TRƯỜNG ĐẠI HỌC THUỶ LỢI

PGS. TS. TRẦN MẠNH TUẤN
ThS. VŨ THỊ THU THUỶ
KS. NGUYỄN THỊ THUỶ ĐIỂM
KS. MAI VĂN CÔNG

VIETCONS
ALWAYS BESIDE YOUR SUCCESS

TRUNG TÂM ĐÀO TẠO XÂY DỰNG VIETCONS
CHƯƠNG TRÌNH MỖI NGÀY MỘT CUỐN SÁCH

Bài tập và đồ án môn học

KẾT CẤU BÊ TÔNG CỐT THÉP





Trung tâm đào tạo xây dựng VIETCONS
http://www.vietcons.org

NHÀ XUẤT BẢN XÂY DỰNG

TRƯỜNG ĐẠI HỌC THỦY LỢI
PGS. TS. TRẦN MẠNH TUẤN *(Chủ biên)*
ThS. VŨ THỊ THU THỦY - KS. NGUYỄN THỊ THÚY ĐIỂM
KS. MAI VĂN CÔNG

VIETCONS
ALWAYS BESIDE YOUR SUCCESS

Bài tập và Đồ án môn học
KẾT CẤU BÊ TÔNG CỐT THÉP

(Tái bản)

NHÀ XUẤT BẢN XÂY DỰNG
HÀ NỘI - 2010

Trung tâm đào tạo xây dựng VIETCONS
http://www.vietcons.org

LỜI NÓI ĐẦU

Giáo trình Kết cấu bê tông cốt thép theo tiêu chuẩn TCVN 4116-85 đã được tái bản và bổ sung, phục vụ kịp thời nhu cầu học tập của sinh viên các ngành của Trường Đại học Thuỷ lợi.

Để có thêm tài liệu tham khảo trong quá trình học tập và làm Đồ án môn học Kết cấu bê tông cốt thép, giáo trình Bài tập và Đồ án môn học Kết cấu bê tông cốt thép được bộ môn Kết cấu Công trình biên soạn đi kèm với giáo trình Kết cấu bê tông cốt thép.

Giáo trình này bao gồm các nội dung sau đây: Phần 1: Tóm tắt lý thuyết tính toán; Phần 2: Các ví dụ bằng số; Phần 3: Bài tập áp dụng; Phần 4: Hướng dẫn Đồ án môn học Kết cấu bê tông cốt thép.

Giáo trình Bài tập và Đồ án môn học Kết cấu bê tông cốt thép dùng làm tài liệu học tập cho sinh viên các ngành của Trường Đại học Thuỷ lợi và có thể dùng làm tài liệu tham khảo cho các kỹ sư thiết kế, thi công các kết cấu bê tông cốt thép công trình thuỷ lợi.

Phân công biên soạn như sau: PGS. TS. Trần Mạnh Tuân chủ biên và soạn phần 1: Tóm tắt lý thuyết; ThS. Vũ Thị Thu Thuỷ soạn phần 2: Các ví dụ bằng số; KS. Mai Văn Công soạn phần 3: Các bài tập áp dụng; KS. Nguyễn Thị Thuý Điểm soạn phần 4: Đồ án môn học.

Tài liệu được biên soạn trên cơ sở các tài liệu đã dùng trong quá trình giảng dạy cho các lớp dài hạn và tại chức của Trường Đại học Thuỷ lợi. Mặc dù đã cố gắng trong quá trình chuẩn bị nhưng không thể tránh được những thiếu sót, chúng tôi mong nhận được những ý kiến đóng góp của các bạn đồng nghiệp, sinh viên và bạn đọc để lần tái bản được hoàn thiện hơn.

Bộ môn Kết cấu Công trình chân thành cám ơn các bộ phận chức năng của Trường Đại học Thuỷ lợi và Nhà xuất bản Xây dựng đã hỗ trợ và tạo điều kiện thuận lợi để tập tài liệu được xuất bản kịp thời, góp phần nâng cao chất lượng giảng dạy và học tập của sinh viên.

Các tác giả

Trung tâm đào tạo xây dựng VIETCONS
http://www.vietcons.org

PHẦN 1

TÓM TẮT LÝ THUYẾT*

Chương 3: CẤU KIỆN CHỊU UỐN

A. TÍNH CƯỜNG ĐỘ TRÊN MẶT CẮT VUÔNG GÓC VỚI TRỤC CẤU KIỆN

1. Tiết diện chữ nhật cốt đơn

1.1. Các công thức cơ bản

- Phương trình hình chiếu các lực lên phương trục dầm:

$$m_a R_a F_a = m_b R_b b x \qquad (3\text{-}1)$$

- Phương trình mô men các lực với trục qua điểm đặt hợp lực của F_a:

$$k_n n_c M \le M_{gh} = m_b R_n b x (h_0 - x/2) \qquad (3\text{-}2)$$

- Phương trình mô men các lực với trục qua điểm đặt hợp lực bê tông miền nén:

$$k_n n_c M \le M_{gh} = m_a R_a F_a (h_0 - x/2) \qquad (3\text{-}3)$$

Trong đó. M - mômen uốn do tải trọng tính toán gây ra tại tiết diện đang xét.

k_n - hệ số tin cậy, phụ thuộc cấp của công trình.

n_c - hệ số tổ hợp tải trọng, phụ thuộc vào tổ hợp tải trọng.

m_a, m_b - hệ số điều kiện làm việc của cốt thép, bê tông.

R_a, R_n - cường độ tính toán chịu kéo của cốt thép, chịu nén của bê tông.

x - chiều cao miền nén của bê tông.

b, h - chiều rộng, cao của tiết diện.

F_a - diện tích cốt thép chịu kéo.

a - khoảng cách từ mép biên miền kéo đến trọng tâm cốt thép F_a.

$h_0 = h - a$ là chiều cao hữu ích của tiết diện.

1.2. Điều kiện hạn chế

$$x \le \alpha_0 h_0 \qquad (3\text{-}4)$$

---

* ***Chú ý:*** *Để thuận tiện trong việc tham khảo Giáo trình Kết cấu bê tông cốt thép, trong tài liệu này chúng tôi giữ nguyên số hiệu các công thức tương ứng trong giáo trình.*

Trung tâm đào tạo xây dựng VIETCONS
http://www.vietcons.org

$\alpha_0 = (0,5 \div 0,7)$, phụ thuộc mác bê tông và nhóm cốt thép (phụ lục 11).

$$\mu = \frac{F_a}{bh_o} \le \alpha_0 \frac{m_b R_n}{m_a R_a} = \mu_{max} \quad (3\text{-}5)$$

Hàm lượng cốt thép phải bảo đảm:

$$\mu_{min} \le \mu \le \mu_{max} \quad (3\text{-}6)$$

Bảng 3-1. Hàm lượng cốt thép tối thiểu μ_{min}

Mác bê tông	150 ÷ 200	250 ÷ 400	500 ÷ 600
μ_{min} %	0,1	0,15	0,2

1.3. Các bài toán

Các công thức (3-1), (3-2), (3-3) được biến đổi như sau:

Công thức (3-1) có dạng:

$$m_a R_a F_a = m_b R_b b h_0 \alpha \quad (3\text{-}7)$$

Công thức (3-2) có dạng:

$$k_n n_c M \le M_{gh} = m_b R_n b h_0^2 A \quad (3\text{-}8)$$

Đặt $\gamma = (1 - 0,5\alpha)$, công thức (3-3) có dạng:

$$k_n n_c M \le M_{gh} = m_a R_a F_a h_0 \gamma \quad (3\text{-}9)$$

Các hệ số α, A, γ có quan hệ với nhau (phụ lục 10).

Hệ số A lớn nhất $A_0 = \alpha_0(1 - 0,5\alpha_0)$

Điều kiện hạn chế (3-4) có thể viết thành:

$$A \le A_0 \text{ hoặc } \alpha \le \alpha_0 \quad (3\text{-}10)$$

a) Bài toán 1: Tính cốt thép F_a khi biết mômen M; kích thước tiết diện b.h; số hiệu bê tông, cốt thép; các hệ số tính toán.

Từ công thức (3-8) ta có:

$$A = \frac{k_n n_c M}{m_b R_n b h_0^2} \quad (3\text{-}11)$$

Nếu $A \le A_0$ (có nghĩa $\alpha \le \alpha_0$, $x \le \alpha_0 h_0$) suy ra α, thay α vào (3-7) ta có:

$$F_a = \frac{m_b R_n b h_0 \alpha}{m_a R_a} \quad (3\text{-}12)$$

hoặc suy ra γ thay vào (3-9) ta có:

Trung tâm đào tạo xây dựng VIETCONS
http://www.vietcons.org

$$F_a = \frac{k_n n_c M}{m_a R_a h_0 \gamma} \quad (3\text{-}13)$$

Cần bảo đảm: $$\mu = \frac{F_a}{bh_0} \geq \mu_{min}$$

Thông thường $\mu = (0,3 \div 0,6)\%$ với bản, $\mu = (0,6 \div 1,2)\%$ với dầm thì kích thước tiết diện là hợp lý.

Nếu $A > A_0$, không đảm bảo điều kiện hạn chế, phải tăng kích thước tiết diện, mác bê tông để $A \leq A_0$ rồi tính theo cốt đơn hoặc cũng có thể tính theo cốt kép.

b) Bài toán 2: Chọn kích thước tiết diện b.h, tính F_a khi biết M; số hiệu bê tông, cốt thép, các hệ số tính toán.

Với hai công thức (3-7), (3-8) nhưng có 4 ẩn số b, h, F_a, α vì vậy phải giả thiết 2 ẩn số và tính 2 ẩn còn lại.

+ Giả thiết kích thước tiết diện b.h theo kinh nghiệm và điều kiện cấu tạo rồi tính F_a theo bài toán 1.

+ Giả thiết b và α sau đó tính h_0 và F_a:

Chọn b theo kinh nghiệm, theo yêu cầu cấu tạo và yêu cầu kiến trúc. Lấy $\alpha = 0,1 \div 0,25$ với bản và $\alpha = 0,3 \div 0,4$ với dầm, từ đó suy ra A.

Từ (3-8) ta có:

$$h_0 = \frac{1}{\sqrt{A}} \sqrt{\frac{k_n n_c M}{m_b R_n b}} \quad (3\text{-}14)$$

Chiều cao tiết diện $h = h_0 + a$ phải chọn phù hợp theo yêu cầu cấu tạo.

Sau khi kích thước tiết diện b.h đã biết, việc tính F_a như bài toán 1.

c) Bài toán 3: Kiểm tra cường độ (xác định M_{gh}) khi biết kích thước tiết diện, diện tích cốt thép F_a, số hiệu bê tông và thép, các hệ số tính toán.

Từ (3-7) ta có:

$$\alpha = \frac{m_a R_a F_a}{m_b R_n b h_0} \quad (3\text{-}15)$$

- Nếu $\alpha \leq \alpha_0$ suy ra A, thay A vào (3-8) ta có:

$$M_{gh} = m_b R_n b h_0^2 A \quad (3\text{-}16)$$

- Nếu $\alpha > \alpha_0$ chứng tỏ cốt thép F_a quá nhiều, lấy $A = A_0$ thay vào (3-8) ta có:

$$M_{gh} = m_b R_n b h_0^2 A_0 \quad (3\text{-}17)$$

Trung tâm đào tạo xây dựng VIETCONS
http://www.vietcons.org

Điều kiện bảo đảm về cường độ là:

$$k_n n_c M \le M_{gh} \tag{3-18}$$

2. Tiết diện chữ nhật cốt kép

2.1. Công thức cơ bản

Phương trình hình chiếu và mômen viết được hai công thức cơ bản sau:

$$m_a R_a F_a = m_b R_n b x + m_a R'_a F'_a \tag{3-19}$$

$$k_n n_c M \le M_{gh} = m_b R_n b x (h_0 - x/2) + m_a F'_a R'_a (h_0 - a') \tag{3-20}$$

Đặt $\alpha = x / h_0$, $A = \alpha (1 - 0{,}5\alpha)$, hai công thức (3-19), (3-20) có dạng sau:

$$m_a R_a F_a = m_b R_n b h_0 \alpha + m_a R'_a F'_a \tag{3-21}$$

$$k_n n_c M \le M_{gh} = m_b R_n b h_0^2 A + m_a F'_a R'_a (h_0 - a') \tag{3-22}$$

2.2. Điều kiện hạn chế

$$2a' \le x \le \alpha_0 h_0 \text{ hoặc } 2a'/h_0 \le \alpha \le \alpha_0 \tag{3-23}$$

2.3. Các bài toán

a) Bài toán 1: Tính F_a và F'_a khi biết M, b, h, số hiệu bê tông, thép, ...

Điều kiện tính cốt kép: $A_0 < A = \dfrac{k_n n_c M}{m_b R_n b h_0^2} \le 0{,}5$ (3-24)

Lấy $x = \alpha_0 h_0$, thay $A = A_0$ vào (3-22) ta có:

$$F'_a = \frac{k_n n_c M - m_b R_n b h_0^2 A_0}{m_a R'_a (h_0 - a')} \tag{3-25}$$

Thay $\alpha = \alpha_0$ vào (3-21) ta có:

$$F_a = \frac{m_b R_n b h_0 \alpha_0}{m_a R_a} + \frac{m_a R'_a}{m_a R_a} F'_a \tag{3-26}$$

b) Bài toán 2: Tính F_a khi biết F'_a, b, h, số hiệu bê tông, cốt thép, M...

Từ công thức (3-22) ta có:

$$A = \frac{k_n n_c M - m_a R'_a F'_a (h_0 - a')}{m_b R_n b h_0^2} \tag{3-27}$$

Từ A suy ra α.

- Nếu $\alpha > \alpha_0$ chứng tỏ F'_a còn ít, chưa đủ đảm bảo cường độ ở vùng nén nên cần tính lại F'_a và F_a theo bài toán 1 hoặc tăng b, h, R_n cho $\alpha < \alpha_0$ rồi mới tính tiếp.

Trung tâm đào tạo xây dựng VIETCONS
http://www.vietcons.org

- Nếu $2a'/h_0 \le \alpha \le \alpha_0$ thì thay α vào (3-21) ta có:

$$F_a = \frac{m_b R_n b h_0 \alpha}{m_a R_a} + \frac{m_a R'_a}{m_a R_a} F'_a \qquad (3\text{-}28)$$

- Nếu $\alpha < 2a'/h_0$ thì ứng suất ở F'_a đạt $\sigma'_a < R'_a$, chứng tỏ F'_a quá nhiều cho phép lấy $x = 2a'$, viết phương trình mômen với trục qua trọng tâm F'_a, ta có:

$$k_n n_c M \le M_{gh} = m_a R_a F_a (h_0 - a') \qquad (3\text{-}29)$$

Từ (3-29) ta có:

$$F_a = \frac{k_n n_c M}{m_a R_a (h_0 - a')} \qquad (3\text{-}30)$$

c) Bài toán 3: Kiểm tra cường độ (tính M_{gh}) khi biết b, h, F_a, F'_a, số hiệu bê tông, cốt thép, ...

Từ công thức (3-21) ta có: $$\alpha = \frac{m_a R_a F_a - m_a R'_a F'_a}{m_b R_n b h_0} \qquad (3\text{-}31)$$

- Nếu $\alpha > \alpha_0$ chứng tỏ F_a quá nhiều, thay $A = A_0$ vào (3-22) ta có:

$$M_{gh} = m_b R_n b h_0^2 A + m_a F'_a R'_a (h_0 - a') \qquad (3\text{-}32)$$

- Nếu $2a'/h_0 \le \alpha \le \alpha_0$, suy ra A và thay vào (3-22) ta có:

$$k_n n_c M \le M_{gh} = m_b R_n b h_0^2 A_0 + m_a F'_a R'_a (h_0 - a') \qquad (3\text{-}33)$$

- Nếu $\alpha < 2a'/h_0$ từ (3-29) ta có:

$$M_{gh} = m_a R_a F_a (h_0 - a') \qquad (3\text{-}34)$$

Điều kiện để cấu kiện đảm bảo về mặt cường độ là:

$$k_n n_c M \le M_{gh} \qquad (3\text{-}35)$$

3. Tiết diện chữ T cốt đơn, cánh nằm trong miền nén

3.1. Công thức cơ bản

Phương trình hình chiếu của các lực lên trục dầm:

$$m_a R_a F_a = m_b R_n b x + m_b R_n (b'_c - b) h'_c \qquad (3\text{-}36)$$

Phương trình mômen các lực lấy với trục qua trọng tâm cốt thép F_a:

$$k_n n_c M \le M_{gh} = m_b R_n b x (h_0 - x/2) + m_b R_n (b'_c - b) h'_c (h_0 - h'_c/2) \qquad (3\text{-}37)$$

Đặt $\alpha = x/h_0$, $A = \alpha(1 - 0{,}5\alpha)$, các công thức (3-36), (3-37) có dạng:

$$m_a R_a F_a = m_b R_n b h_0 \alpha + m_b R_n (b'_c - b) h'_c \qquad (3\text{-}38)$$

$$k_n n_c M \le M_{gh} = m_b R_n b h_0^2 A + m_b R_n (b'_c - b) h'_c (h_0 - h'_c/2) \qquad (3\text{-}39)$$

Trung tâm đào tạo xây dựng VIETCONS
http://www.vietcons.org

3.2. Điều kiện hạn chế

$$x \le \alpha_0 h_0 \ (\alpha \le \alpha_0 ; A \le A_0) \qquad (3\text{-}40)$$

3.3. Các bài toán

a) Bài toán 1: Tính diện tích cốt thép F_a khi biết kích thước tiết diện, số hiệu bê tông và cốt thép, cấp công trình, tổ hợp tải trọng, mômen M.

Giả thiết trục trung hòa qua mép dưới cánh bản $x = h'_c$ ta có:

$$M_c = m_b R_n b'_c h'_c (h_0 - h'_c/2) \qquad (3\text{-}41)$$

- Nếu $k_n n_c M \le M_c$ thì trục trung hoà qua cánh ($x \le h'_c$), việc tính F_a tương tự như việc tính F_a của tiết diện chữ nhật $b'_c h$.

- Nếu $k_n n_c M > M_c$ thì trục trung hoà qua sườn ($x > h'_c$), việc tính F_a tiến hành như sau

Từ (3-39) ta có:

$$A = \frac{k_n n_c M - m_b R_n (b'_c - b) h'_c (h_0 - h'_c/2)}{m_b R_n b h_0^2} \qquad (3\text{-}42)$$

Khi $A > A_0$ có thể tăng kích thước tiết diện, số hiệu bê tông để $A < A_0$ sau đó tính lại. Hoặc đặt cốt thép F'_a vào vùng nén và tính theo bài toán chữ T cốt kép dưới đây.

Khi $A \le A_0$ suy ra α, thay α vào (3-38) ta có:

$$F_a = \frac{m_b R_n b h_0 \alpha}{m_a R_a} + \frac{m_b R_n (b'_c - b) h'_c}{m_a R_a} \qquad (3\text{-}43)$$

b) Bài toán 2: Kiểm tra cường độ, tính M_{gh} biết kích thước tiết diện, R_n, R_a, cấp công trình, tổ hợp tải trọng.

Xác định vị trí trục trung hòa:

- Nếu $m_a R_a F_a \le m_b R_n b'_c h'_c$ thì $x \le h'_c$, kiểm tra như tiết diện chữ nhật có kích thước $b'_c h$

- Nếu $m_a R_a F_a > m_b R_n b'_c h'_c$ thì $x > h'_c$, kiểm tra như sau:

Từ (3-38) ta có:

$$\alpha = \frac{m_a R_a F_a - m_b R_n (b'_c - b) h'_c}{m_b R_n b h_0} \qquad (3\text{-}44)$$

Khi $\alpha \le \alpha_0$ suy ra A, thay A vào (3-39) ta có:

$$M_{gh} = m_b R_n b h_0^2 A + m_b R_n (b'_c - b) h'_c (h_0 - h'_c/2)$$

Trung tâm đào tạo xây dựng VIETCONS
http://www.vietcons.org

Khi $\alpha > \alpha_0$ thì lấy $A = A_0$ thay vào (3-39) ta có:

$$M_{gh} = m_b R_n b h_0^2 A_0 + m_b R_n (b'_c - b) h'_c (h_0 - h'_c/2)$$

Điều kiện để đảm bảo an toàn về cường độ:

$$k_n n_c M \le M_{gh} \qquad (3\text{-}45)$$

4. Tiết diện chữ T cốt kép, cánh nằm trong miền nén

4.1. Công thức cơ bản

Phương trình hình chiếu của các lực lên trục dầm:

$$m_a R_a F_a = m_b R_n b x + m_b R_n (b'_c - b) h'_c + m_a R'_a F'_a \qquad (3\text{-}46)$$

Phương trình mômen các lực lấy với trục qua trọng tâm cốt thép F_a:

$$k_n n_c M \le M_{gh} = m_b R_n b x (h_0 - x/2) + m_b R_n (b'_c - b) h'_c (h_0 - h'_c/2) + m_a R'_a F'_a (h_0 - a') \qquad (3\text{-}47)$$

Đặt $\alpha = x/h_0$, $A = \alpha(1 - 0{,}5\alpha)$, các công thức (3-46), (3-47) có dạng:

$$m_a R_a F_a = m_b R_n b h_0 \alpha + m_b R_n (b'_c - b) h'_c + m_a R'_a F'_a \qquad (3\text{-}48)$$

$$k_n n_c M \le M_{gh} = m_b R_n b h_0^2 A + m_b R_n (b'_c - b) h'_c (h_0 - h'_c/2) + m_a R'_a F'_a (h_0 - a') \qquad (3\text{-}49)$$

4.2. Điều kiện hạn chế

$$2a' \le x \le \alpha_0 h_0 \qquad (3\text{-}50)$$

4.3. Các bài toán

a) Bài toán 1: Tính diện tích cốt thép F_a và F'_a khi biết kích thước tiết diện, số hiệu bê tông và cốt thép, cấp công trình, tổ hợp tải trọng, mômen M.

Trước hết cần xác định vị trí trục trung hòa ($x = h'_c$ và $F'_a = 0$), ta có:

$$M_c = m_b R_n b'_c h'_c (h_0 - h'_c/2)$$

- Nếu $k_n n_c M \le M_c$ thì trục trung hoà qua cánh ($x \le h'_c$), tính toán tương tự như việc tính toán tiết diện chữ nhật $b'_c h$.

- Nếu $k_n n_c M > M_c$ thì trục trung hoà qua sườn ($x > h'_c$). Từ (3-49) với $F'_a = 0$, ta có:

$$A = \frac{k_n n_c M - m_b R_n (b'_c - b) h'_c (h_0 - h'_c/2)}{m_b R_n b h_0^2} \qquad (3\text{-}51)$$

Khi $A \le A_0$ suy ra α, thay α vào (3-48) với $F'_a = 0$ ta có:

$$F_a = \frac{m_b R_n b h_0 \alpha}{m_a R_a} + \frac{m_b R_n (b'_c - b) h'_c}{m_a R_a}$$

Trung tâm đào tạo xây dựng VIETCONS
http://www.vietcons.org

Khi $A > A_0$ có thể tăng kích thước tiết diện, số hiệu bê tông để $A < A_0$ sau đó tính lại. Hoặc đặt cốt thép F'_a vào vùng nén; thay $A = A_0$ vào (3-49), ta có:

$$F'_a = \frac{k_n n_c M - m_b R_n b h_0^2 A_0 - m_b R_n (b'_c - b) h'_c (h_0 - h'_c/2)}{m_a R'_a (h_0 - a')}$$

Thay $\alpha = \alpha_0$ và F'_a vào (3-48), ta có:

$$F_a = \frac{m_b R_n b h_0 \alpha_0}{m_a R_a} + \frac{m_b R_n (b'_c - b) h'_c}{m_a R_a} + \frac{m_a R'_a}{m_a R_a} F'_a$$

b) Bài toán 2: Tính F_a khi biết F'_a, kích thước tiết diện, số hiệu bê tông và cốt thép, cấp công trình, mô men M, ...

