 (kNm); M_2 = M_{x1} = 94,907 (kNm)$$

- Giả thiết $a = 40(mm) \Rightarrow h_0 = h - a = 400 - 40 = 360(mm)$

$$Z = h_0 - a = 360 - 40 = 320(mm)$$

- Độ lệch tâm ngẫu nhiên $e_a = e_{ay} + 0,2e_{ax} = 13,33 + 0,2 \cdot 13,33 \approx 16$
(mm)

$$x_1 = \frac{N}{R_b b} = \frac{1601,36 \cdot 10^3}{17.400} = 235,49(mm) < h_0 = 360(mm)$$

$$\Rightarrow m_0 = 1 - \frac{0,6 \cdot x_1}{h_0} = 1 - \frac{0,6 \cdot 235,49}{360} = 0,608$$

$$M = M_1 + m_0 \cdot M_2 \cdot \frac{h}{b} = 108,46 + 0,608 \cdot 94,907 \cdot \frac{0,4}{0,4} = 166,163(kNm)$$

$$e_1 = \frac{M}{N} = \frac{166,163 \cdot 10^6}{1601,36 \cdot 10^3} = 103,76(mm)$$

- Với kết cấu siêu tĩnh $e_o = \max(e_1; e_a) = \max(103,76; 16) = 103,76$ (mm) ;

Tra bảng: $\xi_R = 0,573$; $\alpha_R = 0,43$

$$\xi_R \cdot h_0 = 0,573 \cdot 360 = 206,28(mm) < x_1 = 235,49(mm)$$

$$\varepsilon_0 = \frac{e_0}{h} = \frac{103,76}{400} = 0,259$$

Tính toán theo trường hợp 1: nén lệch tâm rất bé

$$\gamma_e = \frac{1}{(0,5 - \varepsilon)(2 + \varepsilon)} = \frac{1}{(0,5 - 0,259)(2 + 0,259)} = 1,837$$

Hệ số lệch tâm

+ Hệ số uốn dọc phụ thêm khi xét nén đúng tâm:

$$\varphi_e = \varphi + \frac{(1 - \varphi) \cdot \varepsilon}{0,3}$$

Với $\varphi = 1$ (do $\lambda < 28$) nên $\varphi_e = 1$.

Diện tích cốt thép tính như sau:

$$A_{st} = \frac{\frac{\gamma_e N}{\varphi_e} - \gamma_b \cdot R_b \cdot b \cdot h}{R_{sc} - \gamma_b R_b} = \frac{1,837 \cdot 1601,36 \cdot 10^3}{1} - 0,85 \cdot 17.400 \cdot 400}{280 - 0,85 \cdot 17}$$
$$= 2371,30 mm^2$$

$$\mu = \frac{A_{st}}{bh} = \frac{2371,30}{400 \cdot 400} \cdot 100\% = 1,48\% < 4\%$$

Ví dụ 2: Tính toán cốt thép dọc cho cột chịu nén lệch tâm xiên theo tiêu chuẩn Hoa Kỳ 318:2002

Lựa chọn một mặt cắt ngang cho cột cốt đai vuông góc để chịu các tải nhận hệ số và các mômen $P_u = 360$ kip, $M_{ux} = 70$ ft – kip và $M_{uy} = 80$ ft – kip (quy đổi từ dữ liệu bài toán từ ví dụ 1 để phù hợp khi áp dụng theo tiêu chuẩn Hoa Kỳ ACI 318 : 2002). Sử dụng $f_y = 60$ ksi và $f'_c = 3$ ksi.

Lời giải:

1. Chọn mặt cắt thử nghiệm

Giả định $\rho_t = 0,015$. Sử dụng một mặt cắt có các thanh nằm ở bốn mặt vì cột bị chịu tải hai trục.

$$A_{(thử)} \geq \frac{P_u}{0,45(f'_c + f_y \rho_t)} = \frac{360}{0,45(3 + 60 \cdot 0,015)} = 205 \text{ in}^2$$

Chọn cột vuông 16 in với $f'_c = 3$ ksi và $f_y = 60$ ksi

2. Tính γ

Mỗi hình vẽ của các biểu đồ tương tác trong phụ lục A sẽ cho một giá trị riêng của tỷ số, γ , là tỷ số khoảng cách giữa các tâm của các lớp thanh thép ngoài biên trên chiều dài in lớp bê tông bảo hộ phủ toàn bộ các cột đai vuông góc.

$$\gamma = \frac{16 - 2(1,5 + 0,375 + 0,5)}{16} = 0,703$$

Vì các biểu đồ tương tác trong Phụ lục A đưa ra giá trị $\gamma = 0,60$ và $\gamma = 0,75$ nên cần phải nội suy. Nên các thanh cốt dọc chủ được chọn không phải là thanh