Xác định vị trí trục trung hoà ($x = h'_c$ và $F'_a \neq 0$), ta có:

$$M_c = m_b R_n b'_c h'_c (h_0 - h'_c/2) + m_a R'_a F'_a (h_0 - a')$$

- Nếu $k_n n_c M \leq M_c$ thì trục trung hoà qua cánh ($x \leq h'_c$), tính toán tương tự như việc tính toán tiết diện chữ nhật $b'_c h$.

- Nếu $k_n n_c M > M_c$ thì trục trung hoà qua sườn ($x > h'_c$). Từ (3-49) ta có:

$$A = \frac{k_n n_c M - m_b R_n (b'_c - b) h'_c (h_0 - h'_c/2) - m_a R'_a F'_a (h_0 - a')}{m_b R_n b h_0^2}$$

Khi $A \leq A_0$ suy ra α, thay α vào (3-48), ta có:

$$F_a = \frac{m_b R_n b h_0 \alpha}{m_a R_a} + \frac{m_b R_n (b'_c - b) h'_c}{m_a R_a} + \frac{m_a R'_a}{m_a R_a} F'_a$$

Khi $A > A_0$ có thể tăng kích thước tiết diện, số hiệu bê tông hoặc đặt thêm cốt thép F'_a vào vùng nén ; nén để $A < A_0$ sau đó tính lại.

c) Bài toán 3: Kiểm tra cường độ, tính M_{gh} biết kích thước tiết diện, R_n, R_a, cấp công trình, tổ hợp tải trọng.

Xác định vị trí trục trung hòa:

- Nếu $m_a R_a F_a \leq m_b R_n b'_c h'_c + m_a R'_a F'_a$ thì $x \leq h'_c$, kiểm tra như tiết diện chữ nhật có kích thước $b'_c h$.

- Nếu $m_a R_a F_a > m_b R_n b'_c h'_c + m_a R'_a F'_a$ thì $x > h'_c$, kiểm tra như sau:

Từ (3-48) ta có:

$$\alpha = \frac{m_a R_a F_a - m_b R_n (b'_c - b) h'_c - m_a R'_a F'_a}{m_b R_n b h_0}$$

Trung tâm đào tạo xây dựng VIETCONS
http://www.vietcons.org

+ Khi $\alpha \le \alpha_0$ suy ra A, thay A vào (3-49) ta có:

$$M_{gh} = m_b R_n b h_0^2 A + m_b R_n (b'_c - b) h'_c (h_0 - h'_c/2) + m_a R'_a F'_a (h_0 - a')$$

+ Khi $\alpha > \alpha_0$ thì lấy $A = A_0$ thay vào (3-49) ta có:

$$M_{gh} = m_b R_n b h_0^2 A_0 + m_b R_n (b'_c - b) h'_c (h_0 - h'_c/2) + m_a R'_a F'_a (h_0 - a')$$

Điều kiện để đảm bảo an toàn về cường độ:

$$k_n n_c M \le M_{gh}$$

5. Một vài loại tiết diện khác thường gặp được tính theo tiết diện chữ T

5.1. Tiết diện chữ T cánh nằm trong miền kéo

Do bê tông miền kéo bị nứt nên không làm việc vì vậy với tiết diện chữ T cánh trong miền kéo được tính như tiết diện chữ nhật có kích thước bh.

5.2. Tiết diện chữ I

Tiết diện chữ I được tính như tiết diện chữ T có cánh nằm trong miền nén. Còn cánh trong miền kéo coi như bằng không ($h_c = 0$).

5.3. Tiết diện hình hộp

Biến đổi hình hộp thành chữ I tương đương với bề rộng sườn $b = \Sigma b_i$ còn các kích thước khác giữ nguyên.

5.4. Tiết diện chữ Π: Tương tự chuyển thành chữ T.

B. TÍNH CƯỜNG ĐỘ TRÊN MẶT CẮT NGHIÊNG GÓC TRỤC CẤU KIỆN

6. Tính toán cường độ trên mặt cắt nghiêng theo phương pháp đàn hồi

6.1. Tính ứng suất tiếp τ_0 với dầm có chiều cao không đổi

Ta có:
$$\tau_0 = \frac{k_n n_c Q}{bz} \qquad (3\text{-}52)$$

Với tiết diện chữ nhật, chữ T, hình hộp có thể lấy $z = 0{,}9h_0$; b là bề rộng của sườn.

6.2. Ứng suất chính

Ứng suất chính được xác định theo công thức:

$$\sigma_{1,2} = \frac{\sigma_x}{2} \pm \sqrt{\frac{\sigma_x^2}{4} + \tau_{xy}^2}$$

Trung tâm đào tạo xây dựng VIETCONS
http://www.vietcons.org

Góc φ tạo bởi phương ứng suất chính với trục trung hoà:

$$tg2\varphi = -\frac{2\tau_{xy}}{\sigma_x}$$

Ở miền kéo do $\sigma_x = 0$, $\tau_{xy} = \tau_0$ = hằng số, vậy $\sigma_{1,2} = \pm \tau_0$; $\varphi = 45°$ hoặc 135°, quỹ đạo ứng suất chính là hai họ đường thẳng vuông góc với nhau.

6.3. Biểu đồ ứng suất chính kéo và ứng suất tiếp

Xét một dầm đơn như hình 3-14.

Tổng ứng suất tiếp: $T = \Omega b$ (3-53)

Trong đó: Ω - diện tích biểu đồ ứng suất tiếp

b - bề rộng của dầm

Tổng ứng suất chính C do mặt phân bố ứng suất tiếp theo phương trục dầm, còn mặt phân bố ứng suất chính phân bố theo phương nghiêng 45° so với trục dầm nên:

$$C = \frac{T}{\sqrt{2}} = \frac{\Omega b}{\sqrt{2}} \quad (3\text{-}54)$$

6.4. Tính cốt thép ngang (cốt xiên và cốt đai)

a) Điều kiện tính toán

Điều kiện tính cốt xiên, đai:

$$0,6\, m_{b4}\, R_k < \sigma_1 = \tau_0 = \frac{k_n n_c Q}{0,9bh_0} \le m_{b3} R_k^c \quad (3\text{-}55)$$

Trong đó: Q - lực cắt lớn nhất do tải trọng tính toán gây ra,

R_k^c - cường độ chịu kéo tiêu chuẩn của bê tông,

R_k - cường độ chịu kéo tính toán của bê tông,

m_{b3} - hệ số điều kiện làm việc của bê tông trong kết cấu bê tông cốt thép,

m_{b4} - hệ số điều kiện làm việc của kết cấu bê tông không cốt thép.

b) Ứng suất chính kéo do cốt dọc chịu σ_{1a} :

Trị số σ_{1a} phụ thuộc dạng biểu đồ ứng suất chính kéo:

$\sigma_{1a} = 0,225\sigma_1$ khi biểu đồ dạng tam giác;

$\sigma_{1a} = 0,2\sigma_1$ khi biểu đồ dạng chữ nhật;

$\sigma_{1a} = 0,1(\sigma_1 + \sigma_2)$ khi biểu đồ dạng hình thang.

Trung tâm đào tạo xây dựng VIETCONS
http://www.vietcons.org

c) Tính cốt đai:

* Công thức cơ bản:

$$m_a R_{ad} n_d f_d \cos 45^\circ = \sigma_{1d} b a_d \cos 45^\circ$$

Trong đó: n_d - là số nhánh của cốt đai;

f_d - diện tích một nhánh cốt đai;

R_{ad} - cường độ chịu kéo tính toán của cốt đai;

σ_{1d} - phần ứng suất chính kéo do cốt đai chịu;

a_d - khoảng cách giữa các cốt đai;

b - bề rộng của dầm.

suy ra: $$m_a R_{ad} n_d f_d = \sigma_{1d} b a_d \quad (3\text{-}56)$$

* Tính cốt đai khi không có cốt xiên :

Nếu thoả mãn điều kiện (3-55) cần tính cốt đai.

- Ứng suất chính kéo do cốt đai chịu là:

$$\sigma_{1d} = \sigma_1 - \sigma_{1a}$$

- Giả thiết n_d, f_d theo điều kiện cấu tạo sau đó tính a_d:

Từ (3-56) ta có: $$a_d = \frac{m_a R_{ad} n_d f_d}{\sigma_{1d} b} \quad (3\text{-}57)$$

d) Tính cốt xiên:

* Công thức cơ bản:

Gọi $C_x = \frac{\Omega_x b}{\sqrt{2}}$ là tổng ứng suất chính kéo do cốt xiên phải chịu, theo điều kiện cân bằng ta có:

$$m_a R_{ax} F_x = \frac{\Omega_x b}{\sqrt{2}} \quad (3\text{-}58)$$

Trong đó: F_x - tổng diện tích cốt xiên đặt nghiêng góc 45° so với trục dầm;

R_{ax} - cường độ cốt xiên;

m_a - hệ số điều kiện làm việc của cốt thép xiên;

$m_a R_{ax} F_x$ là khả năng chịu lực của cốt xiên theo phương 45°.

* Tính cốt xiên khi không có cốt đai:

$\sigma_{1x} = \sigma_1 - \sigma_{1a}$ là ứng suất chính kéo do cốt xiên phải chịu. Từ biểu đồ ứng suất tiếp tính được diện tích Ω.

Trung tâm đào tạo xây dựng VIETCONS
http://www.vietcons.org

Từ (3-58) ta có:

$$F_x = \frac{\Omega_x b}{m_a R_{ax}\sqrt{2}} \tag{3-59}$$

Khi cốt xiên đặt nghiêng góc với trục dầm một góc $\alpha \neq 45°$ ta có:

$$F_x = \frac{\Omega_x b}{m_a R_{ax}\sqrt{2}\cos(\alpha - 45°)} \tag{3-60}$$

Khi chiều cao tiết diện lớn thì $\alpha = 60°$, khi chiều cao nhỏ thì $\alpha = 30°$.

e) Tính cốt đai và cốt xiên:

- Tính σ_{1a} - ứng suất chính kéo do cốt dọc chịu.

- Tính σ_{1d} - ứng suất chính kéo do cốt đai chịu, giả thiết n_d, f_d, a_d theo điều kiện cấu tạo, thay vào (3-56) tính được σ_{1d} :

$$\sigma_{1d} = \frac{m_a R_{ad} n_d f_d}{b a_d} \tag{3-61}$$

- Tính $\sigma_{1x} = \sigma_1 - (\sigma_{1a} + \sigma_{1d})$ là ứng suất chính kéo do cốt xiên chịu.

- Từ σ_{1x}, ta tính được diện tích Ω_x.

- Thay Ω_x vào (3-59), hoặc (3-60) tùy theo góc nghiêng α ta xác định được F_x .

f) Xác định vị trí thép xiên:

Sau khi tính được tổng diện tích cốt xiên F_x ta có thể đặt chúng thành một lớp hoặc nhiều lớp. Vị trí của mỗi lớp thép xiên được xác định theo nguyên tắc ứng suất chính kéo do mỗi lớp cốt xiên chịu phải bằng nhau.

7. Tính toán cường độ trên mặt cắt nghiêng theo trạng thái giới hạn

7.1. Điều kiện tính toán

$$k_1 m_{b4} R_k b h_0 < k_n n_c Q \leq 0{,}25\, m_{b3} R_n b h_0 \tag{3-62}$$

Trong đó: $k_1 = 0{,}6$ đối với dầm,

$k_1 = 0{,}8$ đối với bản.

- Nếu: $$k_n n_c Q > 0{,}25 m_{b3} R_n b h_0 \tag{3-63}$$

thì bê tông bị ép vỡ bởi ứng suất nén chính ở mặt cắt nghiêng.

- Nếu: $$k_n n_c Q < k_1 m_{b4} R_k b h_0 \tag{3-64}$$

thì bê tông đảm bảo được lực cắt nên không cần tính cốt thép ngang.

Trung tâm đào tạo xây dựng VIETCONS
http://www.vietcons.org

7.2. Ký hiệu dùng trong tính toán

R_{ax}, R_{ad} - cường độ của thép xiên, đai;

F_x - diện tích lớp thép xiên;

F_d - diện tích 1 vòng cốt đai; $F_d = nf_d$ (với n là số nhánh; f_d là diện tích 1 nhánh);

u - khoảng cách giữa các vòng cốt đai;

Z_x, Z_d - khoảng cách của từng lớp cốt xiên, vòng cốt đai đến hợp lực miền nén D_b ;

R_a, F_a - cường độ, diện tích cốt dọc;

Z_a - khoảng cách từ trọng tâm cốt dọc đến D_b ;

C - hình chiếu của tiết diện nghiêng lên phương trục dầm;

α - góc nghiêng của cốt xiên với phương trục dầm.

7.3. Công thức tính toán

$$k_n n_c Q \le Q_b + \sum m_a R_{ad} F_d + \sum m_a R_{ax} F_x \sin\alpha \qquad (3\text{-}65)$$

Trong đó: Q_b - khả năng chịu cắt của bê tông vùng nén, được xác định theo công thức thực nghiệm:

$$Q_b = \frac{2m_{b4}R_k bh_0^2}{C} \qquad (3\text{-}66)$$

7.4. Tính toán cốt đai khi không đặt cốt xiên

a) Khả năng chịu lực cắt của cốt đai và bê tông $Q_{đb}$

Khi không có cốt xiên thì $\sum R_{ax}F_x \sin\alpha = 0$

Với khoảng cách giữa các cốt đai u đều nhau ta có:

$$\sum m_a R_{ad} F_d = m_a R_{ad} F_d \frac{C}{u} = m_a R_{ad} n f_d \frac{C}{u} = q_d C \qquad (3\text{-}67)$$

Trong đó:
$$q_d = \frac{m_a R_{ad} F_d}{u} = \frac{m_a R_{ad} n f_d}{u} \qquad (3\text{-}68)$$

thay (3-66), (3-67) vào (3-65) ta có:

$$k_n n_c Q \le \frac{2m_{b4}R_k bh_0^2}{C} + q_d C = Q_{DB} \qquad (3\text{-}69)$$

Q_{DB}- khả năng chịu lực cắt của bê tông và cốt đai trên tiết diện nghiêng C.

Giá trị nhỏ nhất của Q_{DB} tính theo C như sau:

$$\frac{dQ_{DB}}{dC} = -\frac{2m_{b4}R_k bh_0^2}{C^2} + q_d = 0 \qquad (3\text{-}70)$$

Trung tâm đào tạo xây dựng VIETCONS
http://www.vietcons.org

Rút ra $$C_0 = \sqrt{\frac{2m_{b4}R_k bh_0^2}{q_đ}} \quad (3\text{-}71)$$

Trong đó: C_0 - hình chiếu của tiết diện nghiêng nguy hiểm nhất lên phương của trục dầm.

Khả năng chịu lực cắt của cốt đai và bê tông trên tiết diện nghiêng nguy hiểm nhất ký hiệu là $Q_{đb}$:

$$Q_{đb} = \sqrt{8m_{b4}R_k bh_0^2 q_đ} = 2{,}8\ h_0\ \sqrt{m_{b4}R_k bq_đ} \quad (3\text{-}72)$$

b) Tính khoảng cách của cốt đai

Cần xác định 3 đại lượng của cốt đai: đường kính, số nhánh n và khoảng cách u. Giả thiết trước đường kính và số nhánh rồi tính khoảng cách u theo lực cắt Q.

- Khoảng cách cốt đai theo tính toán u_{tt}:

Điều kiện bảo đảm cường độ trên tiết diện nghiêng:

$$k_n n_c Q \le Q_{đb} = \sqrt{8m_{b4}R_k bh_0^2 q_đ} \quad (3\text{-}73)$$

từ đó rút ra: $$q_đ \ge \frac{(k_n n_c Q)^2}{8m_{b4}R_k bh_0^2} \quad (3\text{-}74)$$

Khoảng cách tính toán của cốt đai:

$$u_{tt} = m_a R_{ađ}\, n\, f_đ\, \frac{8m_{b4}R_k bh_0^2}{(k_n n_c Q)^2} \quad (3\text{-}75)$$

- Khoảng cách lớn nhất giữa hai cốt đai u_{max} :

Tiết diện nghiêng nguy hiểm nhất C_0 nằm giữa khoảng cách giữa hai lớp cốt đai u_{max}, ta có:

$$k_n n_c Q \le Q_b = \frac{2m_{b4}R_k bh_0^2}{u_{max}} \quad (3\text{-}76)$$

Rút ra: $$u_{max} = \frac{2m_{b4}R_k bh_0^2}{k_n n_c Q} \quad (3\text{-}77)$$

Để tăng mức độ an toàn người ta dùng:

$$u_{max} = \frac{1{,}5m_{b4}R_k bh_0^2}{k_n n_c Q} \quad (3\text{-}78)$$

c) Khoảng cách cấu tạo của cốt đai

Tiêu chuẩn thiết kế quy định khoảng cách cốt đai cấu tạo như sau:

- Trên đoạn dầm gần gối tựa (lực cắt lớn):

Trung tâm đào tạo xây dựng VIETCONS
http://www.vietcons.org

$$u_{ct} \le \begin{vmatrix} h/2 \\ 150\ mm \end{vmatrix} \text{ khi chiều cao dầm } h \le 450\ mm$$

$$u_{ct} \le \begin{vmatrix} h/3 \\ 300\ mm \end{vmatrix} \text{ khi } h > 450\ mm$$

- Trên đoạn còn lại ở giữa dầm:

$$u_{ct} \le \begin{vmatrix} h/4 \\ 500\ mm \end{vmatrix} \text{ khi } h > 300\ mm$$

Đoạn dầm gần gối tựa lấy bằng 1/4 nhịp khi dầm chịu tải trọng phân bố đều; lấy bằng khoảng cách từ gối đến lực tập trung đầu tiên (nhưng không bé hơn 1/4 nhịp) khi dầm chịu lực tập trung.

d) Khoảng cách thiết kế của cốt đai

Sau khi tính được các khoảng cách cốt đai u_{tt}, u_{max}, u_{ct}, khoảng cách thiết kế của cốt đai phải lấy nhỏ hơn hoặc bằng giá trị bé nhất trong số các giá trị tính được ở trên. Tức là:

$$u \le \begin{vmatrix} u_{tt} \\ u_{max} \\ u_{ct} \end{vmatrix} \qquad (3\text{-}79)$$

Đồng thời khoảng cách cốt đai cũng cần lấy chẵn đến đơn vị cm cho dễ thi công.

7.5. Tính toán cốt xiên

Căn cứ vào độ lớn của dầm để bố trí cốt đai hợp lý (tức là chọn trước n, $f_đ$ và u), rồi tính $Q_{đb}$. Ở những đoạn dầm mà $Q > Q_{đb}$ thì phải bố trí và tính toán cốt xiên.

a) Bố trí các lớp cốt xiên.

Khoảng cách giữa các lớp cốt xiên phải đảm bảo:

$$u_{xi} \le u_{max}$$

Trong đó:

u_{xi} - khoảng cách từ điểm cuối của lớp cốt xiên thứ (i-1) đến điểm đầu của lớp cốt xiên thứ i. Mép gối tựa coi là điểm cuối của lớp cốt xiên thứ 0, điểm có $k_n n_c Q = Q_{đb}$ coi là điểm thứ (i+1).

u_{max} - được tính theo (3-78), cho đoạn nào của dầm thì dùng Q lớn nhất trong đoạn đó.

b) Tính diện tích các lớp cốt xiên.

Tiết diện nghiêng C bất kỳ có thể cắt qua nhiều lớp cốt xiên, điều kiện đảm bảo cường độ trên mặt cốt xiên đó là:

$$k_n n_c Q \le Q_{DB} + \sum m_a R_{ax} F_x \sin\alpha \qquad (3\text{-}80)$$

Trung tâm đào tạo xây dựng VIETCONS
http://www.vietcons.org

Để đơn giản trong tính toán và an toàn hơn khi sử dụng cho rằng tiết diện nghiêng C_0 luôn luôn cắt qua lớp cốt xiên. Khi đó điều kiện cường độ sẽ là:

$$k_n n_c Q_i \le Q_{db} + m_a R_{ax} F_x \sin\alpha \qquad (3\text{-}81)$$

với Q_i được tính tại các tiết diện (tham khảo giáo trình BTCT).

Diện tích lớp cốt xiên thứ i là:

$$F_{xi} = \frac{k_n n_c Q_i - Q_{db}}{m_a R_{ax} \sin\alpha} \qquad (3\text{-}82)$$

7.6. Kiểm tra cường độ trên tiết diện nghiêng theo mô men

Điều kiện về cường độ trên tiết diện nghiêng theo mô men:

$$k_n n_c M \le m_a R_a F_a Z_a + \Sigma m_a R_{ad} F_d Z_d + \Sigma m_a R_{ax} F_x Z_x \qquad (3\text{-}83)$$

Điều kiện trên sẽ được thỏa mãn bằng một số yêu cầu cấu tạo và tính toán bổ sung:

a) Neo cốt dọc chịu kéo tại gối tựa tự do.

b) Uốn cốt dọc chịu kéo.

Để tiết kiệm thép có thể cắt bỏ bớt cốt thép dọc tại những đoạn dầm có mô men nhỏ. Điểm cắt thực tế phải cách tiết diện cắt lý thuyết một đoạn W:

$$W = \frac{0,8 k_n n_c Q - m_a R_{ax} F_x \sin\alpha}{2 q_d} + 5d \ge 20d \qquad (3\text{-}84)$$

Trong đó: Q - lực cắt tại tiết diện cắt lý thuyết;

F_x - diện tích lớp cốt xiên trong đoạn W. Nếu trong đoạn W không có cốt xiên thì $F_x = 0$;

q_d - theo (3-68);

d - đường kính cốt dọc.

8. Biểu đồ bao vật liệu

Về nguyên tắc để vẽ biểu đồ bao vật liệu tại mỗi tiết diện cần thực hiện bài toán kiểm tra cường độ để tìm khả năng chịu mô men "âm", mô men "dương" của tiết diện.

Có thể dùng công thức gần đúng:

$$M_{gh} = m_a R_a F_a Z_a + m_a R_{ax} F_x Z_x \qquad (3\text{-}85)$$

Trong đó: Z_a - khoảng cách từ cốt thép F_a đến điểm đặt hợp lực miền nén được lấy gần đúng:

$$Z_a = \begin{cases} 0,9h_0 \\ h_0 - 0,5h_c \end{cases}$$ với tiết diện chữ nhật và chữ T cánh nén.

Z_x - khoảng cách từ cốt xiên đến hợp lực miền nén.

Biểu đồ bao vật liệu phải nằm ngoài biểu đồ bao nội lực.

Trung tâm đào tạo xây dựng VIETCONS
http://www.vietcons.org

Chương 4: CẤU KIỆN CHỊU NÉN, CẤU KIỆN CHỊU KÉO

A. CẤU KIỆN CHỊU NÉN

1. Cấu kiện chịu nén đúng tâm

1.1. Công thức cơ bản

Phương trình hình chiếu lên trục cấu kiện:

$$k_n n_c N \le \varphi (m_b R_n F_b + m_a R_a F_a) \qquad (4\text{-}1)$$

Trong đó: $N = \dfrac{N_{dh}}{m_{dh}} + N_{ngh}$

N_{dh}, N_{ngh} - lực dọc tính toán do tải trọng tác dụng dài hạn và ngắn hạn gây ra;

m_{dh} - hệ số kể đến ảnh hưởng của tải trọng dài hạn (phụ lục 15);

φ - hệ số uốn dọc (phụ lục 15);

F_b - diện tích tiết diện bê tông;

F_a - diện tích cốt thép.

1.2. Các bài toán

a) Bài toán 1: Tính diện tích cốt thép F_a khi biết kích thước tiết diện.

Từ (4-1) có:

$$F_a = \frac{k_n n_c N/\varphi - m_b R_n F_b}{m_a R_a} \qquad (4\text{-}2)$$

Phải đảm bảo điều kiện: $\mu_{min} \le \dfrac{F_a}{F_b} \le 3\%$.

Sau đó cần chọn đường kính cốt thép, số thanh cốt thép và bố trí đúng yêu cầu cấu tạo.

b) Bài toán 2: Xác định kích thước tiết diện, tính F_a khi biết lực dọc N.

Từ (4-1) có: $$k_n n_c N \le \varphi F_b (m_b R_n + \frac{F_a}{F_b} m_a R_a) \qquad (4\text{-}3)$$

Chọn $\dfrac{F_a}{F_b} = \mu = (0{,}5 \div 1{,}5)\%$ và giả thiết $\varphi = 1$ thay vào (4-3), ta có:

$$F_b = \frac{k_n n_c N}{m_b R_n + \mu m_a R_a} \qquad (4\text{-}4)$$

Sau khi đã có kích thước tiết diện (cột vuông, tròn, chữ nhật), tính F_a theo bài toán 1.

c) Bài toán 3: Kiểm tra cường độ - tìm N_{gh} khi biết các điều kiện khác.

Trung tâm đào tạo xây dựng VIETCONS
http://www.vietcons.org

Tính độ mảnh λ, tra bảng được giá trị φ, thay vào (4-1), cấu kiện bảo đảm khả năng chịu lực nếu thỏa mãn điều kiện:

$$k_n n_c N \le N_{gh} = \varphi (m_b F_b R_n + m_a R_a F_a) \quad (4\text{-}5)$$

2. Hệ số uốn dọc của cấu kiện nén lệch tâm

Trong tính toán dùng độ lệch tâm cuối cùng ηe_0 với $\eta \ge 1$ thay cho độ lệch tâm ban đầu e_0.

Nếu $l_0/h \le 10$ đối với tiết diện chữ nhật, ảnh hưởng uốn dọc không đáng kể, lấy $\eta = 1$.

Nếu $l_0/h > 10$ đối với tiết diện chữ nhật, hệ số $\eta > 1$ được tính theo biểu thức sau:

$$\eta = \frac{1}{1 - \frac{k_n n_c N}{400 m_b R_n F}\left(\frac{l_0}{h}\right)^2} \quad (4\text{-}12)$$

Trong đó: h - cạnh theo phương song song với mặt phẳng uốn.

3. Tính cấu kiện chịu nén lệch tâm tiết diện chữ nhật cốt thép không đối xứng ($F_a \ne F'_a$)

3.1. Trường hợp nén lệch tâm lớn

a) Công thức cơ bản

- Phương trình cân bằng hình chiếu:

$$k_n n_c N \le m_b R_n b x + m_a R'_a F'_a - m_a R_a F_a \quad (4\text{-}13)$$

$$k_n n_c N \le m_b R_n b h_0 \alpha + m_a R'_a F'_a - m_a R_a F_a \quad (4\text{-}13a)$$

- Phương trình cân bằng mô men đối với điểm đặt của hợp lực cốt thép F_a:

$$k_n n_c N e \le m_b R_n b x (h_0 - x/2) + m_a R'_a F'_a (h_0 - a') \quad (4\text{-}14)$$

$$k_n n_c N e \le m_b R_n b h_0^2 A + m_a R'_a F'_a (h_0 - a') \quad (4\text{-}14a)$$

b) Điều kiện hạn chế

$$2a' \le x \le \alpha_0 h_0 \text{ hoặc } 2a'/h_0 \le \alpha \le \alpha_0 \quad (4\text{-}16)$$

c) Các bài toán

Bài toán 1: Tính F_a và F'_a khi biết các điều kiện b, h, l_0, M, N, ...

- Nếu $\eta e_0 = \eta M / N \ge 0{,}3 h_0$ tính theo cấu kiện chịu nén lệch tâm lớn.

Thay $A = A_0$ vào (4-14a) ta có:

$$F'_a = \frac{k_n n_c N e - m_b R_n b h_0^2 A_0}{m_a R'_a (h_0 - a')} \quad (4\text{-}17)$$

Trung tâm đào tạo xây dựng VIETCONS
http://www.vietcons.org

– Nếu $F'_a \geq \mu_{min} b h_0$ (μ_{min} theo bảng 4-1), thay $\alpha = \alpha_0$ vào (4-13a) ta có:

$$F_a = \frac{1}{m_a R_a} (m_b R_n b h_0 \alpha_0 + m_a R'_a F'_a - k_n n_c N) \quad (4\text{-}18)$$

– Nếu $F'_a < \mu_{min} b h_0$, lấy $F'_a = \mu_{min} b h_0$ và tính F_a như bài toán 2 dưới đây.

Bài toán 2: Tính F_a khi biết F'_a và các điều kiện khác.

Từ (4-14a) tính được A :

$$A = \frac{k_n n_c N e - m_a R'_a F'_a (h_0 - a')}{m_b R_n b h_0^2} \quad (4\text{-}19)$$

Từ A tính hoặc tra bảng được giá trị của α.

- Nếu $\frac{2a'}{h_0} \leq \alpha \leq \alpha_0$ (hoặc $2a' \leq x = \alpha h_0 \leq \alpha_0 h_0$), thay α vào (4-13a):

$$F_a = \frac{1}{m_a R_a} (m_b R_n b h_0 \alpha + m_a F'_a R'_a - k_n n_c N) \quad (4\text{-}20)$$

- Nếu $\alpha < \frac{2a'}{h_0}$ (hoặc $x < 2a'$), lấy $x = 2a'$. Từ phương trình mô men với trọng tâm F'_a ta tính được:

$$k_n n_c N e' \leq m_a R_a F_a (h_0 - a') \quad (4\text{-}21)$$

Từ (4-21) cũng tính được:

$$F_a = \frac{k_n n_c N e'}{m_a R_a (h_0 - a')} \quad (4\text{-}22)$$

- Nếu $\alpha > \alpha_0$ ($A > A_0$), tính chúng theo cấu kiện nén lệch tâm nhỏ.

3.2. Trường hợp nén lệch tâm nhỏ

Trường hợp này, e và e' tính theo biểu thức sau:

$$e = \eta e_0 + h/2 - a; \qquad e' = h/2 - \eta e_0 - a'$$

a) Các công thức cơ bản

Phương trình mô men đối với trục qua trọng tâm F_a ta có:

$$k_n n_c N e \leq m_b R_n b x (h_0 - x/2) + m_a R'_a F'_a (h_0 - a') \quad (4\text{-}23)$$

Phương trình hình chiếu ta có:

$$k_n n_c N \leq m_b R_n b x + m_a R'_a F'_a \pm m_a \sigma_a F_a \quad (4\text{-}24)$$

Trung tâm đào tạo xây dựng VIETCONS
http://www.vietcons.org

Trong đó: lấy dấu (-) khi $x < h_0$ và dấu (+) khi $x \geq h_0$ (do có thể một phần hoặc toàn bộ tiết diện bê tông chịu nén) và σ_a trong (4-24) tính theo công thức sau:

$$\sigma_a = \left(2\frac{1-\alpha}{1-\alpha_0} - 1\right)R_a \qquad (4\text{-}25)$$

Trong đó: α_0 theo phụ lục 11, $\alpha = x/h_0$

Có thể tính gần đúng x theo công thức.

$$x = \begin{cases} h-(1{,}8+0{,}5h/h_0-1{,}4\alpha_0)\eta e_0, \text{ khi } \eta e_0 \leq 0{,}2h_0, \\ 1{,}8(0{,}3h_0-\eta e_0)+\alpha_0 h_0, \text{ khi } 0{,}2h_0 < \eta e_0. \end{cases} \qquad (4\text{-}26)$$

b) Điều kiện hạn chế

$$x > \alpha_0 h_0 \text{ hoặc } \alpha > \alpha_0 \qquad (4\text{-}27)$$

c) Bài toán thiết kế

Tính F_a và F'_a khi biết b, h, l_0, M, N, R_a, R'_a, R_n và các hệ số ...

Xét uốn dọc: $l_0/h \leq 10$ ta có $\eta = 1$; $l_0/h > 10$ tính η theo (4-12).

Xét trường hợp tính toán: $\eta e_0 = \eta\, M/N < 0{,}3h_0$ tính cấu kiện như nén lệch tâm nhỏ.

Tính x theo (4-26) thay x vào (4-25), (4-23) và (4-24) ta có:

$$F'_a = \frac{k_n n_c Ne - m_b R_n bx(h_0 - x/2)}{m_a R'_a(h_0 - a')} \qquad (4\text{-}28)$$

$$F_a = \frac{1}{\mp m_a \sigma_a}(m_b R_n bx + m_a R'_a F'_a - k_n n_c N) \qquad (4\text{-}29)$$

Sau khi tính cần kiểm tra hàm lượng cốt thép, chọn và bố trí chúng theo yêu cầu cấu tạo.

4. Tính cấu kiện chịu nén lệch tâm tiết diện chữ nhật cốt thép đối xứng ($F_a = F'_a$)

Kết cấu bê tông cốt thép nén lệch tâm đặt thép đối xứng được tính toán như sau:

Xét uốn dọc: $l_0/h \leq 10$ lấy $\eta = 1$; $l_0/h > 10$ tính η theo (4-12).

Giả thiết là nén lệch tâm lớn, từ (4-13) tính được chiều cao vùng nén:

$$x = \frac{k_n n_c N}{m_b R_n b} \qquad (4\text{-}30)$$

- Nếu $2a' \leq x \leq \alpha_0 h_0$ thì đúng là nén lệch tâm lớn, thay x vào (4-14) tính được:

$$F_a = F'_a = \frac{k_n n_c Ne - m_b R_n bx(h_0 - x/2)}{m_a R_a(h_0 - a')} \qquad (4\text{-}31)$$

Trung tâm đào tạo xây dựng VIETCONS
http://www.vietcons.org

- Nếu $x < 2a'$: cấu kiện là nén lệch tâm lớn nhưng không thỏa mãn điều kiện (4-16), từ (4-21) tính được:

$$F_a' = F_a = \frac{k_n n_c N e'}{m_a R_a (h_0 - a')} \quad (4\text{-}32)$$

- Nếu $x > \alpha_0 h_0$: cấu kiện là nén lệch tâm bé, cần tính lại x theo (4-26), thay vào (4-23) tính được:

$$F_a = F_a' = \frac{k_n n_c N e - m_b R_n b x (h_0 - x/2)}{m_a R_a' (h_0 - a')} \quad (4\text{-}33)$$

Sau khi tính cần kiểm tra hàm lượng cốt thép, chọn và bố trí chúng theo yêu cầu cấu tạo.

5. Kiểm tra cường độ cấu kiện chịu nén lệch tâm tiết diện chữ nhật

Có hai bài toán kiểm tra cường độ như sau: Kiểm tra xem kết cấu có đủ khả năng chịu lực hay không? và xác định N_{gh} ứng với độ lệch tâm e_0 nào đó. Thông thường người ta kiểm tra theo trường hợp đầu tiên. Với mô men M và lực nén dọc N tại tiết diện có b, h, l_0, R_a, R_a', F_a, F_a' và các hệ số, quá trình tính toán như sau:

Xét uốn dọc tính được hệ số η:

Giả thiết cấu kiện chịu nén lệch tâm lớn, từ (4-13) suy ra:

$$x = \frac{k_n n_c N + m_a R_a F_a - m_a R_a' F_a'}{m_b R_n b} \quad (4\text{-}34)$$

- Nếu $2a' \le x \le \alpha h_0$ thì kiểm tra cường độ theo (4-14).

- Nếu $x < 2a'$ thì kiểm tra theo (4-21).

- Nếu $x > \alpha_0 h_0$: cấu kiện là nén lệch tâm bé. Tính lại x theo (4-26), σ_a theo (4-25), thay vào (4-24) và (4-23) cả hai công thức này thỏa mãn cấu kiện mới đảm bảo an toàn về cường độ.

B. CẤU KIỆN CHỊU KÉO

6. Cấu kiện chịu kéo đúng tâm

Khi tính toán cấu kiện chịu kéo đúng tâm, coi bê tông không tham gia chịu lực vì đã bị nứt, toàn bộ lực kéo do cốt thép chịu. Điều kiện về khả năng chịu lực là:

$$k_n n_c N \le m_a R_a F_a \quad (4\text{-}44)$$

Trong đó : F_a - diện tích của toàn bộ cốt thép dọc.

Từ công thức (4-44) dễ dàng tính ra diện tích cốt thép khi đã biết lực kéo. Diện tích tiết diện bê tông thường được chọn theo cấu tạo.

Trung tâm đào tạo xây dựng VIETCONS
http://www.vietcons.org

7. Tính cấu kiện chịu kéo lệch tâm tiết diện chữ nhật

7.1. Trường hợp kéo lệch tâm lớn

Cấu kiện chịu kéo lệch tâm lớn khi lực dọc lệch tâm N đặt ngoài phạm vi F_a và F'_a. Với tiết diện chữ nhật $e_0 = M/N > h/2 - a$.

a) Công thức cơ bản:

$$k_n n_c N \le m_a R_a F_a - m_b R_n b h_0 \alpha - m_a R'_a F'_a \quad (4\text{-}45a)$$

$$k_n n_c N e \le m_b R_n b h_0^2 A + m_a R'_a F'_a (h_0 - a') \quad (4\text{-}46a)$$

b) Điều kiện hạn chế:

$$2a' \le x \le \alpha_0 h_0 \quad (4\text{-}48)$$

và $$e_0 \ge h/2 - a \quad (4\text{-}49)$$

c) Các bài toán:

* *Bài toán 1*: Tính F_a và F'_a khi biết b, h, M, N, R_n, R'_a, R_a và các hệ số.

Khi $e_0 > h/2 - a$ tính theo kéo lệch tâm lớn.

Lấy $x = \alpha_0 h_0$ (tức là $\alpha = \alpha_0$; $A = A_0$). Thay $A = A_0$ vào (4-46a) ta có:

$$F'_a = \frac{k_n n_c N e - A_0 m_b R_n b h_0^2}{m_a R'_a (h_0 - a')} \quad (4\text{-}50)$$

- Nếu $F'_a \ge \mu_{min} b h_0$. thay $\alpha = \alpha_0$ vào (4-45a) ta có:

$$F_a = \frac{1}{m_a R_a} (k_n n_c N + m_b R_n b h_0 \alpha_0 + m_a R''_a F'_a) \quad (4\text{-}51)$$

- Nếu $F'_a < \mu_{min} b h_0$ lấy $F'_a = \mu_{min} b h_0$, bài toán trở thành biết F'_a tính F_a theo dạng bài toán 2 dưới đây.

* *Bài toán 2*: Tính F_a khi biết F'_a, b, h, M, N, R_n, R'_a, R_a và các hệ số.

Từ (4-46a) tính được:

$$A = \frac{k_n n_c N e - m_a R'_a F'_a (h_0 - a')}{m_b R_n b h_0^2} \quad (4\text{-}52)$$

Từ A xác định được α.

- Nếu $2a'/h_0 \le \alpha \le \alpha_0$ hoặc $2a' \le x = \alpha h_0 \le \alpha_0 h_0$, từ (4-45a) suy ra:

$$F_a = \frac{1}{m_a R_a} (k_n n_c N + m_b R_n b h_0 \alpha + m_a R'_a F'_a) \quad (4\text{-}53)$$

- Nếu $\alpha < 2a'/h_0$ hoặc $x < 2a'$, cốt thép F'_a đạt $\sigma'_a < R'_a$, cho phép dùng $x = 2a'$, từ phương trình mô men với trọng tâm F'_a ta có:

Trung tâm đào tạo xây dựng VIETCONS
http://www.vietcons.org

$$k_n n_c Ne' \le m_a R_a F_a (h_0 - a') \quad (4\text{-}54)$$

Vậy
$$F_a = \frac{k_n n_c Ne'}{m_a R_a (h_0 - a')} \quad (4\text{-}55)$$

* *Bài toán 3*: Kiểm tra cường độ.

Chỉ tính như kéo lệch tâm lớn khi $e_0 > (h/2 - a)$. Có hai trường hợp trong bài toán kiểm tra cường độ.

Thông thường chỉ kiểm tra xem cấu kiện chịu kéo lệch tâm có đủ an toàn về cường độ hay không với M và N tại tiết diện có b, h, R_n, R_a, F_a, F_a' và các hệ số.

Từ (4-45 trong Giáo trình BTCT) tính được x:

$$x = \frac{m_a R_a F_a - m_a R_a' F_a' - k_n n_c N}{m_b R_n b} \quad (4\text{-}56)$$

- Nếu $2a' \le x \le \alpha_0 h_0$ thay x hoặc $A = \alpha\left(1 - \frac{\alpha}{z}\right)$, trong đó $\alpha = \frac{x}{h_0}$ vào (4-46a) để kiểm tra.

- Nếu $x < 2a'$ kiểm tra theo điều kiện (4-54).

- Nếu $x > \alpha_0 h_0$ thay $x = \alpha_0 h_0$ hoặc $A = A_0$ vào công thức (4-46a) để kiểm tra.

7.2. Trường hợp kéo lệch tâm bé

Kéo lệch tâm bé xảy ra khi $e_0 \le (h/2 - a)$

a) Công thức cơ bản:

Điều kiện về cường độ được suy từ phương trình cân bằng mô men đối với các trục đi qua trọng tâm cốt thép F_a và F_a' :

$$k_n n_c Ne \le m_a R_a' F_a' (h_0 - a') \quad (4\text{-}60)$$

$$k_n n_c Ne' \le m_a R_a F_a (h_0 - a') \quad (4\text{-}61)$$

b) Các bài toán:

* *Bài toán 1*: Tính cốt thép F_a và F_a' khi biết các điều kiện khác.

Theo (4-60), (4-61) tính được F_a' và F_a. Diện tích cốt thép phải thỏa mãn điều kiện:

$$\frac{F_a}{bh_0} > \mu_{min} \text{ và } \frac{F_a'}{bh_0} \ge \mu_{min}$$

* *Bài toán 2*: Kiểm tra cường độ

Khi $e_0 < (h/2 - a)$, cấu kiện chỉ an toàn khi bảo đảm cả hai điều kiện (4-60) và (4-61).

Trung tâm đào tạo xây dựng VIETCONS
http://www.vietcons.org

Chương 5: TÍNH TOÁN CẤU KIỆN BÊ TÔNG CỐT THÉP THEO TRẠNG THÁI GIỚI HẠN THỨ HAI

A. TÍNH ĐỘ VÕNG CỦA CẤU KIỆN CHỊU UỐN

1. Khái niệm chung

Đối với dầm đơn, công thức tổng quát để tính độ võng lớn nhất được xác định như sau:

$$f_{max} = S.\frac{M^c}{B}l^2 \qquad (5\text{-}1)$$

Trong đó: S - hệ số phụ thuộc điều kiện liên kết và tải trọng tác dụng lên cấu kiện.

Đối với dầm liên tục, có thể tính được chuyển vị, góc xoay nhờ việc nhân biểu đồ đơn vị $\overline{M}_k$ và biểu đồ nội lực M^c của dầm.

2. Độ cứng của dầm bê tông cốt thép

a) Trường hợp chưa xuất hiện khe nứt trong BTCT

Đối với cấu kiện BTCT chưa xuất hiện khe nứt, trạng thái ứng suất - biến dạng ở giai đoạn Ia, độ cứng B_{ngh} được xác định theo công thức sau:

$$B_{ngh} = 0{,}8\ E_b J_{qđ} \qquad (5\text{-}2)$$

Trong đó: E_b - mô đun biến dạng ban đầu của bê tông;

$J_{qđ}$ - mô men quán tính của tiết diện quy đổi.

b) Trường hợp có xuất hiện khe nứt trong BTCT

Đối với cấu kiện đã xuất hiện khe nứt, độ cứng của dầm BTCT được xác định trên cơ sở giai đoạn II của trạng thái ứng suất - biến dạng.

Công thức xác định độ cứng B_{ngh} của kết cấu BTCT như sau:

$$B_{ngh} = \frac{E_a F_a Z_1 (h_0 - \overline{x})}{\psi_a} \qquad (5\text{-}10)$$

Trong đó: E_a - mô đun đàn hồi của cốt thép;

F_a - diện tích cốt thép chịu kéo;

Z_1 - cánh tay đòn nội ngẫu lực;

$\overline{x}$ - chiều cao trung bình của bê tông vùng chịu nén;

$h_0 = h - a$ - chiều cao hữu ích của tiết diện;

ψ_a - hệ số xét đến sự làm việc của bê tông ở giữa các khe nứt, lấy theo phụ lục 16 hoặc có thể xác định theo các công thức thực nghiệm.

Trung tâm đào tạo xây dựng VIETCONS
http://www.vietcons.org

3. Độ cứng của dầm BTCT khi chịu tác dụng của tải trọng dài hạn

Độ cứng B_{dh} được xác định theo công thức sau:

$$B_{dh} = B_{ngh}\frac{q^c + p^c}{\delta q^c + p^c} \qquad (5\text{-}11)$$

Trong đó: q^c - tải trọng tiêu chuẩn tác dụng dài hạn,

p^c - tải trọng tiêu chuẩn tác dụng ngắn hạn,

δ - hệ số giảm độ cứng, lấy như sau:

Đối với mặt cắt chữ T cánh chịu nén: $\delta = 1{,}5$; cánh chịu kéo: $\delta = 2{,}5$,

Đối với mặt cắt chữ nhật, chữ I, hình hộp và các mặt cắt tương tự: $\delta = 2$.

4. Xác định các trị số trong công thức độ cứng B_{ngh}

- Chiều cao vùng nén trung bình $\bar{x}$

Thực nghiệm cho thấy chiều cao vùng nén trung bình $\bar{x}$ của miền bê tông chịu nén và chiều cao x của miền bê tông chịu nén tại tiết diện có khe nứt có quan hệ như sau:

$$\varphi = \frac{x}{\bar{x}} = 1 - \frac{0{,}7}{100\mu + 1} \qquad (5\text{-}12)$$

Việc xác định chính xác chiều cao vùng nén x theo các công thức từ phương trình hình chiếu các lực lên phương trục dầm khá phức tạp nên tiêu chuẩn thiết kế cho phép tính chiều cao x theo công thức thực nghiệm đối với tiết diện chữ I như sau:

$$\xi = \frac{x}{h_0} = \frac{1}{1{,}8 + \dfrac{1 + 5(L + T)}{10\mu n}} \qquad (5\text{-}13)$$

Trong đó: $L = \dfrac{M^c}{R_n^c b h_0^2}$; $T = \gamma'(1 - \dfrac{\delta'}{2})$; $\delta' = \dfrac{h_c'}{h_0}$;

$$\gamma' = \frac{(b_c' - b)h_c' + \dfrac{n}{\nu}F_a'}{bh_0} ; \quad \mu = \frac{F_a}{bh_0} ; \quad n = \frac{E_a}{E_b} ;$$

Ở đây: ν - hệ số đàn hồi của bê tông, lấy như sau:

$\nu = 0{,}5$ đối với tải trọng tác dụng ngắn hạn,

$\nu = 0{,}15$ đối với tải trọng tác dụng dài hạn và độ ẩm của môi trường lớn hơn 40%.

Từ giá trị ξ và φ, xác định được $x = \xi h_0$ và tính được $\bar{x} = x/\varphi$.

Đối với tiết diện chữ nhật, chữ T cánh kéo, lấy $h_c' = 0$; khi $\xi \le h_c'/h_0$ thì tính như tiết diện chữ nhật bề rộng $b = b_c'$. Đối với tiết diện chữ nhật cốt kép, lấy $\delta' = 2a'/h_0$; nếu $\xi < a'/h_0$ thì phải tính lại với điều kiện không kể đến cốt thép F_a'.