3. Tính e_x , e_y , và e_{0x} hoặc e_{0y}

Từ định nghĩa của các mômen và độ lệch tâm trong hình 2.20

$$e_x = \frac{M_{uy}}{P_u} = \frac{80.12}{360} = 2,67 \text{ in}$$

$$e_y = \frac{M_{ux}}{P_u} = \frac{70.12}{360} = 2,33 \text{ in}$$

Bằng cách kiểm tra $\frac{e_x}{x} \geq \frac{e_y}{y}$ xem có sử dụng được phương trình 2.38 như đã nêu. Nếu giá trị này không đúng hãy đổi chỗ các số hạng x và y và các chỉ số trong phương trình 2.38 trước khi sử dụng

$$\frac{P_u}{f'_c A_g} = \frac{360}{3.256} = 0,469 > 0,4$$

Vì vậy sử dụng phương trình 2.39b để tính α

$$\begin{aligned} \alpha &= \left(1,3 - \frac{P_u}{f'_c A_g} \right) \frac{f_y + 40000}{10000} \\ &= (1,3 - 0,469) \frac{60000 + 40000}{10000} = 0,831 \geq 0,5 \end{aligned}$$

Theo phương trình 2.38:

$$e_{0x} = e_x + \frac{\alpha e_y x}{y} = 2,67 + 0,831 \cdot 2,33 \cdot \frac{16}{16} = 4,61 \text{ in}$$

Như vậy mô men đơn trục tương đương là:

$$M_{0y} = P_u \cdot e_{0x} = 360 \cdot 4,61 = 1658 \text{ in} - \text{kip}$$

Cột được thiết kế cho $P_u = 360$ kip và $M_{0y} = 1658$ in - kip

4. Sử dụng các biểu đồ tương tác để xác định ρ_t

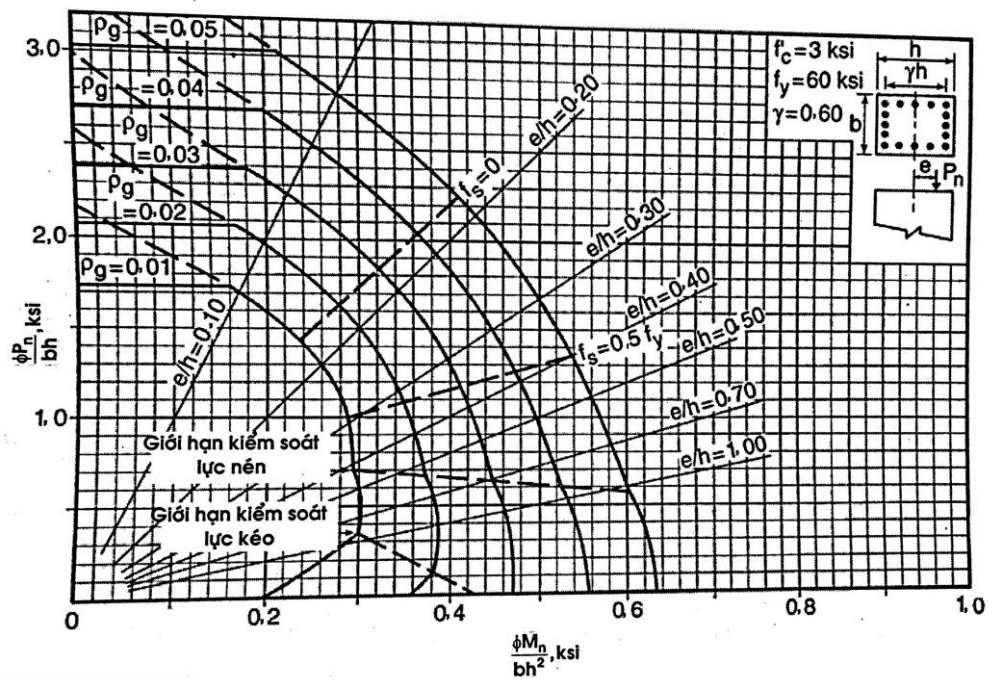
Do cột chịu uốn đối với hai trục, ta sẽ chọn mặt cắt có các thanh ở bốn mặt. Các biểu đồ tương tác được đưa ra với:

$$\frac{P_u}{A_g} = \frac{360}{256} = 1,41 \text{ ksi}$$

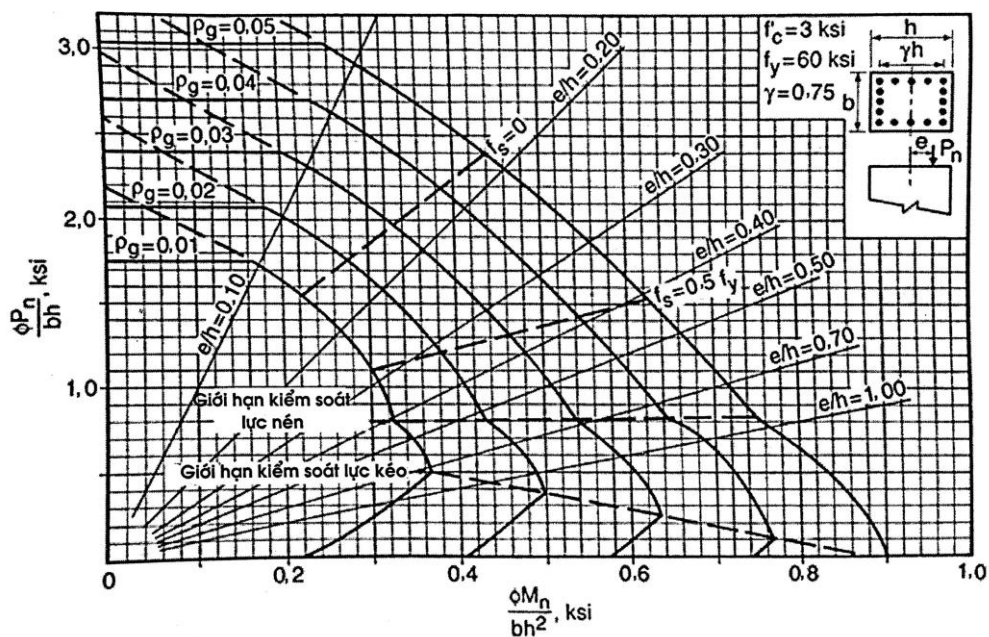
và

$$\frac{M_{0y}}{A_g \cdot h} = \frac{1658}{16^3} = 0,405 \text{ ksi}$$

Từ hình 3.3 và 3.4



Hình 3. 5. Biểu đồ tương tác đối với cột giằng cốt đai vuông góc có các thanh trong bốn mặt, $\gamma = 0,60$ [4]



Hình 3. 6. Biểu đồ tương tác đối với các cột giằng cốt đai vuông góc có các thanh trong bốn mặt $\gamma = 0,75$ [4]

Đối với $\gamma = 0,60$: $\rho_t = 0,033$

Đối với $\gamma = 0,75$: $\rho_t = 0,0326$

Dùng phép nội suy tuyến tính, $\rho_t = 0,031$ đối với $\gamma = 0,703$

5. Tính A_{st} và chọn cốt thép

$$A_{st} = \rho_t \cdot A_g = 7,94 \text{ in}^2$$

Tiêu chuẩn	TCVN 5574-2012	Hoa kỳ 318-2002
Dữ liệu bài toán	Cột bxx=400x400 mm N = 1601,36 kN; My = -108,46 (kNm); Mx = 94,907 (kNm)	Cột bxx = 16 x 16 in Pu = 360 kip, M _{ux} = 70 ft – kip M _{uy} = 80 ft – kip. (Dữ liệu quy đổi để phù hợp khi áp dụng tiêu chuẩn Hoa Kỳ)
Kết quả	$A_{st} = 2371,30 \text{ mm}^2$	$A_{st} = 7,94 \text{ in}^2$ $= 5122,57 \text{ mm}^2$

Nhận xét chương 3:

Qua thí dụ trên cho thấy kết quả cốt thép tính toán theo tiêu chuẩn Hoa Kỳ 318-2002 so với tiêu chuẩn TCVN 5574-2012 tăng lên 53,71%. Ta thấy tiêu chuẩn Hoa kỳ thiên về an toàn hơn. Độ bền bê tông theo tiêu chuẩn Hoa Kỳ được xác định theo mẫu hình trụ có kích thước 150 x 300 mm. Trong khi đó mác bê tông theo tiêu chuẩn Việt Nam được xác định theo mẫu khối vuông 15 x 15 x 15 cm. Từ đó, khi áp dụng cần phải ghi chú rõ ràng về loại mẫu thử độ bền trong hồ sơ thiết kế. Nếu sử dụng mẫu khối vuông theo tiêu chuẩn Việt Nam, độ bền của bê tông được quy đổi thành độ bền theo mẫu trụ $f'_c = R/1,2$ khi tính toán theo quy phạm Hoa Kỳ ACI.

KẾT LUẬN

1. Kết luận.

- Qua nghiên cứu chương 1, chương 2, chương 3, giữa 2 tiêu chuẩn có nhiều khác nhau trong việc tính toán cột lệch tâm xiên

+ Trong tiêu chuẩn TCVN 5574:2012, nguyên tắc của phương pháp là tính theo các tiết diện nghiêng theo các sơ đồ và điều kiện bền đã được thể hiện trong chương 2 (từ trang 18 đến trang 37). Tuy nhiên có thể tính gần đúng quy đổi nén lệch tâm xiên thành nén lệch tâm phẳng tương đương và dùng công thức nén lệch tâm phẳng để tính toán.