Trung tâm đào tạo xây dựng VIETCONS
http://www.vietcons.org

• Xác định cánh tay đòn nội ngẫu lực Z_1:

Z_1 là khoảng cách từ trọng tâm cốt thép F_a đến điểm đặt của hợp lực vùng nén tại tiết diện có khe nứt. Với giả thiết biểu đồ ứng suất của vùng bê tông chịu nén là chữ nhật (sai số không đáng kể so với biểu đồ ứng suất thực), trị số Z_1 chính là tỉ số giữa mô men tĩnh $S_{qđ}$ của diện tích vùng nén đã được quy đổi với trục đi qua trọng tâm cốt thép chịu kéo F_a và diện tích quy đổi $F_{qđ}$ của vùng chịu nén.

$$Z_1 = \frac{S_{qđ}}{F_{qđ}} = \frac{S_b + \frac{n}{\nu}F'_a(h_0 - a')}{F_b + \frac{n}{\nu}F'_a} \qquad (5\text{-}14)$$

Đối với tiết diện chữ I, chữ T cánh nén, ta có:

$$Z_1 = \frac{bx(h_0 - \frac{x}{2}) + (b'_c - b)h'_c(h_0 - \frac{h'_c}{2}) + \frac{n}{\nu}F'_a(h_0 - a')}{bx + (b'_c - b)h'_c + \frac{n}{\nu}F'_a} \qquad (5\text{-}15)$$

Đối với tiết diện chữ nhật cốt kép, ta có $h'_c = 0$; với tiết diện chữ nhật cốt đơn, ta có $F'_a = 0$; $h'_c = 0$.

Có thể xác định Z_1 theo công thức sau:

$$Z_1 = \left[1 - \frac{\delta'\gamma' + \xi^2}{2(\gamma' + \xi)}\right] h_0 \qquad (5\text{-}16)$$

• Xác định hệ số ψ_a :

Hệ số ψ_a phụ thuộc nhiều yếu tố khác nhau: nội lực, hàm lượng thép μ, loại tải trọng... Có nhiều công thức xác định ψ_a theo lý thuyết và thực nghiệm, tiêu chuẩn thiết kế kết cấu bê tông cốt thép thủy công cho phép xác định bằng các biểu đồ (phụ lục 16). Có lực tác dụng M^c, hàm lượng thép μ, xác định được σ_a, dựa vào σ_a, μ, tra biểu đồ sẽ xác định được ψ_a.

Phụ lục 16 cho các đồ thị ứng với các trường hợp khác nhau của tiết diện và chịu lực.

Khi tải trọng tác dụng dài hạn, hệ số ψ_{adh} cần được xác định theo công thức:

$$\psi_{adh} = \frac{2\psi_a + 1}{3} \qquad (5\text{-}17)$$

Hệ số ψ_a có thể xác định theo công thức thực nghiệm sau:

$$\psi_a = 1{,}25 - S \cdot \frac{R^c_k W_n}{M^c} \leq 1 \qquad (5\text{-}18)$$

Trong đó: S - hệ số lấy bằng 1,1 đối với tải trọng ngắn hạn, thép gờ và bằng 0,8 đối với tải trọng dài hạn, thép các loại khác nhau,

W_n - mô men kháng đàn dẻo của tiết diện quy đổi khi chưa xuất hiện khe nứt. Có thể tính $W_n = \gamma W_0$, trong đó W_0 tính theo vật liệu đàn hồi.

Trung tâm đào tạo xây dựng VIETCONS
http://www.vietcons.org

5. Độ võng toàn phần của dầm

Độ võng toàn phần do tải trọng tác dụng ngắn hạn và dài hạn được xác định theo công thức:

$$f = f_1 - f_2 + f_3 \qquad (5\text{-}19)$$

Trong đó: f_1 - độ võng do tác dụng ngắn hạn của toàn bộ tải trọng;

f_2 - độ võng do tác dụng ngắn hạn của tải trọng dài hạn;

f_3 - độ võng do tác dụng dài hạn của tải trọng dài hạn.

B. TÍNH TOÁN SỰ HÌNH THÀNH VÀ MỞ RỘNG KHE NỨT

Tùy theo đặc điểm và điều kiện làm việc của kết cấu, quy phạm quy định hai trường hợp tính toán về khe nứt:

- Không cho phép xuất hiện khe nứt.
- Cho phép xuất hiện khe nứt với bề rộng không vượt quá trị số cho phép.

6. Tính toán không cho phép xuất hiện khe nứt thẳng góc

Cấu kiện chịu kéo đúng tâm:

a) Công thức cơ bản:

Từ phương trình chiếu ta có:

$$N_n = R_k^c F_b + \sigma_{an} F_a \qquad (5\text{-}20)$$

Trong đó:

F_a - tổng diện tích cốt thép,

F_b - diện tích phần bê tông chịu kéo: $F_b = F$ khi $F_a/F \le 3\%$; $F_b = F - F_a$ khi $F_a/F > 3\%$ với F là diện tích tiết diện.

σ_{an} - ứng suất trong cốt thép ngay trước khi khe nứt xuất hiện:

$$\sigma_{an} - \varepsilon_{an} E_a = \frac{2R_k^c}{E_b} E_a - 2n R_k^c \text{ với } n = E_a/E_b .$$

Thay σ_{an} vào (5-20), ta có:

$$N_n = R_k^c F_b + 2n R_k^c F_a \qquad (5\text{-}21)$$

Đối với loại bê tông và cốt thép thường dùng thì $2n R_k^c \approx 300$ kG/cm^2, do đó:

$$N_n = R_k^c F_b + 300 F_a \qquad (5\text{-}22)$$

b) Điều kiện để cấu kiện không bị nứt:

$$n_c N^c \le N_n = R_k^c F_b + 300 F_a \qquad (5\text{-}23)$$

Trong đó: N^c - lực kéo dọc do tải trọng tiêu chuẩn gây ra, n_c - hệ số tổ hợp tải trọng.

Trung tâm đào tạo xây dựng VIETCONS
http://www.vietcons.org

- Cấu kiện chịu uốn

a) Tiết diện quy đổi:

Với $n = \frac{E_a}{E_b}$ - hệ số quy đổi, tiết diện quy đổi xác định theo:

$$F_{qđ} = F_b + nF_a + nF'_a \tag{5-24}$$

b) Công thức xác định M_n:

Dựa vào sơ đồ ứng suất và công thức sức bền vật liệu ta có:

$$\frac{M_n}{W_{qđ}} = \gamma_1 R_k^c \text{ hay } M_n = \gamma_1 R_k^c W_{qđ} \tag{5-25}$$

c) Điều kiện để cấu kiện chịu uốn không bị nứt:

$$n_c M^c \le M_n = \gamma_1 R_k^c W_{qđ} \tag{5-26}$$

Trong đó:

n_c - hệ số tổ hợp tải trọng,

M^c - mô men uốn do tác dụng của tải trọng tiêu chuẩn,

M_n - mô men uốn mà tiết diện có thể chịu được ngay trước khi khe nứt xuất hiện,

$W_{qđ}$ - mô men chống uốn của tiết diện quy đổi lấy đối với mép biên chịu kéo của tiết diện:

$$W_{qđ} = \frac{J_{qđ}}{h - x_n} \tag{5-27}$$

$J_{qđ}$ - mô men quán tính chính trung tâm của tiết diện quy đổi.

x_n - chiều cao của miền bê tông chịu nén (khoảng cách từ mép biên chịu nén đến trọng tâm của tiết diện quy đổi):

$$x_n = \frac{S_{qđ}}{F_{qđ}} \tag{5-28}$$

$S_{qđ}$ - mô men tĩnh của tiết diện quy đổi lấy với mép biên chịu nén của tiết diện quy đổi.

- Nếu tiết diện là chữ I:

$$x_n = \frac{0,5bh^2 + (b'_c - b)0,5h'^2_c + (b_c - b)h_c(h - 0,5h_c) + nF'_a a' + nF_a h_0}{bh + (b'_c - b)h'_c + (b_c - b)h_c + nF'_a + nF_a} \tag{5-29}$$

$$J_{qđ} = \frac{b'_c x_n^3}{3} - \frac{(b'_c - b)(x_n - h'_c)^3}{3} + \frac{b_c(h - x_n)^3}{3} - \frac{(b_c - b)(h - x_n - h_c)^3}{3} +$$

$$+ nF'_a(x_n - a')^2 + nF_a(h_0 - x_n)^2 \tag{5-30}$$

Trung tâm đào tạo xây dựng VIETCONS
http://www.vietcons.org

- Nếu tiết diện là chữ Γ thì x_n và $J_{qđ}$ vẫn có thể xác định từ công thức (5-29) và (5-30) nhưng:

khi cánh nằm về phía chịu nén thì thay $h_c = 0$,

khi cánh nằm về phía chịu kéo thì thay $h'_c = 0$.

- Nếu tiết diện là chữ nhật thì thay $h_c = h'_c = 0$.

• Cấu kiện chịu nén lệch tâm:

Lực nén dọc lệch tâm N_n mà tiết diện có thể chịu được ngay trước khi khe nứt thẳng góc xuất hiện được tính bằng công thức sức bền vật liệu:

$$\frac{N_n e_0}{W_{qđ}} - \frac{N_n}{F_{qđ}} = \gamma_1 R_k^c \qquad (5\text{-}31)$$

hay

$$N_n = \frac{\gamma_1 R_k^c}{\frac{e_0}{W_{qđ}} - \frac{1}{F_{qđ}}} \qquad (5\text{-}32)$$

Để bảo đảm không xuất hiện khe nứt thẳng góc phải thỏa mãn điều kiện:

$$n_c N^c \le N_n = \frac{\gamma_1 R_k^c}{\frac{e_0}{W_{qđ}} - \frac{1}{F_{qđ}}} \qquad (5\text{-}33)$$

Trong đó: N^c - lực nén dọc lệch tâm do tải trọng tiêu chuẩn gây ra,

N_n - lực nén dọc lệch tâm mà tiết diện có thể chịu được ngay trước khi nứt,

e_0 - độ lệch tâm của lực nén dọc tiêu chuẩn:

$$e_0 = \frac{M^c}{N^c} \qquad (5\text{-}34)$$

Các ký hiệu khác như cấu kiện chịu uốn.

• Cấu kiện chịu kéo lệch tâm:

Đối với cấu kiện chịu kéo lệch tâm, tương tự như nén lệch tâm, ta có:

$$\frac{N_n e_0}{W_{qđ}} + \frac{\gamma_1 N_n}{F_{qđ}} = \gamma_1 R_k^c \qquad (5\text{-}35)$$

hay

$$N_n = \frac{\gamma . R_k^c}{\frac{e_0}{W_{qđ}} + \frac{\gamma_1}{F_{qđ}}} \qquad (5\text{-}36)$$

Trị số $\frac{N_n \gamma_1}{F_{qđ}}$ trong (5-35) là ứng suất kéo trong bê tông do lực kéo đúng tâm N_n gây ra có kể đến biến dạng dẻo, $\frac{N_n e_0}{W_{qđ}}$ là ứng suất kéo do mô men uốn $N_n e_0$ gây ra đã kể đến biến dạng dẻo trong sơ đồ tính.

Trung tâm đào tạo xây dựng VIETCONS
http://www.vietcons.org

Để không xuất hiện khe nứt thẳng góc cần phải thỏa mãn điều kiện:

$$n_c N^c \le N_n = \frac{\gamma . R_k^c}{\frac{e_0}{W_{qđ}} + \frac{\gamma_1}{F_{qđ}}} \qquad (5\text{-}37)$$

7. Tính bề rộng khe nứt theo công thức thực nghiệm của tiêu chuẩn TCVN 4116-85

Bề rộng khe nứt thẳng góc với trục cấu kiện được tính theo công thức thực nghiệm sau:

$$a_n = kc\eta \frac{\sigma_a - \sigma_0}{E_a} 7(4 - 100\mu)\sqrt{d} \qquad (5\text{-}38)$$

Trong đó:

a_n - bề rộng khe nứt (mm),

k - hệ số, lấy bằng 1 đối với cấu kiện chịu uốn; 1,2 đối với cấu kiện chịu kéo,

c - hệ số xét đến tính chất tác dụng của tải trọng, lấy bằng 1 đối với tải trọng ngắn hạn; 1,3 đối với tải trọng dài hạn.

η - hệ số xét đến tính chất bề mặt cốt thép, lấy bằng 1 đối với thép thanh có gờ; 1,3 đối với thép thanh trơn; 1,2 đối với thép sợi có gờ và dây bện; 1,4 đối với thép sợi trơn.

σ_a - ứng suất trong cốt thép, xác định theo công thức (5-42) ÷ (5-45).

σ_0 - ứng suất kéo ban đầu trong cốt thép do sự trương nở của bê tông. Đối với kết cấu nằm trong nước, $\sigma_0 = 200$ daN/cm^2. Đối với kết cấu bị phơi khô lâu, kể cả thời gian thi công, $\sigma_0 = 0$;

$\mu = F_a/bh_0$ nhưng không lớn hơn 2%,

d - đường kính cốt thép (mm).

Trung tâm đào tạo xây dựng VIETCONS
http://www.vietcons.org

PHẦN 2

CÁC VÍ DỤ TÍNH TOÁN BẰNG SỐ

Chương 3: CẤU KIỆN CHỊU UỐN

Chú ý: Để thống nhất trong tính toán, hệ số m_b được lấy như sau:

- Đối với dầm đơn: theo bề rộng b của dầm b < 60 thì $m_b = 1$; b ≥ 60 thì $m_b = 1,15$;
- Đối với sàn (bản): theo bề dày h của sàn h < 60 thì $m_b = 1$; h ≥ 60 thì $m_b = 1,15$;
- Đối với dầm sàn (chữ T): theo bề rộng của sườn b < 60 thì $m_b = 1$; b ≥ 60 thì $m_b = 1,15$.

A. TÍNH TOÁN CƯỜNG ĐỘ TRÊN TIẾT DIỆN VUÔNG GÓC VỚI TRỤC CẤU KIỆN

1. Tiết diện chữ nhật cốt đơn

1) Dầm BTCT thuộc công trình cấp III, tiết diện chữ nhật bh = 30 × 60cm, dùng bê tông mác 200, cốt thép nhóm CII. Mô men uốn do tải trọng tính toán thuộc tổ hợp lực cơ bản gây ra là M_{tt} = 60 kNm, tầng bảo vệ a = a' = 4 cm.

Yêu cầu: Tính toán cốt dọc cho mặt cắt trên.

Giải:

Từ điều kiện đầu bài, tra phụ lục ta được:

$k_n = 1,15$; $n_c = 1$; $m_a = 1,1$; $m_b = 1,0$; $\alpha_o = 0,6$;

$A_o = 0,42$; $R_a = 2700$ daN/cm^2; $R_n = 90$ daN/cm^2; $h_o = h\text{-}a = 60 - 4 = 56$cm

$$A = \frac{k_n n_c M}{m_b R_n b h_o^2} = \frac{1,15.1.6.10^5}{1,0.90.30.56^2} = 0,081$$

$A < A_o \rightarrow \alpha = 0,085 \rightarrow$ cốt đơn

$$F_a = \frac{m_b R_n b h_o \alpha}{m_a R_a} = \frac{1,0.90.30.56.0,085}{1,1.2700} = 4,33\text{cm}^2$$

Kiểm tra $F_a \geq \mu_{min} b h_0 = 0,001 \times 30 \times 56 = 1,68\text{cm}^2$

Kết luận: Chọn và bố trí cốt thép: 3 ϕ 14.

2) Dầm BTCT thuộc công trình cấp III, dùng bê tông mác 200, cốt thép nhóm CII. Mô men uốn do tải trọng tính toán thuộc tổ hợp lực cơ bản gây ra là M_{tt} = 160kNm.

Trung tâm đào tạo xây dựng VIETCONS
http://www.vietcons.org

Yêu cầu: Chọn tiết diện hợp lý và tính toán cốt dọc cho mặt cắt trên .

Giải:

$k_n = 1,15$; $n_c = 1$ $m_a = 1,1$; Giả thiết $m_b = 1,0$;

$R_a = 2700$ daN/cm^2; $R_n = 90$ daN/cm^2; Chọn a = 3cm.

Chọn kích thước:

Chọn $\alpha = 0,35 \rightarrow A = 0,289$; chọn b = 30cm

$$h_0 = \frac{1}{\sqrt{A}}\sqrt{\frac{k_n n_c M}{m_b R_n b}} = \frac{1}{\sqrt{0,289}}\sqrt{\frac{1,15.160.10^4}{1.90.30}} = 48,56cm$$

$$h = h_0 + a = 48,56 + 3 = 51,56cm$$

Chọn chẵn h = 50cm.

Tính cốt thép dọc:

Với bài toán biết bh = 30 × 50cm, tính cốt thép theo bài toán 1:

$$h_0 = 50 - 3 = 47cm$$

$$A = \frac{k_n n_c M}{m_b R_n b h_0^2} = \frac{1,15.1.160.10^4}{1,0.90.30.47^2} = 0,308$$

$A < A_0 \rightarrow$ cốt đơn $\rightarrow \alpha = 0,38$

$$F_a = \frac{m_b R_n b h_0 \alpha}{m_a R_a} = \frac{1,0.90.30.47.0,38}{1,1.2700} = 16,24cm^2$$

Kiểm tra $F_a \geq \mu_{min} b h_0 = 0,001.30.47 = 1,4cm^2$

Kết luận: Chọn và bố trí cốt thép: 2ϕ28 +1ϕ25 (12,32 + 4,91 = 17,23cm^2, tăng 6%).

3) Cho dầm BTCT thuộc công trình cấp III, chiều cao h = 40cm, b = 20cm, dùng bê tông M150, cốt thép nhóm CI. Người ta đã bố trí 2ϕ 16 ở miền kéo. Kiểm tra khả năng chịu lực của bản khi mô men uốn do tải trọng tính toán thuộc tổ hợp cơ bản gây ra là 30 kNm, với a = 3cm.

Giải:

Từ điều kiện đầu bài tra phụ lục ta được:

$k_n = 1,15$; $n_c = 1$; $m_a = 1,1$; $m_b = 1,0$; $\alpha_o = 0,7$; $A_o = 0,455$;

$R_a = 2100$ daN/cm^2; $R_n = 70$ daN/cm^2; $h_o = h - a = 40 - 3 = 37cm$.

$$\alpha = \frac{m_a R_a F_a}{m_b R_n b h_0} = \frac{1,1.2100.4,02}{1,0.70.20.37} = 0,179$$

Trung tâm đào tạo xây dựng VIETCONS
http://www.vietcons.org

$\alpha < \alpha_o$ $A = \alpha(1-\alpha/2) = 0,163 \rightarrow M_{gh} = m_b R_n b h_0^2 A = 1,0.70.20.37^2.0,163 = 312405$ (daNcm) $\approx 31,2$kNm

$k_n n_c M = 1,15.1.30 = 34,5\text{kNm} > M_{gh}$.

Như vậy dầm trên không đủ khả năng chịu lực.

2. Tiết diện chữ nhật cốt kép

1) Dầm BTCT thuộc công trình cấp II, tiết diện chữ nhật bh = 25×50cm, dùng bê tông mác 150, cốt thép nhóm CII. Mô men uốn do tải trọng tính toán thuộc tổ hợp lực đặc biệt tác dụng tại mặt cắt M_{tt} = 170kNm, tầng bảo vệ a = a' = 4 cm.

Yêu cầu: Tính toán cốt dọc cho mặt cắt trên .

Giải

Từ điều kiện đầu bài tra phụ lục ta được:

$k_n = 1,2$; $n_c = 0,9$; $m_a = 1,1$; $m_1 = 1$; $\alpha_o = 0,65$; $A_o = 0,439$;

$R_a = 2700$ daN/cm^2; $R_n = 70$ daN/cm^2; $h_o = h - a = 50 - 4 = 46$cm.

$$A = \frac{k_n n_c M}{m_b R_n b h_0^2} = \frac{1,2.0,9.170.10^4}{1.70.25.46^2} = 0,496$$

$0,5 > A > A_o \rightarrow$ cốt kép

$$F_a' = \frac{k_n n_c M - m_b R_n b h_0^2 A_0}{m_a R_a' (h_0 - a')} = \frac{1,2.0,9.170.10^4 - 1.70.25.46^2.0,439}{1,1.2700.(46-4)} = 1,69\text{cm}^2$$

$F_a' \geq \mu_{min} b h_o = 0,001.25.46 = 1,15\text{cm}^2$

$$F_a = \frac{m_b R_n b h_0 \alpha_0 + m_a R_a' F_a'}{m_a R_a} = \frac{1.70.25.46.0,65}{1,1.2700} + 1,69 = 19,3\text{cm}^2$$

Chọn và bố trí cốt thép: F_a' = cấu tạo 2ϕ10 và F_a = 3 ϕ 25

2) Dầm BTCT thuộc công trình cấp III, tiết diện chữ nhật b×h = 30×50cm, dùng bê tông mác 150, cốt thép nhóm CI. Mô men uốn do tải trọng tính toán thuộc tổ hợp lực cơ bản tác dụng tại mặt cắt M_{tt} = 180kNm, tầng bảo vệ a = a' = 4 cm. Miền nén đã đặt thép cấu tạo 2ϕ10 (1,57cm^2).

Yêu cầu : Tính cốt dọc F_a.

Giải:

Từ điều kiện đầu bài tra phụ lục ta được:

$k_n = 1,15$; $n_c = 1$; $m_a = 1,1$; $m_b = 1$; $\alpha_o = 0,7$; $A_o = 0,455$;

$R_a = 2100$ daN/cm^2; $R_n = 70$ daN/cm^2; $h_0 = h - a = 50 - 4 = 46$cm.

Trung tâm đào tạo xây dựng VIETCONS
http://www.vietcons.org

$$A = \frac{k_n n_c M - m_a R'_a F'_a (h_o - a')}{m_b R_n b h_0^2} = \frac{1,15.1.180.10^4 - 1,1.2100.1,57.(46-4)}{1.70.30.46^2} = 0,432 \rightarrow \alpha = 0,63$$

$2a'/h_0 = 8/46 = 0,17 < \alpha < \alpha_0 = 0,7$

$$F_a = \frac{m_b R_n b h_0 \alpha + m_a R'_a F'_a}{m_a R_a} = \frac{1.70.30.46.0,63}{1,1.2100} + 1,57 = 26,34cm^2$$

$F_a > \mu_{min} b h_0 = 0,001.30.46 = 1,38cm^2$

Chọn và bố trí cốt thép : $F_a = 2\phi10$ và $F_a = 2\phi30 + 2\phi28$ ($26,45cm^2$)

3) Dầm BTCT thuộc công trình cấp III, tiết diện chữ nhật b×h = 30×50cm, dùng bê tông mác 200, cốt thép nhóm CII. Mô men uốn do tải trọng tính toán thuộc tổ hợp lực cơ bản tác dụng tại mặt cắt $M_{tt} = 215$ kNm, tầng bảo vệ a = a' = 4 cm.

Yêu cầu : tính cốt dọc.