Còn đối với tiêu chuẩn ACI 318:202, thiết lập đường cong tương tác dùng để tính toán, với một mặt cắt ngang và sơ đồ đặt cốt thép cho trước, người ta có thể vẽ được một biểu đồ tương tác cho tải dọc trục và sự uốn đối với trục này hay trục khác, các biểu đồ tương tác này tạo thành hai cạnh của mặt tương tác đối với tải dọc trục và sự uốn quanh hai trục, tính toán mỗi vị trí trên mỗi một mặt.

+ Độ bền bê tông theo tiêu chuẩn Hoa Kỳ được xác định theo mẫu hình trụ tròn có kích thước 150 x 300 mm. Trong khi đó mác bê tông theo tiêu chuẩn Việt Nam được xác định theo mẫu khối vuông 15 x 15 x 15 cm rồi chuyển đổi sang mẫu lăng trụ cho nên có sự sai lệch lớn. Khi sử dụng mẫu khối vuông theo tiêu chuẩn Việt Nam, độ bền của bê tông được quy đổi thành độ bền theo mẫu trụ $f'_c = R/1,2$ (theo tiêu chuẩn Hoa Kỳ ACI), khi tính toán theo tiêu chuẩn quy phạm Hoa Kỳ ACI, cần phải đặc biệt chú ý.

+ Thực tế cho kết quả tính toán diện tích cốt thép tính toán theo tiêu chuẩn Hoa Kỳ 318-2002 so với tiêu chuẩn TCVN 5574-2012 tăng lên 53,71%. Ta thấy tiêu chuẩn Hoa kỳ thiên về an toàn.

- Trong thiết kế cột chịu nén lệch tâm xiên, tiết diện và cốt thép được chọn theo phương pháp thử dần đến khi nó thỏa mãn khả năng chịu lực.

2. Kiến nghị.

Đối với công trình nhà nhiều tầng có các tiết diện cột chịu nén lệch tâm lớn và khác biệt theo hai phương song song cạnh cột cần tính toán theo lệch tâm xiên có thể theo một trong hai tiêu chuẩn trên.

4. Hướng phát triển của đề tài.

Nghiên cứu về cách tính toán so sánh cho các loại dầm, cột chịu các dạng tải trọng khác nhau Tiêu chuẩn Việt Nam TCVN 5574: 2012 so với Tiêu chuẩn Hoa Kỳ 318: 2002 theo uốn và cắt, nén,... Để từ đó có những kết luận toàn diện hơn.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

Tiếng việt:

1. GS. TS. Nguyễn Đình Cống (2015), *Tính toán thực hành cấu kiện bê tông cốt thép theo tiêu chuẩn TCXDVN 356 – 2005*, nhà xuất bản Xây dựng (Hà Nội)
2. ThS. Nguyễn Thị Ngọc Loan (2016), *Tính toán cột chịu nén lệch tâm xiên bằng phương pháp gần đúng, kết hợp với biểu đồ tương tác theo TCVN 5574 – 2012*, Tạp chí KH-CN Xây dựng – số 3/2016
3. GS. TS. Nguyễn Trung Hòa (2008), *Kết cấu bê tông cốt thép theo quy phạm Hoa Kỳ*, Nhà xuất bản xây dựng (Hà Nội)
4. GS. TS. Nguyễn Việt Trung (1999), *Thiết kế kết cấu bê tông cốt thép hiện đại theo tiêu chuẩn ACI*, Nhà xuất bản giao thông vận tải (Hà Nội)
5. TCVN 5574 – 2012 (2012), *Tiêu chuẩn thiết kế kết cấu bê tông cốt thép*, Nhà xuất bản xây dựng (Hà Nội)

Tiếng anh:

6. R. Park and T. Paulay (1975). Reinforced concrete structures. New York.
7. B. Bresler (1960). Design Criteria for Reinforced Columns under Axial Load and Biaxial Bending. Journal of the American concrete institute.
8. Parme A. L., Nieves J. M., Gouwens A. (sept. 1966). Capacity of Reinforced Rectangular Columns Subject to Biaxial Bending. ACI Journal, Proceedings V.63, No. 9, pp. 911-923.
9. V. Mavichak and R.W.Furlong (1976). Strength and stiffness of RC columns under biaxial bending. *Texas State 5 Department of Highways and Public Transportation; Transportation Planning Division.*
10. T. Hsu (1988). Analysis and Design of Square and Rectangular Columns by Equation of Failure Surface. *ACI Structural Journal.*