Giải:

Từ điều kiện đầu bài tra phụ lục ta được:

$k_n = 1,15$; $n_c = 1$; $m_a = 1,1$; $m_b = 1$; $\alpha_0 = 0,6$: $A_0 = 0,42$

$R_a = 2700$ daN/cm^2; $R_n = 90$ daN/cm^2; $h_o = h - a = 50 - 4 = 46$cm.

$$A = \frac{k_n n_c M}{m_b R_n b h_o^2} = \frac{1,15.1.215.10^4}{1.90.30.46^2} = 0,4328$$

$0,5 > A > A_o \rightarrow$ cốt kép

$$F'_a = \frac{k_n n_c M - m_b R_n b h_0^2 A_0}{m_a R'_a (h_0 - a')} = \frac{1,15.1.215.10^4 - 1.90.30.46^2.0,42}{1,1.2700.(46-4)} = 0,585cm^2$$

$F'_a < \mu_{min} b h_0 = 0,001.30.46 = 1,38cm^2$

Cốt thép cấu tạo $2\phi10$ ($1,57cm^2$)

Chọn $F'_a = 1,57$ cm^2 để tính toán, lúc này $\alpha \neq \alpha_0$, tính lại A và F_a theo bài toán 2:

$$\rightarrow A = \frac{k_n n_c M - m_a R'_a F'_a (h_0 - a')}{m_b R_n b h_0^2} = \frac{1,15.1.21,5.10^5 - 1,1.2700.1,57.(46-4)}{1.90.30.46^2} = 0,398$$

$\rightarrow \alpha = 0,55$

$2a'/h_0 = 8/46 = 0,17 < \alpha < \alpha_0$

$$\rightarrow F_a = \frac{m_b R_n b h_0 \alpha + m_a R'_a F'_a}{m_a R_a} = \frac{1.90.30.0,55.46}{1,1.2700} + 1,57 = 24,55cm^2$$

Kiểm tra $F_a \geq \mu_{min} b h_0 = 1,38cm^2$

Trung tâm đào tạo xây dựng VIETCONS
http://www.vietcons.org

Chọn và bố trí cốt thép: $F'_a = 2\phi10$ và $F_a = 4\phi28$.

4) Cho 1 bản thuộc công trình cấp II, chiều cao h = 80cm, lấy b = 100cm để tính toán, dùng bê tông M150, cốt thép nhóm CI. Người ta đã bố trí 4ϕ14 ở miền nén và 2 lớp mỗi lớp 10ϕ25 ở miền kéo. Kiểm tra khả năng chịu lực của bản khi mô men uốn do tải trọng tính toán thuộc tổ hợp cơ bản gây ra là 1000kNm, với a = 7cm, a' = 4cm.

Giải:

Từ điều kiện đầu bài tra phụ lục ta được:

$k_n = 1,2$; $n_c = 1$; $m_a = 1,15$; $m_b = 1,15$; $\alpha_0 = 0,7$; $A_0 = 0,455$;

$R_a = 2100$ daN/cm^2; $R_n = 70$ daN/cm^2; $h_o = h - a = 80 - 7 = 73$cm.

$$\alpha = \frac{m_a R_a F_a - m_a R'_a F'_a}{m_b R_n b h_o} = \frac{1,15.2100.(98,2 - 6,16)}{1,15.70.100.73} = 0,378$$

$2a'/h_0 = 8/73 = 0,11 < \alpha < \alpha_0 \rightarrow A = \alpha(1 - \alpha/2) = 0,306$

$\rightarrow M_{gh} = m_b R_n b h_0^2 A + m_a R'_a F'_a (h_0 - a')$

$= 1,15.70.100.73^2.0,306 + 1,15.2100.6,16.69 = 141,77.10^5$

$k_n n_c M = 1,2.1.1000.10^4 = 1200.10^4 < M_{gh}$

Kết luận : Bản đủ khả năng chịu lực.

5) Dầm BTCT có tiết diện chữ nhật với kích thước: h = 50 cm, b = 25 cm, thuộc công trình cấp III, tổ hợp lực cơ bản. Mô men do tải trọng tính toán tác dụng tại mặt cắt M_{tt} = 85kNm. Vùng nén đã đặt 2ϕ12 (2,26 cm^2), tầng bảo vệ a = a' = 4 cm, bê tông mác 150, cốt thép nhóm CII.

Tại mặt cắt trên dầm có đủ khả năng chịu lực hay không với các trường hợp sau:

a) Vùng kéo đặt 4ϕ16 (8,04 cm^2)

b) Vùng kéo đặt 4ϕ14 (6,16 cm^2)

Giải:

Từ điều kiện đầu bài tra phụ lục ta được:

$k_n = 1,15$; $n_c = 1$; $m_a = 1,1$; $m_b = 1$; $\alpha_0 = 0,65$; $A_0 = 0,439$;

$R_a = 2700$ daN/cm^2; $R_n = 70$ daN/cm^2; $h_0 = h - a = 50 - 4 = 46$cm.

a) $F_a = 8,04$cm^2:

$$\alpha = \frac{m_a R_a F_a - m_a R'_a F'_a}{m_b R_n b h_0} = \frac{1,1.2700.(8,04 - 2,26)}{1.70.25.46} = 0,213$$

Trung tâm đào tạo xây dựng VIETCONS
http://www.vietcons.org

$2a'/h_0 = 8/46 = 0,174 < \alpha < \alpha_0 \rightarrow A = \alpha(1 - \alpha/2) = 0,1905$

$\rightarrow M_{gh} = m_b R_n b h_o^2 A + m_a R'_a F'_a (h_0 - a')$

$= 1.70.25.46^2.0,1905 + 1,1.2700.2,26.42 = 987378,24$ daNcm

$k_n n_c M = 1,15.1.85.10^4 = 97,75.10^4$ kgcm $< M_{gh}$

Kết luận: Dầm đủ khả năng chịu lực.

b) $F_a = 6,16cm^2$

$$\alpha = \frac{m_a R_a F_a - m_a R'_a F'_a}{m_b R_n b h_o} = \frac{1,1.2700.(6,16 - 2,26)}{1.70.25.46} = 0,1438$$

$\alpha < 2a'/h_o = 8/46 = 0,174 \rightarrow$ lấy $x = 2a'$

$M_{gh} = m_a R_a F_a (h_0 - a')$

$= 1,1.2700.6,16.42 = 768398,4$ daNcm

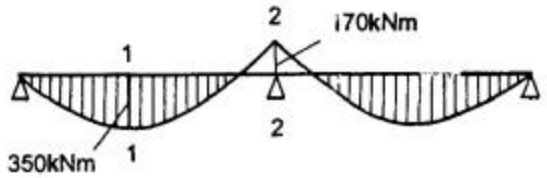
$k_n n_c M = 1,15.1.85.10^4 = 97,75.10^4$ daNcm $> M_{gh}$

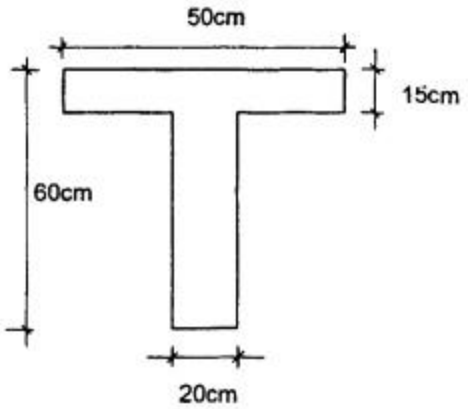
Kết luận: Dầm trên không đủ khả năng chịu lực.

3. Tiết diện chữ T cốt đơn

1) Cho một dầm BTCT tiết diện chữ T thuộc công trình cấp III có biểu đồ mô men như hình vẽ, dùng mác bê tông M200, cốt thép nhóm CII, a = a' = 4cm.

Yêu cầu: Tính toán bố trí cốt dọc cho hai mặt cắt điển hình 1-1 và 2-2 (coi việc tính toán và bố trí thép của hai mặt cắt riêng biệt nhau), biết rằng mô men do tải trọng tính toán thuộc tổ hợp cơ bản gây ra.





Giải:

Từ điều kiện đầu bài tra phụ lục ta được:

$k_n = 1,15$; $n_c = 1$; $m_a = 1,1$; $m_b = 1,0$; $\alpha_o = 0,6$; $A_0 = 0,42$;

$R_a = 2700$daN/cm^2; $R_n = 90$daN/cm^2; $h_0 = h - a = 60 - 4 = 56$cm.

Trung tâm đào tạo xây dựng VIETCONS
http://www.vietcons.org

a) Tại mặt cắt 1-1, chữ T cánh nén:

Kiểm tra vị trí trục trung hoà:

$$M^c = m_b R_n b'_c h'_c (h_o - h'_c/2)$$

$$= 1,0.90.50.15.(56 - 15/2) = 327,37.10^4 \text{ daNcm}$$

$K_n n_c M = 1,15.1.35.10^4 = 402,5.10^4$ daNcm > M^c → trục trung hoà qua sườn, tính như chữ T.

$$A = \frac{k_n n_c M - m_b R_n (b'_c - b) h'_c (h_o - h'_c/2)}{m_b R_n b h_o^2}$$

$$= \frac{1,15.1.350.10^4 - 1,0.90.(50 - 20).15.(56 - 15/2)}{1,0.90.20.56^2} = 0,365$$

$A < A_0$ → tính cốt đơn → $\alpha = 0,48$

$$F_a = \frac{m_b R_n b h_0 \alpha + m_b R_n (b'_c - b) h'_c}{m_a R_a}$$

$$= \frac{1,0.90.20.56.0,325 + 1,0.90.(50 - 20).15}{1,1.2700} = 29,93 \text{cm}^2$$

Kiểm tra $F_a \geq \mu_{min} b h_0 = 0,001.20.56 = 1,12 \text{cm}^2$

Chọn và bố trí cốt thép: 5ϕ28 (đặt 2 hàng: 3ϕ28 ở dưới, 2ϕ28 ở trên).

b) Tại mặt cắt 2-2: chữ T cánh kéo, tính như tiết diện chữ nhật bh

$$A = \frac{k_n n_c M}{m_b R_n b h_0^2} = \frac{1,15.1.170.10^4}{1,0.90.20.56^2} = 0,346$$

$A < A_0$ → cốt đơn → $\alpha = 0,446$

$$F_a = \frac{m_b R_n b h_o \alpha}{m_a R_a} = \frac{1,0.90.20.56.0,446}{1,1.2700} = 15,14 \text{cm}^2$$

Chọn và bố trí cốt thép: F_a = 4ϕ22.

2) Dầm BTCT có tiết diện chữ T cánh nén với kích thước: h = 60 cm, b = 20 cm, b'_c = 40cm, h'_c = 10cm, thuộc công trình cấp II, tổ hợp lực cơ bản dùng bê tông mác 200, cốt thép nhóm CII. Vùng kéo đã đặt 3ϕ25 (14,73 cm^2), tầng bảo vệ a = a' = 4 cm. Mô men do tải trọng tính toán tác dụng tại mặt cắt M_{tt} = 150kNm.

Yêu cầu: Kiểm tra khả năng chịu lực của dầm tại mặt cắt trên.

Giải:

Từ điều kiện đầu bài tra phụ lục ta được:

Trung tâm đào tạo xây dựng VIETCONS
http://www.vietcons.org

$k_n = 1,2$; $n_c = 1$; $m_a = 1,1$; $m_b = 1$; $\alpha_0 = 0,6$; $A_0 = 0,42$;

$R_a = 2700 daN/cm^2$; $R_n = 90\ daN/cm^2$; $h_0 = h - a = 60 - 4 = 56cm$.

Kiểm tra vị trí trục trung hoà:

$m_a R_a F_a = 1,1.2700.14,73 > m_b R_n b'_c h'_c = 1.90.40.10 = 36000$

$43748,1 > 36000 (daN)$

$x > h'_c \rightarrow$ trục trung hoà qua sườn, kiểm tra theo chữ T cốt đơn:

$$\alpha = \frac{m_a R_a F_a - m_b R_n (b'_c - b) h'_c}{m_b R_n b h_0} = \frac{1,1.2700.14,73 - 1,0.90.(40-20).10}{1.90.20.56} = 0,255$$

$\rightarrow A = 0,222$

$\alpha < \alpha_0$ thoả mãn điều kiện hạn chế.

$$M_{gh} = m_b R_n b h_0^2 A + m_b R_n (b'_c - b) h'_c (h_0 - h'_c/2)$$

$$= 1,0.90.20.56^2.0,222 + 1,0.90.(40-20).10.(56-10/2)$$

$$= 2171145,6\ daNcm = 217\ kNm$$

$k_n n_c M = 1,2.1.150 < M_{gh}$

Kết luận: Dầm đủ khả năng chịu lực

4. Tiết diện chữ T cốt kép

1) Cho một dầm BTCT tiết diện chữ T cánh nén b = 15cm, h = 50cm, b'_c = 30cm, h'_c = 10cm, thuộc công trình cấp III dùng mác bê tông M200, cốt thép nhóm CII, a = a' = 4cm. Mô men uốn tính toán do tổ hợp lực cơ bản gây ra tại mặt cắt M = 170 kNm.

Yêu cầu: Tính cốt thép dọc.

Giải

Từ điều kiện đầu bài tra phụ lục ta được:

$k_n = 1,15$; $n_c = 1$; $m_a = 1,1$; $m_b = 1,0$; $\alpha_0 = 0,6$; $A_0 = 0,42$;

$R_a = 2700 daN/cm^2$; $R_n = 90\ daN/cm^2$; $h_0 = h - a = 50 - 4 = 46cm$.

Kiểm tra vị trí trục trung hoà:

$$M^c = m_b R_n b'_c h'_c (h_0 - h'_c/2)$$

$$= 1,0.90.30.10.(46-10/2) = 110,7.10^4\ daNcm$$

$K_n n_c M = 1,15.1.170.10^4 = 195,5.10^4\ daNcm > M^c \rightarrow$ trục trung hoà qua sườn, tính như chữ T.

$$A = \frac{k_n n_c M - m_b R_n (b'_c - b) h'_c (h_o - h'_c/2)}{m_b R_n b h_o^2}$$

$$= \frac{1,15.1.170.10^4 - 1,0.90.(30-15).10.(46-10/2)}{1,0.90.15.46^2} = 0,49$$

Trung tâm đào tạo xây dựng VIETCONS
http://www.vietcons.org

$A > A_0 \rightarrow$ tính cốt kép:

$$F_a' = \frac{k_n n_c M - m_b R_n b h_o^2 A_o - m_b R_n (b_c' - b) h_c' (h_o - h_c'/2)}{m_a R_a' (h_o - a')}$$

$$= \frac{1,15.1.170.10^4 - 1,0.90.15.46^2.0,42 - 1,0.90.(30-15).10.(46-10/2)}{1,1.2700.(46-4)} = 1,62 cm^2$$

Kiểm tra $F_a' \geq \mu_{min} b h_o = 0,001.15.46 = 0,69 cm^2$

$$F_a = \frac{m_b R_n b h_o \alpha_o + m_b R_n (b_c' - b) h_c' + m_a R_a' F_a'}{m_a R_a}$$

$$= \frac{1,0.90.15.46.0,6 + 1,0.90.(30-15).10 + 1,1.2700.1,62}{1,1.2700} = 18,71 cm^2$$

Kiểm tra $F_a \geq \mu_{min} b h_0 = 0,001.15.46 = 0,69 cm^2$

Chọn và bố trí cốt thép: $F_a' = 2\phi 10$; $F_a = 3\phi 28$

2) Dầm BTCT có tiết diện chữ T cánh nén với kích thước: h = 50 cm, b = 25 cm, b_c' = 30cm, h_c' = 15cm, thuộc công trình cấp II, tổ hợp lực cơ bản dùng bê tông mác 200, cốt thép nhóm CII. Vùng nén đã đặt 2ϕ12 (2,26 cm^2), tầng bảo vệ a = a' = 4 cm. Mô men do tải trọng tính toán tác dụng tại mặt cắt M_{tt}.

Yêu cầu: Tính toán cốt dọc cho mặt cắt trên với 2 trường hợp sau:

a) M_{tt} = 150 kNm;

b) M_{tt} = 17 kNm;

Giải

Từ điều kiện đầu bài tra phụ lục ta được:

$k_n = 1,2$; $n_c = 1$; $m_a = 1,1$; $m_b = 1$; $\alpha_o = 0,6$; $A_0 = 0,42$;

$R_a = 2700$ daN/cm^2; $R_n = 90$ daN/cm^2; $h_0 = h - a = 50 - 4 = 46$cm.

Kiểm tra vị trí trục trung hoà:

$$M^c = m_b R_n b_c' h_c' (h_o - h_c'/2) + m_a R_a' F_a' (h_0 - a')$$

$$= 1.90\ 30.15.(46 - 15/2) + 1,1.2700.2,26.(46-4)$$

$$= 1841,62 \text{ daNcm}$$

a) M_{tt} = 150 kNm:

$K_n n_c M = 1,2.1.150.10^4 = 180.10^4$ daNcm < $M^c \rightarrow$ trục trung hoà qua cánh, tính như chữ nhật b_c' h.

Trung tâm đào tạo xây dựng VIETCONS
http://www.vietcons.org

$$A = \frac{k_n n_c M - m_a R_a' F_a' (h_0 - a')}{m_b R_n b_c' h_0^2} = \frac{1,2.1.150.10^4 - 1,1.2700.2,26.(46-4)}{1.90.30.46^2} = 0,216$$

$\rightarrow \alpha = 0,315$

$2a'/h_0 = 0,174 < \alpha < \alpha_0$

$$\rightarrow F_a = \frac{m_b R_n b_c' h_0 \alpha + m_a R_a' F_a'}{m_a R_a} = \frac{1.90.30.46.0,315}{1,1.2700} + 2,26 = 15,45cm^2$$

Kiểm tra $F_a \geq \mu_{min} b h_0 = 0,001.25.46 = 1,15cm^2$

Chọn và bố trí cốt thép: $F_a' = 2\phi 12$ và $F_a = 4\phi 22$

b) $M_{tt} = 170$ kNm:

$K_n n_c M = 1,2.1.170.10^4 = 204.10^4$ daNcm $< M^c \rightarrow$ trục trung hoà qua sườn, tính như chữ T

$$A = \frac{k_n n_c M - m_b R_n (b_c' - b) h_c' (h_0 - h_c'/2) - m_a R_a' F_a' (h_0 - a')}{m_b R_n b h_0^2}$$

$$= \frac{1,2.1.170.10^4 - 1,0.90.(30-25).15.(46-15/2) - 1,1.2700.2,26.(46-4)}{1.90.25.46^2} = 0,315$$

$\rightarrow \alpha = 0,392$

$2a'/h_0 = 0,174 < \alpha < \alpha_0$

$$F_a = \frac{m_b R_n b h_0 \alpha + m_b R_n (b_c' - b) h_c' + m_a R_a' F_a'}{m_a R_a}$$

$$= \frac{1.90.25.46.0,392 + 1.90.(30-25).15}{1,1.2700} + 2,26 = 18,19cm^2$$

Kiểm tra $F_a \geq \mu_{min} b h_0 = 0,001.25.46 = 1,15cm^2$

Chọn và bố trí cốt thép: $F_a' = 2\phi 12$ và $F_a = 3\phi 28$

3) Dầm BTCT có tiết diện chữ T cánh nén với kích thước: h = 60 cm, b = 20 cm, $b_c' = 40$cm, $h_c' = 10$cm, thuộc công trình cấp II, tổ hợp lực cơ bản dùng bê tông mác 200, cốt thép nhóm CII. Vùng kéo đã đặt $3\phi 25$ (14,73 cm^2), vùng nén đã đặt $2\phi 12$ (2,26 cm^2, tầng bảo vệ a = a' = 4 cm. Mô men do tải trọng tính toán tác dụng tại mặt cắt $M_{tt} = 160$kNm.

Yêu cầu: Kiểm tra khả năng chịu lực của dầm tại mặt cắt trên .

Giải:

Từ điều kiện đầu bài tra phụ lục ta được:

$k_n = 1,2$; $n_c = 1$; $m_a = 1,1$; $m_b = 1$; $\alpha_0 = 0,6$; $A_0 = 0,42$;

$R_a = 2700$ daN/cm^2; $R_n = 90$ daN/cm^2; $h_0 = h - a = 60 - 4 = 56$cm.

Trung tâm đào tạo xây dựng VIETCONS
http://www.vietcons.org

Kiểm tra vị trí trục trung hoà:

$$m_a R_a F_a = 1,1.2700.14,73 > m_b R_n b_c' h_c' + m_a R_a' F_a' = 1.90.40.10 + 1,1.2700.2,26$$

$$43748,1 > 42712,2 \text{ daN}$$

$x > h_c'$ → trục trung hoà đi qua sườn, kiểm tra theo chữ T cốt kép

$$\alpha = \frac{m_a R_a F_a - m_b R_n (b_c' - b) h_c' - m_a R_a' F_a'}{m_b R_n b h_o}$$

$$= \frac{1,1.2700.14,73 - 1,0.90.(40-20).10 - 1,1.2700.2,26}{1.90.20.56} = 0,189$$

$$\rightarrow A = 0,171$$

$2a'/h_0 = 8/56 = 0,142 < \alpha < \alpha_0$ thoả mãn điều kiện hạn chế.

$$M_{gh} = m_b R_n b h_o^2 A + m_b R_n (b_c' - b) h_c' (h_o - h_c'/2) + m_a R_a' F_a' (h_o - a')$$

$$= 1,0.90.20.56^2.0,171 + 1,0.90.(40-20).10.(56 - 10/2) + 1,1.2700.2,26.(56-4)$$

$$= 1883260,8 \text{daNcm} = 188,3 \text{ kNm}$$

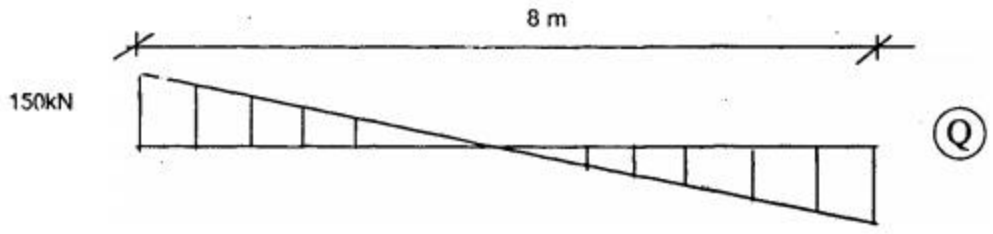
$k_n n_c M = 1,2.1.160 = 192 \text{kNm} > M_{gh}$

Kết luận : Dầm không đủ khả năng chịu lực.

B. TÍNH TOÁN CƯỜNG ĐỘ TRÊN TIẾT DIỆN NGHIÊNG GÓC VỚI TRỤC CẤU KIỆN

1) Cho một dầm đơn thuộc công trình cấp III có biểu đồ lực cắt của tổ hợp cơ bản như hình vẽ, tiết diện chữ nhật: b×h = 30×70cm. Dùng bê tông mác 150, đã đặt cốt dọc AI, a = 7cm. Tính cốt đai, cốt xiên (cũng nhóm thép AI) theo phương pháp trạng thái giới hạn.

Giải:



Từ điều kiện đầu bài tra phụ lục ta được:

$k_n = 1,15$; $n_c = 1$; $m_{b3} = 1,0$; $m_{b4} = 0,9$; $R_{ad} = R_{ax} = 1700 \text{daN/cm}^2$;

$R_k = 6,3 \text{ daN/cm}^2$; $R_n = 70 \text{ daN/cm}^2$; $h_0 = h - a = 70 - 7 = 63\text{cm}$.

(1) $k_n n_c Q = 1,15.1.150.10^2 = 172,5.10^2 \text{daN}$

(2) $k_1 m_{b4} R_k b h_0 = 0,6.0,9.6,3.30.63 = 6429,78 \text{daN}$

(3) $0,25 m_{b3} R_n b h_0 = 0,25.1,0.70.30.63 = 33075,1 \text{ daN}$

(2) < (1) < (3) → phải tính cốt ngang.

Trung tâm đào tạo xây dựng VIETCONS
http://www.vietcons.org

Tính cốt đai:

$$u_{max} = \frac{1,5.m_{b4}R_k bh_0^2}{k_n n_c Q} = \frac{1,5.0,9.6,3.30.63^2}{1,15.1.15.10^3} = 58,7cm$$

Chọn n = 2, f_d = 0,503 (ϕ8).

$$u_{tt} = m_a R_{ad} F_d \frac{8.m_{b4}R_k bh_0^2}{(k_n n_c Q)^2} = 1,1.1700.2.0,503.\frac{8.0,9.6,3.30.63^2}{(1,15.1.150.10^2)^2} = 34,14cm$$

u_{ct} = h/3 = 70/3 = 23,3cm

u_{min} = 23,3cm. Chọn u = 20cm, n = 2, f_d = 0,503 (ϕ8)

$$q_d = \frac{m_a R_{ad} F_d}{u} = \frac{1,1.1700.2.0,503}{20} = 94,06daN/cm$$

$$Q_{db} = 2,8h_o\sqrt{m_{b4}R_k bq_d} = 2,8.63\sqrt{0,9.6,3.30.94,06} = 22312,75daN$$

$Q_{db} > k_n n_c Q$ = 17250daN → không cần tính cốt xiên.

2) Cho một dầm đơn BTCT chịu tải trọng phân bố đều q, chiều dài dầm l = 4m, thuộc công trình cấp II tiết diện chữ nhật: b×h = 25×50cm. Dùng bê tông M250, đã đặt cốt dọc AI, a = 4cm. Cốt đai ϕ8, bước đai u = 20cm, m_{ad} = 1,1, m_{b4} = 0,9, số nhánh đai n = 2

Tính khả năng chịu lực cắt Q_{db} của dầm theo trạng thái giới hạn.

Tính lực q lớn nhất mà dầm không bị phá hoại bởi lực cắt.

Giải:

Từ điều kiện đầu bài tra phụ lục ta được:

k_n = 1,2; n_c = 1; m_{b4} = 0,9; R_{ad} = 1700 daN/cm^2;

R_k = 8,8 daN/cm^2; h_0 = h - a = 50 - 4 = 46cm.

a) Tính Q_{db}:

$$q_d = \frac{m_a R_{ad} F_d}{u} = \frac{1,1.1700.2.0,503}{20} = 94,06daN/cm$$

$$Q_{db} = 2,8h_o\sqrt{m_{b4}R_k bq_d} = 2,8.46\sqrt{0,9.8,8.25.94,06} = 17577,355\ daN$$

b) Tính q:

Để dầm không bị phá hoại bởi lực cắt thì bê tông và cốt đai đã đặt phải thoả mãn không bị phá hoại bởi lực cắt, tức là $Q_{db} > k_n n_c Q$ → không cần đặt cốt xiên.

Trong đó Q = Q_{max} của dầm đơn do q gây ra và Q_{max} = ql/2

$k_n n_c Q_{max}$ = 1,2.1.q.4/2 ≤ Q_{db} = 17577,355

q_{max} = 17577,355/(1,2.2) = 7323,8 daN/m

Trung tâm đào tạo xây dựng VIETCONS
http://www.vietcons.org

Chương 4: CẤU KIỆN CHỊU NÉN, CHỊU KÉO

A. CẤU KIỆN CHỊU NÉN

1. Cấu kiện chịu nén đúng tâm

1) Cấu kiện chịu nén đúng tâm tiết diện vuông b = 20cm, thuộc công trình cấp III, chiều dài tính toán l_o = 3m, dùng bê tông mác 200, cốt thép nhóm AI. Nội lực do tải trọng tính toán thuộc tổ hợp cơ bản gây ra N_{dh} = 140kN, N_{ngh} = 200kN.

Yêu cầu: Tính cốt thép chịu lực

Giải:

Từ điều kiện đầu bài tra phụ lục ta được:

$k_n = 1,15$; $n_c = 1$; $m_a = 1,1$; $m_b = 1$; $\mu_{min} = 0,1\%$;

$R_a = 2100$ daN/cm^2; $R_n = 90$ daN/cm^2.

Xét uốn dọc $\frac{l_0}{b} = \frac{300}{20} = 15 > 10 \rightarrow m_{dh} = 0,91$ và $\varphi = 0,91$

$$N = \frac{N_{dh}}{m_{dh}} + N_{ngh} = \frac{140}{0,91} + 200 = 353,85\text{kN}$$

$$F_a = \frac{k_n n_c N/\varphi - m_b R_n F_b}{m_a R_a} = \frac{1,15.1.35385/0,91 - 1.90.20.20}{1,1.2100} = 3,77\text{cm}^2$$

$3\% > F_a/F_b = 3,77/400.100 = 0,9\% > \mu_{min} = 0,1\%$

Chọn và bố trí cốt thép: 4ϕ12 đặt đều ở bốn góc của tiết diện.

2) Cấu kiện chịu nén đúng tâm tiết diện tròn, thuộc công trình cấp III, chiều dài tính toán l_o = 3,5m. Dùng bê tông mác 200, cốt thép nhóm AII. Nội lực do tải trọng tính toán thuộc tổ hợp cơ bản gây ra N_{dh} = 100kN, N_{ngh} = 250kN.

Yêu cầu : Chọn kích thước tiết diện; tính cốt thép chịu lực (với a = 4cm).

Giải:

Từ điều kiện đầu bài tra phụ lục ta được:

$k_n = 1,15$; $n_c = 1$, $m_a = 1,1$; $m_b = 1$; $\mu_{min} = 0,1\%$;

$R_a = 2700$daN/cm^2; $R_n = 90$daN/cm^2.

Chọn kích thước:

Giả thiết $F_a/F_b = 1\%$ và $\varphi = 1$, $m_{dh} = 1 \rightarrow N = N_{dh} + N_{ngh} = 100 + 250 = 350$kN

$$F_b = \frac{k_n n_c N}{m_b R_n + \mu m_a R_a} = \frac{1,15.1.35000}{1.90 + 0,01.1,1.2700} = 336\text{ cm}^2$$

Trung tâm đào tạo xây dựng VIETCONS
http://www.vietcons.org

$$r = \sqrt{\frac{F_b}{\pi}} = \sqrt{\frac{336}{3,14}} = 10,34cm$$

Chọn r = 10cm.

Tính cốt dọc:

Xét uốn dọc $\frac{l_0}{r} = \frac{350}{10} = 35 > 10 \rightarrow m_{dh} = 1$ và $\varphi = 0,98$

$$N = \frac{N_{dh}}{m_{dh}} + N_{ngh} = \frac{100}{1} + 250 = 350kN$$

$$F_a = \frac{k_n n_c N/\varphi - m_b R_n F_b}{m_a R_a} = \frac{(1,15.1.35000/0,98) - 1.90.3,14.10^2}{1,1.2700} = 4,3cm^2$$

$$3\% > F_a/F_b = \frac{4,3}{314} \times 100 = 1,4\% > \mu_{min} = 0,1\%$$

Chọn và bố trí cốt thép: 3ϕ14 đặt thanh tam giác đều

3) Cấu kiện chịu nén đúng tâm tiết diện vuông b = 25cm, thuộc công trình cấp III, chiều dài tính toán l_0 = 3m, dùng bê tông mác 200, cốt thép đặt 4ϕ16 (8,04cm^2) thuộc nhóm AI. Nội lực do tải trọng tính toán thuộc tổ hợp cơ bản gây ra N_{dh} = 100kN, N_{ngh} = 150kN.

Yêu cầu: Kiểm tra khả năng chịu lực của cấu kiện.

Giải:

Từ điều kiện đầu bài tra phụ lục ta được:

$k_n = 1,15$ $n_c = 1$ $m_a = 1,1$ $m_b = 1$ $\mu_{min} = 0,1\%$

$R_a = 2100daN/cm^2$ $R_n = 90daN/cm^2$

Xét uốn dọc $\frac{l_0}{b} = \frac{300}{25} = 12 > 10 \rightarrow m_{dh} = 0,96$ và $\varphi = 0,96$

$$N = \frac{N_{dh}}{m_{dh}} + N_{ngh} = \frac{100}{0,96} + 150 = 254kN$$

$N_{gh} = \varphi(m_b R_n F_b + m_a R_a F_a) = 0,96.(1.90.25.25 + 1,1.2100.8,04) = 71829,5daN = 718,3kN$

$k_n n_c N = 1,15.1.254 = 292,1\ kN < N_{gh}$

Kết luận: Cấu kiện đủ khả năng chịu lực.

2. Cấu kiện chịu nén lệch tâm

a) Nén lệch tâm lớn:

1) Cấu kiện chịu nén lệch tâm tiết diện chữ nhật b×h = 40×60cm, thuộc công trình cấp III, chiều dài tính toán l_0 = 7m. Dùng bê tông mác 200, cốt thép nhóm AI. Nội lực do tải trọng

Trung tâm đào tạo xây dựng VIETCONS
http://www.vietcons.org

tính toán thuộc tổ hợp cơ bản gây ra M_{dh} = 240kNm, M_{ngh} = 100kNm, N_{dh} = 600kN, N_{ngh} = 300kN.

Yêu cầu : Tính F_a, F'_a (với a = a' = 4cm)

Giải:

Từ điều kiện đầu bài tra phụ lục ta được:

$k_n = 1,15$; $n_c = 1$; $m_a = 1,1$; $m_b = 1,0$; $\alpha_o = 0,65$; $\mu_{min} = 0,2\%$;

$A_o = 0,439$; $R_a = 2100$ daN/cm^2; $R_n = 90$ daN/cm^2; $h_0 = h - a = 60 - 4 = 56$cm.

Xét uốn dọc $\frac{l_0}{h} = \frac{700}{60} = 11,67 > 10 \rightarrow m_{dh} = 0,967$

$$e_{odh} = \frac{M_{dh}}{N_{dh}} = \frac{240}{600} = 0,4m = 40cm$$

$$m_{edh} = \frac{m_{dh} + 2\frac{e_{odh}}{h}}{1 + 2\frac{e_{odh}}{h}} = \frac{0,967 + 2\frac{40}{60}}{1 + 2\frac{40}{60}} = 0,986$$

$$N = \frac{N_{dh}}{m_{edh}} + N_{ngh} = \frac{600}{0,986} + 300 = 908,7kN$$

$$M = \frac{M_{dh}}{m_{edh}} + M_{ngh} = \frac{240}{0,986} + 100 = 343,5kNm$$

$$e_o = \frac{M}{N} = \frac{343,5}{908,7} = 0,378m = 37,8cm$$

$$\eta = \frac{1}{1 - \frac{k_n n_c N}{400 m_b R_n F}\left(\frac{l_o}{h}\right)^2} = \frac{1}{1 - \frac{1,15.1.90870}{400.1,0.90.40.60}\left(\frac{700}{60}\right)^2} = 1,197$$

$\eta e_o = 1,197.37,8 = 45,25cm > 0,3h_o = 0,3.56 = 16,8cm \rightarrow$ **nén lệch tâm lớn**

$$e = \eta e_o + h/2 - a = 45,25 + 30 - 4 = 71,25cm$$

$$F'_a = \frac{k_n n_c N e - m_b R_n b h_o^2 A_o}{m_a R'_a (h_o - a')}$$

$$= \frac{1,15.1.90870.71,25 - 1,0.90.40.56^2.0,439}{1,1.2100.(56 - 4)}$$

$$= 20,72 > 0,002bh_0 = 0,002.40.56 = 4,48cm^2$$

Trung tâm đào tạo xây dựng VIETCONS
http://www.vietcons.org

$$F_a = \frac{m_b R_n b h_0 \alpha_0 - k_n n_c N}{m_a R_a} + F'_a$$

$$= \frac{1,0.90.40.56.0,65 - 1,15.1.90870}{1,1.2100} + 20,7 = 32,19cm^2 > 4,48cm^2$$

Chọn và bố trí cốt thép: $F'_a = 2\phi25$ và $2\phi28$, $F_a = 4\phi32$.

2) Cấu kiện chịu nén lệch tâm tiết diện chữ nhật b×h = 30×45cm, thuộc công trình cấp III, chiều dài tính toán l_0 = 4m. Dùng bê tông mác 200, cốt thép nhóm AII. Nội lực do tải trọng tính toán thuộc tổ hợp cơ bản gây ra M_{dh} = 100kNm, M_{ngh} = 59kNm, N_{dh} = 400kN, N_{ngh} = 250kN.

Yêu cầu : Tính F_a, F'_a (với a = a' = 3,5cm).

Giải:

Từ điều kiện đầu bài tra phụ lục ta được:

$k_n = 1,15$; $n_c = 1$; $m_a = 1,1$; $m_b = 1$; $\alpha_0 = 0,6$; $\mu_{min} = 0,1\%$;

$A_0 = 0,42$; $R_a = 2700\ daN/cm^2$; $R_n = 90\ daN/cm^2$; $h_0 = h - a = 45 - 3,5 = 4,5cm$.

Xét uốn dọc $\frac{l_0}{h} = \frac{400}{45} = 8,89 < 10 \rightarrow \eta = 1$ và $m_{edh} = 1$

$$N = N_{dh} + N_{ngh} = 400 + 250 = 650\ kN$$

$$M = M_{dh} + M_{ngh} = 100 + 59 = 159\ kNm$$

$$e_0 = \frac{M}{N} = \frac{159}{650} = 0,2446m = 24,46cm > 0,3h_0 = 12,45cm \rightarrow$$ nén lệch tâm lớn

$$e = \eta e_0 + h/2 - a = 24,46 + 45/2 - 3,5 = 43.46cm$$

$$F'_a = \frac{k_n n_c N e - m_b R_n b h_0^2 A_0}{m_a R'_a (h_0 - a')}$$

$$= \frac{1,15.1.65000.43,46 - 1.90.30.41,5^2.0,42}{1,1.2700.(41,5 - 3,5)} = 11,48cm^2 > 0,001bh_0 = 1,24cm^2$$

$$F_a = \frac{m_b R_n b h_0 \alpha_0 - k_n n_c N}{m_a R_a} + F'_a$$

$$= \frac{1.90.30.41,5.0,6 - 1,15.1.65000}{1,1.2700} + 11,48 = 8,9cm^2 > 1,24\ cm^2$$

Chọn và bố trí cốt thép: $F'_a = 3\phi22$; $F_a = 2\phi20$ và $1\phi18$.

3) Cấu kiện chịu nén lệch tâm tiết diện chữ nhật b×h = 30×50cm, thuộc công trình cấp III, chiều dài tính toán l_0 = 4m. Dùng BT mác 200, cốt thép nhóm AII. Nội lực do tải trọng tính

Trung tâm đào tạo xây dựng VIETCONS
http://www.vietcons.org

toán thuộc tổ hợp cơ bản gây ra M_{dh} = 100kNm, M_{ngh} = 50kNm, N_{dh} = 400kN, N_{ngh} = 300kN. Biết miền nén đã đặt 2ϕ20 (6,28cm^2).

Yêu cầu: Tính F_a (với a = a' = 3,5cm)

Giải:

Từ điều kiện đầu bài tra phụ lục ta được:

$k_n = 1,15$; $n_c = 1$; $m_a = 1,1$; $m_b = 1$; $\alpha_0 = 0,6$; $\mu_{min} = 0,1\%$; $A_0 = 0,42$;

$R_a = 2700$ daN/cm^2; $R_n = 90$ daN/cm^2; $h_0 = h - a = 45 - 3,5 = 41,5$cm.

Xét uốn dọc $\frac{l_0}{h} = \frac{400}{50} = 8,0 < 10 \rightarrow \eta = 1$ và $m_{cdh} = 1$

$$N = N_{dh} + N_{ngh} = 400 + 300 = 700kN$$

$$M = M_{dh} + M_{ngh} = 100 + 50 = 150kNm$$

$$e_o = \frac{M}{N} = \frac{150}{700} = 0,214m = 21,4cm > 0,3h_0 = 12,45cm \rightarrow \textbf{nén lệch tâm lớn}$$

$$e = \eta e_o + h/2 - a = 21,4 + 45/2 - 3,5 = 40,4cm$$

$$A = \frac{k_n n_c Ne - m_a R_a' F_a' (h_0 - a')}{m_b R_n b h_o^2}$$

$$= \frac{1,15.1.70000.40,4 - 1,1.2700.6,28.(46,5 - 3,5)}{1,0.90.30.46,5^2} = 0,4196 < A_0$$

$2a'/h_0 < \alpha = 0,599 < \alpha_0$. Vậy thoả mãn điều kiện hạn chế.

$$F_a = \frac{m_b R_n b h_0 \alpha - k_n n_c N}{m_a R_a} + F_a'$$

$$= \frac{1.90.30.46,5.0,599 - 1,15.1.70000}{1,1.2700} + 6,28 = 4,5cm^2 > F_{min} = 0,001.30.46,5 = 1,4cm^2$$

Chọn và bố trí cốt thép: F_a' = 2ϕ20 ; F_a = 2ϕ18

4) Cấu kiện chịu nén lệch tâm tiết diện chữ nhật b×h = 50×70cm, thuộc công trình cấp III, chiều dài tính toán l_0 = 6m, dùng bê tông mác 200, cốt thép nhóm AII. Nội lực do tải trọng tính toán thuộc tổ hợp đặc biệt gây ra M_{dh} = 300kNm, M_{ngh} = 200kNm, N_{dh} = 1000kN, N_{ngh} = 700kN.

Yêu cầu : Tính cốt thép đối xứng (với a = a' = 4cm).

Giải:

Từ điều kiện đầu bài tra phụ lục ta được:

Trung tâm đào tạo xây dựng VIETCONS
http://www.vietcons.org

$k_n = 1,15$; $n_c = 0,9$; $m_a = 1,1$; $m_b = 1,0$; $\alpha_o = 0,6$; $\mu_{min} = 0,1\%$;

$A_0 = 0,42$; R_a 2700 daN/cm^2; $R_n = 90$ daN/cm^2; $h_0 = h - a = 70 - 4 = 66$cm.

Xét uốn dọc $\frac{l_0}{h} = \frac{600}{70} = 8,57 < 10 \rightarrow \eta = 1$ và $m_{edh} = 1$

$N = N_{dh} + N_{ngh} = 1000 + 700 = 1700$kN

$M = M_{dh} + M_{ngh} = 300 + 200 = 500$kNm

$$e_0 = \frac{M}{N} = \frac{500}{1700} = 0,29m = 29cm > 0,3h_0 = 19,8cm \rightarrow \text{nén lệch tâm lớn}$$

$$e = \eta e_0 + h/2 - a = 29 + 70/2 - 4 = 60cm$$

$$x = \frac{k_n n_c N}{m_b R_n b} = \frac{1,15.0,9.170.10^3}{1,0.90.50} = 39,1cm$$

$2a' = 8 < x < \alpha_0 h_0 = 0,6.66 = 39,6cm$

$$F_a = F_a' = \frac{k_n n_c Ne - m_b R_n bx(h_0 - x/2)}{m_a R_a'(h_0 - a')}$$

$$= \frac{1,15.0,9.170000.60 - 1,0.90.50.39,1.(66 - 39,1/2)}{1,1.2700.(66 - 4)} = 12,9cm^2 > 0,001bh_0 = 3,3cm^2$$

Chọn và bố trí cốt thép: $F_a' = F_a = 4\phi 20$

5) Cấu kiện chịu nén lệch tâm tiết diện chữ nhật b×h = 40×70cm, thuộc công trình cấp III, chiều dài tính toán $l_0 = 5$m. Dùng bê tông mác 200, cốt thép nhóm AII. Nội lực do tải trọng tính toán thuộc tổ hợp đặc biệt gây ra M = 400kNm, N = 1200kN. Miền nén đã đặt 4ϕ20 (12,56cm^2), miền kéo bố trí 4ϕ22 (15,2cm^2).

Yêu cầu : Kiểm tra khả năng chịu lực của cấu kiện (với a = a' = 4cm).

Giải:

Từ điều kiện đầu bài tra phụ lục ta được:

$k_n = 1,15$; $n_c = 0,9$; $m_a = 1,1$; $m_b = 1,0$; $\alpha_o = 0,6$; $\mu_{min} = 0,1\%$;

$A_o = 0,42$; $R_a = 2700$daN/cm^2; $R_n = 90$ daN/cm^2; $h_o = h - a = 70 - 4 = 66$cm.

Xét uốn dọc $\frac{l_0}{h} = \frac{500}{70} = 7,14 < 10 \rightarrow \eta = 1$ và $m_{edh} = 1$

Giả thiết cấu kiện chịu nén lệch tâm lớn:

$$x = \frac{k_n n_c N + m_a R_a F_a - m_a R_a' F_a'}{m_b R_n b} = \frac{1,15.0,9.120.10^3 + 1,1.2700(15,2 - 12,56)}{1,0.90.40} = 36,68cm$$

$2a' = 8 < x < \alpha_0 h_0 = 0,6.66 = 39,6cm$

Trung tâm đào tạo xây dựng VIETCONS
http://www.vietcons.org

Do đó, cấu kiện là nén lệch tâm lớn.

$$e_0 = \frac{M}{N} = \frac{400}{1200} = 0,33m = 33,3cm$$

$$e = \eta e_0 + h/2 - a = 33,3 + 70/2 - 4 = 64,3cm$$

Cấu kiện sẽ đủ khả năng chịu lực nếu thoả mãn điều kiện (*)

$$k_n n_c Ne \le m_b R_n bx(h_0 - x/2) + m_a R_a' F_a'(h_0 - a') \qquad (*)$$

$$k_n n_c Ne = 1,15.0,9.1200.10^2.64,3 = 7986060daNcm = 798,6kNm \qquad (1)$$

$$m_b R_n bx(h_0 - x/2) + m_a R_a' F_a'(h_0 - a') = 1,0.90.40.36,68.(66 - 36,68/2) +$$

$$+1,1.2700.(66 - 4).12,56 = 8606206daNcm = 860kNm \qquad (2)$$

Kết luận: (1) < (2) → (*) được thoả mãn vậy cấu kiện đủ khả năng chịu lực.

b) Nén lệch tâm nhỏ

1) Cấu kiện chịu nén lệch tâm tiết diện chữ nhật b×h = 30×60cm, thuộc công trình cấp II, chiều dài tính toán l_0 = 5m. Dùng bê tông mác 200, cốt thép nhóm AII. Nội lực do tải trọng tính toán thuộc tổ hợp cơ bản gây ra M_{dh} = 40kNm. M_{ngh} = 70kNm, N_{dh} = 500kN, N_{ngh} = 600kN.

Yêu cầu : Tính F_a, F_a' (với a = a' = 4cm).

Giải:

Từ điều kiện đầu bài tra phụ lục ta được:

$k_n = 1,2$; $n_c = 1$; $m_a = 1,1$; $m_b = 1,0$; $\alpha_0 = 0,6$; $\mu_{min} = 0,1\%$;

$A_0 = 0,42$; $R_a = 2700$ daN/cm^2; $R_n = 90$ daN/cm^2; $h_0 = h - a = 60 - 4 = 56cm$.

Xét uốn dọc $\frac{l_0}{h} = \frac{500}{60} = 8,33 < 10 \rightarrow m_{cdh} = 1$

$$N = \frac{N_{dh}}{m_{cdh}} + N_{ngh} = 500 + 600 = 1100kN$$

$$M = \frac{M_{dh}}{m_{cdh}} + M_{ngh} = 40 + 70 = 110kNm$$

$$e_0 = \frac{M}{N} = \frac{110}{1100} = 0,1 = 10cm < 0,3h_0 = 0,3.56 = 16,8cm \rightarrow$$ nén lệch tâm bé

$$\eta e_0 < 0,2h_0 = 11,2 \rightarrow x = h - (1,8 + \frac{h}{2h_0} - 1,4\alpha_0)\eta e_0$$

$$= 60 - (1,8 + \frac{60}{2.56} - 1,4.0,6).10 = 45,04cm$$

$x = 45,04cm < h_0 = 56cm$.

Trung tâm đào tạo xây dựng VIETCONS
http://www.vietcons.org

$$e = \eta e_0 + h/2 - a = 10 + 30 - 4 = 36cm$$

$$\sigma_a = \left(1 - \frac{\eta e_0}{h_0}\right) R_a = \left(1 - \frac{10}{56}\right) 2700 = 2217,85 daN/cm^2$$

$$F_a' = \frac{k_n n_c Ne - m_b R_n bx(h_0 - x/2)}{m_a R_a'(h_0 - a')}$$

$$= \frac{1,2.1.110000.36 - 1,0.90.30.45,04.(56 - 45,04/2)}{1,1.2700.(56 - 4)} = 4,4cm^2$$

$$F_a' > F_{min} = 0,001.30.56 = 1,68cm^2$$

$$F_a = \frac{m_b R_n bx + m_a R_a' F_a' - k_n n_c N}{m_a \sigma_a}$$

$$= \frac{1,0.90.30.45,04 + 1,1.2700.4,4 - 1,2.1.1100.10^2}{1,1.2217,85} = 1,09cm^2 < 1,68cm^2$$

Chọn và bố trí cốt thép. F_a (lấy bằng cốt thép cấu tạo) = 2ϕ16 ; F_a' = 2ϕ18

2) Cấu kiện chịu nén lệch tâm tiết diện chữ nhật b×h = 20×50cm, thuộc công trình cấp II, chiều dài tính toán l_0 = 4m. dùng bê tông mác 250, cốt thép nhóm AII. Nội lực do tải trọng tính toán thuộc tổ hợp đặc biệt gây ra M = 110kNm, N = 1000kN. Miền nén đã đặt 4ϕ20 (12,56cm^2), miền kéo bố trí 2ϕ16 (4,02cm^2)

Yêu cầu : Kiểm tra khả năng chịu lực của cấu kiện (với a = a' = 4cm).

Giải:

Từ điều kiện đầu bài tra phụ lục ta được:

$k_n = 1,2$; $n_c = 0,9$; $m_a = 1,1$; $m_b = 1,0$; $\alpha_o = 0,6$; $\mu_{min} = 0,1\%$;

$A_0 = 0,42$; $R_a = 2700 daN/cm^2$; $R_n = 110 daN/cm^2$; $h_0 = h - a = 50 - 4 = 46cm$

Xét uốn dọc $\frac{l_0}{h} = \frac{400}{50} = 8 < 10 \rightarrow \eta = 1$ và $m_{edh} = 1$

Giả thiết cấu kiện chịu nén lệch tâm lớn, cấu kiện sẽ đủ khả năng chịu lực nếu cả (*) và (**) đều được thoả mãn:

$$k_n n_c Ne \le m_b R_n bx(h_o - x/2) + m_a R_a' F_a'(h_o - a') \qquad (*)$$

$$k_n n_c N \le m_b R_n bx' + m_a R_a' F_a' - m_a \sigma_a F_a \qquad (**)$$

$$k_n n_c Ne = 1,2.0,9.100.10^3.32 = 3456000 daNcm = 34,56Tm \qquad (1)$$

$$m_b R_n bx(h_0 - x/2) + m_a R_a' F_a'(h_0 - a') = 1,0.110.20.32,64.(46 - 32,64/2) +$$

$$+1,1.2700.(46 - 4).15,2 = 4027309 daNcm = 402,7kNm \qquad (2)$$

Trung tâm đào tạo xây dựng VIETCONS
http://www.vietcons.org

$$k_n n_c N = 1,2.0,9.1000.10^2 = 108000daNcm = 1080kN \quad (3)$$

$$m_b R_n bx + m_a R_a' F_a' - m_a \sigma_a F_a = 1,0.110.20.32,64 + 1,1.2700.15,2 - 1,1.2054,3.4,02$$
$$= 107868daN = 1078kN \quad (4)$$

Kết luận: (1) < (2) và (3) > (4) → (*) thoả mãn, nhưng (**) không thoả mãn, nên cấu kiện không đủ khả năng chịu lực.

B. CẤU KIỆN CHỊU KÉO

1. Cấu kiện chịu kéo đúng tâm

1) Cấu kiện chịu kéo đúng tâm tiết diện vuông b = 20cm, thuộc công trình cấp III, dùng bê tông mác 200, cốt thép nhóm AII. Nội lực do tải trọng tính toán thuộc tổ hợp cơ bản gây ra N = 150kN.

Yêu cầu: Tính cốt thép chịu lực.

Giải:

Từ điều kiện đầu bài tra phụ lục ta được:

$k_n = 1,15$; $n_c = 1$; $m_a = 1,1$; $m_b = 1$; $\mu_{min} = 0,4\%$;

$R_a = 2700$ daN/cm^2; $R_n = 90$ daN/cm^2.

$$F_a = \frac{k_n n_c N}{m_a R_a} = \frac{1,15.1.150.10^2}{1,1.2700} = 5,8cm^2 > \mu_{min} b = 0\ 004\ 20.20 = 1,6cm^2$$

Bố trí 4ϕ14 (6,16cm^2) đều theo chu vi của tiết diện (tại 4 góc).

2) Cấu kiện chịu kéo đúng tâm tiết diện chữ nhật b = 20cm, h = 40cm thuộc công trình cấp III, dùng bê tông mác 200, cốt thép nhóm AII. Nội lực do tải trọng tính toán thuộc tổ hợp cơ bản gây ra N = 200kN. Đã đặt 4ϕ16 (8,04cm^2) tại 4 góc của tiết diện.

Yêu cầu : Kiểm tra khả năng chịu lực của cấu kiện.

Giải.

Từ điều kiện đầu bài tra phụ lục ta được:

$k_n = 1,15$; $n_c = 1$; $m_a = 1,1$; $m_b = 1$; $\mu_{min} = 0,4\%$;

$R_a = 2700$daN/cm^2; $R_n = 90$daN/cm^2.

Kiểm tra điều kiện đảm bảo an toàn theo công thức

$$k_n n_c N \le N_{gh} = m_a R_a F_a \quad (*)$$

$$k_n n_c N = 1,15.1.200 = 230kN \quad (1)$$

$$N_{gh} = 1,1.2700.8,04 = 23878,8\ daN = 23,8kN \quad (2)$$

(1) < (2). Vậy thoả mãn điều kiện (*), cấu kiện đủ khả năng chịu lực.

Trung tâm đào tạo xây dựng VIETCONS
http://www.vietcons.org

2. Cấu kiện chịu kéo lệch tâm

a) Kéo lệch tâm lớn:

1) Cấu kiện chịu kéo lệch tâm tiết diện chữ nhật b×h = 20×40cm, thuộc công trình cấp III, dùng bê tông mác 200, cốt thép nhóm AII. Nội lực do tải trọng tính toán thuộc tổ hợp cơ bản gây ra M = 150kNm, N = 400kN.

Yêu cầu : Tính cốt dọc (với a = a' = 4cm).

Giải:

Từ điều kiện đầu bài tra phụ lục ta được:

$k_n = 1,2$ $n_c = 0,9$ $m_a = 1,1$ $m_b = 1$ $\alpha_0 = 0,6$ $\mu_{min} = 0,2\%$

$A_0 = 0,42$ $R_a = 2700\ daN/cm^2$ $R_n = 90\ daN/cm^2$ $h_0 = h - a = 40 - 4 = 36cm$

$$e_0 = \frac{M}{N} = \frac{150}{400} = 0,375m = 37,5cm > h/2 - a = 20 - 4 = 16cm \rightarrow$$ kéo lệch tâm lớn

$$e = e_0 - (h/2) + a = 37,5 - 40/2 + 4 = 21,5cm$$

$$e' = e_0 + (h/2) - a' = 37,5 + 40/2 - 4 = 53,5cm$$

$$F_a' = \frac{k_n n_c N e - m_b R_n b h_0^2 A_0}{m_a R_a' (h_0 - a')} = \frac{1,15.1.40000.21,5 - 1.90.20.36^2.0,42}{1,1.2700.(36 - 4)} = 0,1cm^2$$

Chọn và bố trí cốt thép F_a' theo cấu tạo $2\phi14(3,08cm^2)$

$$A = \frac{k_n n_c N e - m_a R_a' F_a' (h_0 - a')}{m_b R_n b h_0^2} = \frac{1,15.1.400.10^2.21,5 - 1,1.2700.3,08.32}{1.90.20.36^2} = 0,298$$

$\rightarrow \alpha = 0,365 > 2a'/h_0 = 0,22$ và $\alpha < \alpha_0$.

$$F_a = \frac{k_n n_c N + m_b R_n b h_0 \alpha}{m_a R_a} + F_a' = \frac{1,15.1.40000 + 1.90.20.36.0,365}{1,1.2700} + 3,08 =$$

$$= 26,5cm^2 > \mu_{min} b h_o$$

Chọn F_a: $2\phi30 + 2\phi28\ (26,5cm^2)$

2) Cấu kiện chịu kéo lệch tâm tiết diện chữ nhật b×h = 40×60cm, thuộc công trình cấp II, dùng bê tông mác 200, cốt thép nhóm AIII. Nội lực do tải trọng tính toán thuộc tổ hợp đặc biệt gây ra M = 300kNm, N = 750kN.

Yêu cầu : Tính cốt dọc (với a = a' = 4cm).

Giải:

Từ điều kiện đầu bài tra phụ lục ta được:

$k_n = 1,2;$ $n_c = 0,9;$ $m_a = 1,1;$ $m_b = 1;$ $\alpha_0 = 0,6;$ $\mu_{min} = 0,4\%$

$A_0 = 0,42;$ $R_a = 3400\ daN/cm^2;$ $R_n = 90daN/cm^2;$ $h_0 = h - a = 60 - 4 = 56cm.$

Trung tâm đào tạo xây dựng VIETCONS
http://www.vietcons.org

$$e_0 = \frac{M}{N} = \frac{300}{750} = 0,4m = 40cm > h/2 - a = 30 - 4 = 26cm \rightarrow \text{kéo lệch tâm lớn}$$

$$e = e_0 - h/2 + a = 40 - 60/2 + 4 = 14cm$$

$$e' = e_0 + h/2 - a' = 40 + 60/2 - 4 = 66cm$$

$$F_a' = \frac{k_n n_c Ne - m_b R_n b h_0^2 A_0}{m_a R_a'(h_0 - a')} = \frac{1,2.0,9.75000.14 - 1.90.40.56^2.0,42}{1,1.3400.(56-4)} = -18,55cm^3 < 0$$

Chọn và bố trí cốt thép F_a' theo cấu tạo 3ϕ14 ($4,62cm^2$)

Tính lại A:

$$A = \frac{k_n n_c Ne - m_a R_a' F_a'(h_0 - a')}{m_b R_n b h_0^2} = \frac{1,2.0,9.75000.14 - 1,1.3400.4,62.52}{1.90.40.56^2} = 0,02$$

$\rightarrow \alpha = 0,02 < 2a'/h_0 = 0,13 \rightarrow$ lấy $x = 2a'$

$$F_a = \frac{k_n n_c Ne'}{m_a R_a (h_0 - a')} = \frac{1,2.0,9.75000.66}{1,1.3400.(56-4)} = 27,5cm^2 > \mu_{min} b h_0$$

Chọn F_a theo cấu tạo 4ϕ30

3) Cấu kiện chịu kéo lệch tâm tiết diện chữ nhật b×h = 20×50cm, thuộc công trình cấp III, dùng bê tông mác 200, cốt thép nhóm CII. Nội lực do tải trọng tính toán thuộc tổ hợp cơ bản gây ra M = 150kNm, N = 300kN. Đã đặt ở vùng nén 2ϕ16 ($4,02cm^2$), vùng kéo 3ϕ30 ($21,21cm^2$),

Yêu cầu : Kiểm tra cường độ tại tiết diện trên (với a = a' = 3,5cm).

Giải:

Từ điều kiện đầu bài tra phụ lục ta được:

$k_n = 1,15$; $n_c = 1$; $m_a = 1,1$; $m_b = 1$; $\alpha_o = 0,6$; $A_o = 0,42$;

$R_a = 2700daN/cm^2$; $R_n = 90\ daN/cm^2$; $h_0 = h - a = 50 - 3,5 = 46,5cm$.

$$e_0 = \frac{M}{N} = \frac{150}{300} = 0,5m = 50cm > h/2 - a = 25 - 3,5 = 21,5cm \rightarrow \text{kéo lệch tâm lớn}$$

$$e = e_0 - h/2 + a = 50 - 25 + 3,5 = 28,9cm$$

$$\alpha = \frac{m_a R_a F_a - m_a R_a' F_a' - k_n n_c N}{m_b R_n b h_0} = \frac{1,1.2700.(21,21 - 4,02) - 1,15.1.300.10^2}{1.90.20.46,5} = 0,178$$

$\alpha = 0,198 < \alpha_o = 0,6$

$\alpha > 2a'/h_0 = 0,15$

$A = 0,178$.

Kết luận: Vậy thoả mãn điều kiện hạn chế của kéo lệch tâm lớn.

Trung tâm đào tạo xây dựng VIETCONS
http://www.vietcons.org

Điều kiện để cấu kiện đủ khả năng chịu lực là :

$$k_n n_c Ne \le m_b R_n b h_o^2 A + m_a R_a' F_a' (h_o - a') \quad (*)$$

$$k_n n_c Ne = 1,15.1.300.10^2.28,9 = 983250 \text{ daNcm} \quad (1)$$

$$m_b R_n b h_o^2 A + m_a R_a' F_a' (h_o - a') = 1.90.20.46,5^2 0,178 + 1,1.2700.4,02.(46,5 - 3,5) = 1207046 \text{daNcm} \quad (2)$$

Kết luận: (1) < (2) → thoả mãn điều kiện (*). Vậy cấu kiện đủ khả năng chịu lực.

a) Kéo lệch tâm nhỏ:

1) Cấu kiện chịu kéo lệch tâm tiết diện chữ nhật b×h = 20×40cm, thuộc công trình cấp III, dùng bê tông mác 150, cốt thép nhóm CII. Nội lực do tải trọng tính toán thuộc tổ hợp cơ bản gây ra M = 120kNm, N = 800kN

Yêu cầu : Tính thép dọc (với a = a' = 3cm).

Giải:

Từ điều kiện đầu bài tra phụ lục ta được:

$k_n = 1,15$ $n_c = 1$ $m_a = 1,1$ $m_b = 1$ $\alpha_o = 0,65$ $\mu_{min} = 0,2\%$

$A_0 = 0,439$ $R_a = 2700 \text{ daN/cm}^2$ $R_n = 70 \text{ daN/cm}^2$ $h_0 = h - a = 40 - 3 = 37\text{cm}$

$$e_o = \frac{M}{N} = \frac{120}{800} = 0,15\text{m} = 15\text{cm} < h/2 - a = 20 - 3 = 17\text{cm} \rightarrow \text{kéo lệch tâm bé}$$

$$e = h/2 - e_0 - a = 20 - 15 - 3 = 2\text{cm}$$

$$e' = e_0 + h/2 - a' = 15 + 40/2 - 3 = 32\text{cm}$$

$$F_a = \frac{k_n n_c Ne}{m_a R_a'(h_0 - a')} = \frac{1,15.1.800.10^2.2}{1,1.2700.(37-3)} = 1,8\text{cm}^2 > \mu_{min} b h_0 = 1,48\text{cm}^2$$

$$F_a' = \frac{k_n n_c N_e'}{m_a R_a (h_0 - a')} = \frac{1,15.1.800.10^2.32}{1,1.2700.(37-3)} = 28,8\text{cm}^2 > \mu_{min} b h_0$$

Bố trí F_a': 2ϕ12 (2,26cm^2); F_a: 4ϕ30 (28,27cm^2).

2) Cấu kiện chịu kéo lệch tâm tiết diện chữ nhật b×h = 30×60cm, thuộc công trình cấp III, dùng bê tông mác 200, cốt thép nhóm CII. Nội lực do tải trọng tính toán thuộc tổ hợp cơ bản gây ra M = 15kNm, N = 75kN. Đã đặt F_a' = 2ϕ14(3.08cm^2), F_a = 4ϕ22 (15,2cm^2).

Yêu cầu : Kiểm tra cường độ tại tiết diện trên (với a = a' = 4cm).

Giải:

Từ điều kiện đầu bài tra phụ lục ta được:

Trung tâm đào tạo xây dựng VIETCONS
http://www.vietcons.org

$k_n = 1,15$; $n_c = 1$; $m_a = 1,1$; $m_b = 1$; $\alpha_0 = 0,6$; $A_o = 0,42$;

$R_a = 2700$ daN/cm^2; $R_n = 90$ daN/cm^2; $h_0 = h - a = 60 - 4 = 56$cm.

$$e_0 = \frac{M}{N} = \frac{150}{750} = 0,2m = 20cm < (h/2) - a = 30 - 4 = 26cm \rightarrow$$ kéo lệch tâm bé.

$e = (h/2) - e_0 - a = 30 - 20 - 4 = 6$ cm

$e' = e_0 + (h/2) - a' = 20 + (60/2) - 4 = 46$ cm

Cấu kiện sẽ đảm bảo khả năng chịu lực nếu thoả mãn cả (*) và (**).

$k_n n_c Ne < m_a R_a' F_a' (h_o - a') = 1,15.1.75.10^2.6 < 1,1.2700.3,08.(56 - 4)$ (*)

$= 51750 < 475675$daNcm

$k_n n_c Ne' < m_a R_a F_a (h_o - a') = 1,15.1.75.10^2.46 < 1,1.2700.15,2.(56 - 4)$

$= 396750 < 2347488$ daNcm (**)

Kết luận: Cả (*) và (**) đều thoả mãn, vậy cấu kiện đủ khả năng chịu lực.

Trung tâm đào tạo xây dựng VIETCONS
http://www.vietcons.org

Chương 5: TÍNH TOÁN CẤU KIỆN BÊ TÔNG CỐT THÉP THEO TRẠNG THÁI GIỚI HẠN THỨ HAI

1) Dầm BTCT chịu uốn có tiết diện chữ T cánh nén với kích thước hình học: h = 70cm, b = 30cm, $b_c' = 100cm$, $h_c' = 20cm$, thuộc công trình cấp III, tổ hợp lực đặc biệt dùng bê tông mác 200, cốt thép nhóm CII. Vùng nén đã đặt 3ϕ 10 (2,36 cm^2), vùng kéo đặt 3ϕ 20 (9,42 cm^2) tầng bảo vệ a = a' = 4 cm. Mô men do tải trọng tiêu chuẩn tác dụng tại mặt cắt $M^c = 60kNm$.

Tại mặt cắt trên dầm có bị nứt không ?

Giải:

Từ điều kiện đầu bài tra phụ lục được:

$E_a = 2,1.10^6$ daN/cm^2; $E_b = 2,4.10^5$ daN/cm^2; $n_c = 0,9$; $R_k^c = 11,5$ daN/cm^2;

$\gamma = 1,75$; $m_h = 1$; $\gamma_1 = \gamma.m_h = 1,75.1 = 1,75$; $n = E_a/E_b = 8,75$;

Điều kiện để tiết diện trên không bị nứt:

$$n_c M^c \le M_n = \gamma_1 R_k^c W_{qđ}$$

$$F_{qđ} = bh + (b_c' - b)h_c' + n(F_a + F_a') = 30.70 + (100 - 30).20 + 8,75.(9,42 + 2,36)$$

$$= 3603,075cm^2$$

$$x_n = \frac{0,5.bh^2 + (b_c' - b)h_c'^2/2 + nF_a'a' + nF_a h_0}{F_{qđ}}$$

$$= \frac{0,5.30.70^2 + (100-30).20^2/2 + 8,75.2,36.4 + 8,75.9,42.66}{3603,075}$$

$$= \frac{93022,65}{3603,075} \approx 25,82cm$$

$$J_{qđ} = \frac{b_c' x_n^3}{3} - \frac{(b_c' - b)(x_n - h_c')^3}{3} + \frac{b(h - x_n)^3}{3} + nF_a'(x_n - a')^2 + nF_a(h_o - x_n)^2$$

$$= \frac{100.25,82^3}{3} - \frac{(100-30)(25,82-20)^3}{3} + \frac{30(70-25,82)^3}{3} +$$

$$+ 8,75.2,36.(25,82-4)^2 + 8,75.9,42.(66-25,82)^2 = 1574421,4cm^4$$

$$W_{qđ} = \frac{J_{qđ}}{h - x_n} = \frac{1574421,4}{70 - 25,82} = 35634,56cm^3$$

$$M_n = \gamma_1 R_k^c W_{qđ} = 1,75.11,5.35634,56 = 717145,52daNcm$$

$$n_c M^c = 0,9.60.10^4 = 54.10^4 \text{ daNcm} < M_n$$

Kết luận: Vậy mặt cắt trên không bị nứt.

Trung tâm đào tạo xây dựng VIETCONS
http://www.vietcons.org

2) Dầm BTCT chịu uốn có tiết diện chữ T cánh nén với kích thước: h = 50 cm, b = 15cm, h'_c = 10cm, b'_c = 40cm, thuộc công trình cấp III, tổ hợp lực cơ bản dùng bê tông mác 200, cốt thép nhóm CI. Vùng nén đã đặt 2ϕ16 ,vùng kéo đặt 3ϕ20, tầng bảo vệ a = a' = 4 cm. Mô men do tải trọng tiêu chuẩn tác dụng tại mặt cắt M^c = 500kNm.

Tại mặt cắt trên dầm có bị nứt không ?

Giải:

Từ điều kiện đầu bài tra phụ lục được:

$E_a = 2,1.10^6$ daN/cm^2; $E_b = 2,4.10^5$ daN/cm^2; $n_c = 1$; $R_k^c = 11,5$ daN/cm^2;

$\gamma = 1,75$; $m_h = 1$; $\gamma_1 = \gamma.m_h = 1,75.1 = 1,75$; $n = E_a/E_b = 8,75$.

Điều kiện để tiết diện trên không bị nứt:

$$n_c M^c \le M_n = \gamma_1 R_k^c W_{qđ}$$

$$F_{qđ} = bh+(b'_c-b)h'_c+n(F_a + F'_a) = 15.50+(40-15).10+8,75.(9,42+4,02) = 1117,6cm^2$$

$$x_n = \frac{0,5.bh^2 + (b'_c - b)h'^2_c/2 + nF'_a a' + nF_a h_o}{F_{qđ}}$$

$$= \frac{0,5.15.50^2 + (40-15).10^2/2 + 8,75.4,02.4 + 8,75.9,42.46}{1117,6}$$

$$= \frac{23932,25}{1117,6} \approx 21,41cm$$

$$J_{qđ} = \frac{b'_c x_n^3}{3} - \frac{(b'_c - b)(x_n - h'_c)^3}{3} + \frac{b(h-x_n)^3}{3} + nF'_a(x_n - a')^2 + nF_a(h_o - x_n)^2$$

$$= \frac{40.21,41^3}{3} - \frac{(40-15)(21,41-10)^3}{3} + \frac{15(50-21,41)^3}{3} +$$

$$+ 8,75.4,02.(21,41-4)^2 + 8,75.9,42.(46-21,41)^2 = 295823cm^4$$

$$W_{qđ} = \frac{J_{qđ}}{h - x_n} = \frac{295823}{50-21,41} = 10348,516cm^3$$

$$M_n = \gamma_1 R_k^c W_{qđ} = 1,75.11,5.10348,516 = 208263,88 \text{ daNcm}$$

$$n_c M^c = 500.10^4 \text{ daNcm} > M_n$$

Kết luận: Vậy mặt cắt trên bị nứt.

3) Dầm BTCT chịu uốn có tiết diện chữ T cánh kéo với kích thước: h = 70 cm, b = 30cm, h'_c = 20cm, b'_c = 100cm, thuộc công trình cấp III, tổ hợp lực cơ bản dùng bê tông mác 200, cốt thép nhóm CII. Vùng nén đã đặt 3ϕ10 (2,36cm^2), vùng kéo đặt 3ϕ20 (9,42cm^2), a = a' = 4 cm. Mô men do tải trọng tiêu chuẩn tác dụng tại mặt cắt M^c = 100kNm.

Tại mặt cắt trên dầm có bị nứt không ?

Trung tâm đào tạo xây dựng VIETCONS
http://www.vietcons.org

Giải:

Từ điều kiện đầu bài tra phụ lục được:

$E_a = 2{,}1.10^6$ daN/cm^2; $E_b = 2{,}4.10^5$ daN/cm^2; $n_c = 1$; $R_k^c = 11{,}5$ daN/cm^2;

$\gamma = 1{,}75$; $m_h = 1$; $\gamma_1 = \gamma.m_h = 1{,}75.1 = 1{,}75$; $n = E_a/E_b = 8{,}75$;

Điều kiện để tiết diện trên không bị nứt:

$$n_c M^c \le M_n = \gamma_1 R_k^c W_{qđ}$$

$$F_{qđ} = bh + (b_c' - b)h_c' + n(F_a + F_a') = 30.70 + (100 - 30).20 + 8{,}75.(9{,}42 + 2{,}36)$$

$$= 3603\text{cm}^2$$

$$S_{qđ} = 0{,}5.bh^2 + (b_c' - b)h_c'\left(h - \frac{h_c'}{2}\right) + nF_a'a' + nF_a h_o$$

$$= 0{,}5.30.70^2 + (100 - 30).20.(70 - 20/2) + 8{,}75(2{,}36.4 + 9{,}42.66) = 163022\ 7\text{cm}^3$$

$$x_n = \frac{S_{qđ}}{F_{qđ}} = \frac{163022{,}7}{3603} = 45{,}24\text{ cm}$$

$$J_{qđ} = \frac{bx_n^3}{3} + \frac{b_c'(h - x_n)^3}{3} - \frac{(b_c' - b)(h - x_n - h_c')^3}{3} + nF_a'(x_n - a')^2 + nF_a(h_o - x_n)^2$$

$$= \frac{30.45{,}24^3}{3} + \frac{100.(70 - 45{,}24)^3}{3} - \frac{(100 - 30)(70 - 45{,}24 - 20)^3}{3} +$$

$$+ 8{,}75.2{,}36.(45{,}24 - 4)^2 + 8{,}75.9{,}42.(66 - 45{,}24)^2 = 35506{,}2\text{ cm}^4$$

$$W_{qđ} = \frac{J_{qđ}}{h - x_n} = \frac{1500011{,}7}{70 - 45{,}24} = 60594{,}3\text{cm}^3$$

$$M_n = \gamma_1 R_k^c W_{qđ} = 1{,}75.11{,}5.60594{,}3 = 1219460\text{ daNcm}$$

$$n_c M^c = 1.100.10^4\text{ daNcm} < M_n$$

Kết luận: Vậy mặt cắt trên không bị nứt.

4) Dầm BTCT chịu uốn có tiết diện chữ nhật với kích thước: h = 50 cm, b = 25cm, thuộc công trình cấp III, tổ hợp lực đặc biệt dùng bê tông mác 200, cốt thép nhóm CII. Vùng nén đã đặt 3ϕ10 (2,36 cm^2), vùng kéo đặt 3ϕ20 (9,42 cm^2) tầng bảo vệ a = a' = 4 cm. Mô men do tải trọng tiêu chuẩn tác dụng tại mặt cắt M^c = 40Tm.

Tại mặt cắt trên dầm có bị nứt không ?

Giải:

Từ điều kiện đầu bài tra phụ lục được:

Trung tâm đào tạo xây dựng VIETCONS
http://www.vietcons.org

$E_a = 2,1.10^6$ daN/cm^2; $E_b = 2,4.10^5$ daN/cm^2; $n_c = 0,9$; $R_k^c = 11,5$ daN /cm^2;

$\gamma = 1,75$; $m_h = 1$; $\gamma_1 = \gamma m_h = 1,75.1 = 1,75$; $n = E_a/E_b = 8,75$.

Điều kiện để tiết diện trên không bị nứt:

$$n_c M^c \le M_n = \gamma_1 R_k^c W_{qđ}$$

$$F_{qđ} = bh + n(F_a + F_a') = 25.50 + 8,75.(9,42 + 2,36) = 1353,08\text{cm}^2$$

$$x_n = \frac{0,5.bh^2 + nF_a'a' + nF_a h_o}{F_{qđ}}$$

$$= \frac{0,5.25.50^2 + 8,75.2,36.4 + 8,75.9,42.46}{1353,08} = \frac{35124,15}{1353,08} \approx 25,96\text{cm}$$

$$J_{qđ} = \frac{bx_n^3}{3} + \frac{b(h - x_n)^3}{3} + nF_a'(x_n - a')^2 + nF_a(h_o - x_n)^2$$

$$= \frac{25.25,96^3}{3} + \frac{25(50 - 25,96)^3}{3} + 8,75.2,36.(25,96 - 4)^2 + 8,75.9,42.(46 - 25,96)^2$$

$$= 304629\text{cm}^4$$

$$W_{qđ} = \frac{J_{qđ}}{h - x_n} = \frac{304629}{50 - 25,96} = 12671,1\text{cm}^3$$

$$M_n = \gamma_1 R_k^c W_{qđ} = 1,75.11,5.12671,1 = 255005,9\text{daNcm}$$

$$n_c M^c = 0,9.40.10^4 = 36.10^4\ \text{daNcm} > M_n$$

Kết luận: Vậy mặt cắt trên bị nứt.

5) Cấu kiện chịu nén lệch tâm có tiết diện chữ T với kích thước: h = 60 cm, b = 30cm, b_c' = 100, h_c' = 20cm, thuộc công trình cấp III, tổ hợp lực cơ bản dùng bê tông mác 200, cốt thép nhóm CI. Vùng nén đã đặt 3ϕ12 (3,39 cm^2), vùng kéo đặt 3ϕ25 (14,73 cm^2) tầng bảo vệ a = a' = 4 cm. Mô men do tải trọng tiêu chuẩn tác dụng tại mặt cắt M^c = 2kNm và lực dọc N = 50kN.

Tại mặt cắt trên dầm có bị nứt không ?

Giải:

Từ điều kiện đầu bài tra phụ lục được:

$E_a = 2,1.10^6$ daN/cm^2; $E_b = 2,4.10^5$ daN/cm^2; $n_c = 1$; $R_k^c = 11,5$ daN /cm^2;

$\gamma = 1,75$; $m_h = 1$; $\gamma_1 = \gamma.m_h = 1,75.1 = 1,75$; $n = E_a/E_b = 8,75$.

Điều kiện để tiết diện trên không bị nứt:

Trung tâm đào tạo xây dựng VIETCONS
http://www.vietcons.org

$$n_c N^c \le N_n = \frac{\alpha_1 R_k^c}{\left(\frac{e_o}{W_{qđ}} - \frac{1}{F_{qđ}}\right)}$$

$$F_{qđ} = bh + (b_c' - b)h_c' + n(F_a + F_a') = 30.60 + (100-30).20 + 8,75.(14,73 + 3,39)$$

$$= 3358,55cm^2$$

$$x_n = \frac{0,5.bh^2 + (b_c' - b)h_c'^2/2 + nF_a'a' + nF_a h_o}{F_{qđ}}$$

$$= \frac{0,5.30.60^2 + (100-30).20^2/2 + 8,75.3,39.4 + 8,75.14,73.56}{3358,55}$$

$$= \frac{75336,35}{3358,55} \approx 22,43cm$$

$$J_{qđ} = \frac{b_c' x_n^3}{3} - \frac{(b_c' - b)(x_n - h_c')^3}{3} + \frac{b(h - x_n)^3}{3} + nF_a'(x_n - a')^2 + nF_a(h_o - x_n)^2$$

$$= \frac{100.22,43^3}{3} - \frac{(100-30)(22,43-20)^3}{3} + \frac{30(60-22,43)^3}{3}$$

$$+ 8,75.3,39.(22,43-4)^2 + 8,75.14,73.(56-22,43)^2 = 1061446,8cm^4$$

$$W_{qđ} = \frac{J_{qđ}}{h - x_n} = \frac{1061446,8}{60-22,43} = 28253,42cm^3$$

$$e_o = \frac{M}{N} = \frac{2}{5} = 0,4m = 40cm$$

$$N_n = \frac{\gamma_1 R_k^c}{\left(\frac{e_o}{W_{qđ}} - \frac{1}{F_{qđ}}\right)} = \frac{1,75.11,5}{\left(\frac{40}{28253,42} - \frac{1}{3358,55}\right)} = 18295,45daN$$

$$n_c N^c = 1.50.10^2 \text{ daN} < N_n$$

Kết luận: Vậy mặt cắt trên không bị nứt.

6) Cấu kiện chịu kéo có tiết diện chữ nhật với kích thước: h = 60 cm, b = 30cm, thuộc công trình cấp III, tổ hợp lực cơ bản dùng bê tông mác 150, cốt thép nhóm CI. Vùng nén đã đặt 3ϕ12 (3,39 cm^2), vùng kéo đặt 3ϕ25 (14,73 cm^2), tầng bảo vệ a = a' = 4 cm. Mô men do tải trọng tiêu chuẩn tác dụng tại mặt cắt M^c = 50kNm và lực dọc N^c = 150kN.

Tại mặt cắt trên dầm có bị nứt không ?

Giải:

Từ điều kiện đầu bài tra phụ lục được:

Trung tâm đào tạo xây dựng VIETCONS
http://www.vietcons.org

$E_a = 2,1.10^6$ daN/cm^2; $E_b = 2,1.10^5$ daN/cm^2; $n_c = 1$; $R_k^c = 9,5$ daN/cm^2;

$\gamma = 1,75$; $m_h = 1$; $\gamma_1 = \gamma.m_h = 1,75.1 = 1,75$; $n = E_a/E_b = 10$.

Điều kiện để cấu kiện trên không bị nứt:

$$n_c N^c \le N_n = \frac{\gamma_1 R_k^c}{\left(\frac{e_o}{W_{qđ}} + \frac{\gamma_1}{F_{qđ}}\right)}$$

$$F_{qđ} = bh + n(F_a + F_a') = 30.60 + 10.(14,73 + 3,39) = 1981,2cm^2$$

$$x_n = \frac{0,5.bh^2 + nF_a'a' + nF_a h_o}{F_{qđ}}$$

$$= \frac{0,5.30.60^2 + 10.3,39.4 + 10.14,73.56}{1981,2} = \frac{62384,4}{1981,2} \approx 31,49cm$$

$$J_{qđ} = \frac{bx_n^3}{3} + \frac{b(h - x_n)^3}{3} + nF_a'(x_n - a')^2 + nF_a(h_o - x_n)^2$$

$$= \frac{30.31,49^3}{3} + \frac{30(60 - 31,49)^3}{3} + 10.3,39.(31,49 - 4)^2 + 10.14,73.(56 - 31,49)^2$$

$$= 658103,42cm^4$$

$$W_{qđ} = \frac{J_{qđ}}{h - x_n} = \frac{658103,4}{60 - 31,49} = 23081,8cm^3$$

$$N_n = \frac{\gamma_1 R_k^c}{\left(\frac{e_o}{W_{qđ}} + \frac{\gamma_1}{F_{qđ}}\right)} = \frac{1,75.9,5}{\left(\frac{33}{23081,8} + \frac{1,75}{1981,2}\right)} = 7258daN$$

$n_c N^c = 1.150.10^2$ daN $> N_n$

Kết luận: Vậy mặt cắt trên bị nứt.

7) Kiểm tra độ võng và bề rộng khe nứt của dầm đơn giản 2 đầu gối tựa chịu tải trọng phân bố đều với các số liệu sau: l = 8m, b×h = 30×70cm, bê tông M 300, cốt thép nhóm CII, cốt thép chịu kéo đã đặt 6ϕ28 (36,95cm^2), cốt thép chịu nén 2ϕ12 (2,26cm^2). p_{dh}^c = 26kN/m, p_{ngh}^c = 38kN/m, f_{gh} = l/300, a_{ngh} = 0,3mm, a = 7cm, a' = 3cm.

Giải:

Tra phụ lục được các giá trị sau:

$R_k^c = 15$ daN/cm^2; $R_n^c = 170$ daN/cm^2; $E_b = 2,9.10^5$ daN/cm^2;

$E_a = 2,1.10^6$daN/cm^2; $n = E_a/E_b = 7,24$.

Trung tâm đào tạo xây dựng VIETCONS
http://www.vietcons.org

Tính độ võng

a) Tính f_1 (do toàn bộ P tác dụng ngắn hạn) với $\nu = 0.5$

$$f_1 = \frac{5}{48}\frac{M^c l^2}{B_1}$$

$$M^c = \frac{q^c l^2}{8} = \frac{(38+26)8^2}{8} = 512\text{kNm}$$

Kiểm tra nứt cho mặt cắt:

$$F_{qđ} = bh + n(F_a + F_a') = 30.70 + 7{,}24.(36{,}95 + 2{,}26) = 2383{,}88\text{cm}^2$$

$$x_n = \frac{0{,}5.bh^2 + nF_a'a' + nF_a h_0}{F_{qđ}}$$

$$= \frac{0{,}5.30.70^2 + 7{,}24.2{,}26.3 + 7{,}24.36{,}95.63}{2383{,}88} = \frac{90402{,}7}{2383{,}88} \approx 37{,}92\text{cm}$$

$$J_{qđ} = \frac{bx_n^3}{3} + \frac{b(h-x_n)^3}{3} + nF_a'(x_n - a')^2 + nF_a(h_o - x_n)^2$$

$$= \frac{30.37{,}92^3}{3} + \frac{30(70-37{,}92)^3}{3} + 7{,}24.2{,}26.(37{,}92-3)^2 + 7{,}24.36{,}95.(63-37{,}92)^2$$

$$= 1063628{,}4\text{cm}^4$$

$$W_{qđ} = \frac{J_{qđ}}{h - x_n} = \frac{1063628{,}4}{70 - 37{,}92} = 33155{,}49\text{cm}^3$$

$$M_n = \gamma_1 R_k^c W_{qđ} = 1{,}75.15.33155{,}49 = 870331{,}8\text{daNcm} \approx 87\text{kNm}$$

$n_c M^c > M_n$. Vậy dầm bị nứt. Tính độ cứng của dầm theo công thức:

$$B_{ngh} = \frac{E_a F_a Z_1 (h_o - \bar{x})}{\psi_a}$$

Xác định các trị số trong công thức trên:

Chiều cao vùng nén $\bar{x}$:

Ta có: $\varphi = \frac{x}{\bar{x}} = 1 - \frac{0{,}7}{100\mu + 1} \rightarrow \bar{x} = \frac{x}{\varphi}$

$$L = \frac{M^c}{R_n^c b h_0^2} = \frac{51{,}2.10^5}{170.30.63^2} = 0{,}253$$

Trung tâm đào tạo xây dựng VIETCONS
http://www.vietcons.org

$$\mu = \frac{F_a}{bh_0} = \frac{36,95}{30.63} = 0,0195$$

$$n = \frac{E_a}{E_b} = \frac{2,1.10^6}{2,9.10^5} = 7,24$$

Tiết diện chữ nhật cốt kép $\delta' = 2a/h_0 = 2.3/63 = 0,1$

$$T = \gamma'(1 - \frac{\delta'}{2}) = 0,0173(1 - 0,1/2) = 0,0164 \quad \gamma' = \frac{nF_a'}{\nu bh_0} = \frac{7,24.2,26}{0,5.30.63}. = 0,0173$$

$$\xi = \frac{1}{1,8 + \frac{1 + 5(L + T)}{10\mu n}} = \frac{1}{1,8 + \frac{1 + 5(0,253 + 0,0164)}{10.0,0195.7,24}} = 0\ 289$$

$\xi > a'/h_0 = 3/63 = 0,048 \rightarrow$ cốt kép

$x = \xi h_0 = 0,289.63 = 18,2cm$

$$\bar{x} = \frac{x}{\varphi} = \frac{18,2}{1 - \frac{0,7}{100.0,0195 + 1}} = 23,86cm$$

- Tính Z_1:

$$Z_1 = \left[1 - \frac{\delta'\gamma + \xi^2}{2(\gamma' + \xi)}\right] h_0 = \left[1 - \frac{0,1.0,0173 + 0,289^2}{2.(0,0173 + 0,289)}\right] 63 = 54,23$$

- Tính ψ_a:

$$\sigma_a = \frac{M^c}{F_a Z_1} = \frac{51,2.10^5}{36,95.53,23} = 2555,15kg/cm^2$$

Tra phụ lục với $n\mu = 7,24.0,0195 = 0,141$ và σ_a

$\psi_a > 0,95$ lấy $\psi_a = 1$

Thay vào B, ta có:

$$B_1 = \frac{2,1.10^6.36,95.54,23(63 - 23,86)}{1} = 1,647.10^{11} kgcm^2$$

$$f_1 = \frac{5.51,2.10^5.800^2}{48.1,647.10^{11}} = 2,07cm$$

b) Tính f_2 (do tác dụng ngắn hạn của P_{dh}) và $\nu = 0,5$

$$M^c = \frac{q^c l^2}{8} = \frac{2,6.8^2}{8} = 20,8Tm$$

Trung tâm đào tạo xây dựng VIETCONS
http://www.vietcons.org

$$B_{ngh} = \frac{E_a F_a Z_1 (h_o - \bar{x})}{\psi_a}$$

Xác định các trị số trong công thức:

- Chiều cao vùng nén $\bar{x}$:

$$L = \frac{M^c}{R_n^c b h_o^2} = \frac{20,8.10^5}{170.30.63^2} = 0,103$$

Tính toán γ' tương tự phần a:

$$\xi = \frac{1}{1,8 + \frac{1+5(L+T)}{10\mu n}} = \frac{1}{1,8 + \frac{1+5(0,103+0,0164)}{10.0,0195.7,24}} = 0,341$$

$$x = \xi h_0 = 0,341.63 = 21,48cm$$

$$\bar{x} = \frac{x}{\varphi} = \frac{21,48}{1 - \frac{0,7}{100.0,0195+1}} = 28,16cm$$

- Tính Z_1:

$$Z_1 = \left[1 - \frac{\delta'\gamma + \xi^2}{2(\gamma' + \xi)}\right] h_o = \left[1 - \frac{0,1.0,0173 + 0,341^2}{2.(0,0173 + 0,341)}\right] 63 = 52,63cm$$

- Tính ψ_a:

$$\sigma_a = \frac{M^c}{F_a Z_1} = \frac{20,8.10^5}{36,95.52,63} = 1069,58 \ daN/cm^2$$

Tra phụ lục với $n\mu = 7,24.0,0195 = 0,141$ và σ_a ; $\psi_a = 0,71$

Thay vào B, ta có:

$$B_2 = \frac{2,1.10^6.36,95.52,63(63 - 28,16)}{0,71} = 2,004.10^{11} daNcm^2$$

$$f_2 = \frac{5.20,8.10^5.800^2}{48.2,004.10^{11}} = 0,69cm$$

c) Tính f_3 (do tác dụng dài hạn của P_{dh}) và $\nu = 0,15$

$$M^c = 208kNm$$

$$B_{dh} = B_{ngh} \frac{q^c + p^c}{\delta q^c + p^c}$$

Trung tâm đào tạo xây dựng VIETCONS
http://www.vietcons.org

$$B_{ngh} = \frac{E_a F_a Z_1 (h_o - \bar{x})}{\psi_a}$$

Xác định các trị số trong công thức:

- Chiều cao vùng nén $\bar{x}$:

$$\gamma' = \frac{nF_a'}{vbh_o} = \frac{7,24.2,26}{0,15.30\,63} = 0,058$$

$$T = \gamma'(1 - \frac{\delta'}{2}) = 0,058(1 - 0,1/2) = 0,055$$

$$\xi = \frac{1}{1,8 + \frac{1 + 5(L + T)}{10\mu n}} = \frac{1}{1,8 + \frac{1 + 5(0,103 + 0,055)}{10.0,0195.7,24}} = 0,327$$

$$x = \xi h_o = 0,327.63 = 20,6cm$$

$$\bar{x} = \frac{x}{\varphi} = \frac{20,6}{1 - \frac{0,7}{100.0,0195 + 1}} = 27,03cm$$

- Tính Z_1:

$$Z_1 = \left[1 - \frac{\delta'\gamma + \xi^2}{2(\gamma' + \xi)}\right] h_o = \left[1 - \frac{0,1.0,058 + 0,327^2}{2.(0,058 + 0,327)}\right] 63 = 53,8cm$$

- Tính ψ_a:

$$\sigma_a = \frac{M^c}{F_a Z_1} = \frac{20,8.10^5}{36,95.53,8} = 1046,3kg/cm^2$$

Tra phụ lục với $n.\mu = 7,24.0,0195 = 0,141$ và σ_a

$$\psi_a = 0,71$$

$$\psi_{adh} = \frac{2\psi_a + 1}{3} = \frac{2.0,71 + 1}{3} = 0,807$$

Thay vào B, ta có:

$$B_{ngh} = \frac{2,1.10^6.36,95.53,8(63 - 27,03)}{0,807} = 1,86.10^{11}\ daNcm^2$$

$$B_{dh} = B_3 = 1,86.10^{11}\frac{2,6 + 3,8}{2.2,6 + 3,8} = 1,3232 daNcm^2$$

Trung tâm đào tạo xây dựng VIETCONS
http://www.vietcons.org

$$f_3 = \frac{5.20,8.10^5.800^2}{48.1,323.10^{11}} = 1,04cm$$

Tính f tổng cộng:

$$f = f_1 - f_2 + f_3 = 2,07 - 0,69 + 1,04 = 2,42cm$$

$$f/l = 2,42/800 = 1/330 < 1/300$$

Kết luận : Vậy thoả mãn yêu cầu về độ võng.

Tính bề rộng khe nứt a_n

Theo công thức của tiêu chuẩn TCVN 4116-85:

$$a_n = kc\eta \frac{\sigma_a - \sigma_o}{E_a} 7(4 - 100\mu)\sqrt{d}$$

Cấu kiện chịu uốn: k = 1

Thép thanh có gờ: $\eta = 1$

Cấu kiện khô : $\sigma_0 = 0$

Xác định a_{nngh} với c = 1; $M^c_{ngh} = 512 - 208 = 304$ kNm.

$$L = \frac{M^c}{R^c_n b h_0^2} = \frac{30,4.10^5}{170.30.63^2} = 0,15 \; ; \; T = \gamma'(1 - \frac{\delta'}{2}) = 0,0173(1 - 0,1/2) = 0,0164$$

$$\xi = \frac{1}{1,8 + \frac{1 + 5(L + T)}{10\mu n}} = \frac{1}{1,8 + \frac{1 + 5(0,15 + 0,0164)}{10.0,0195.7,24}} = 0,323$$

$$Z_1 = \left[1 - \frac{\delta'\gamma + \xi^2}{2(\gamma' + \xi)}\right] h_o = \left[1 - \frac{0,1.0,0173 + 0,323^2}{2.(0,0173 + 0,323)}\right] 63 = 53,183cm$$

$$\sigma_a = \frac{M^c}{F_a Z_1} = \frac{304.10^4}{36,95.53,183} = 1546,98 \, daN/cm^2$$

$$a_{nngh} = 1.1.1.\frac{1546,98}{2,1.10^6} 7.(4 - 1,95)\sqrt{28} = 0,056mm$$

Xác định a_{ndh} với c = 1,3; $\sigma_a = 1046,3 daN/cm^2$

$$a_{nngh} = 1.1,3.1.\frac{1046,3}{2,1.10^6} 7.(4 - 1,95)\sqrt{28} = 0,049mm$$

$$a_n = a_{nngh} + a_{ndh} = 0,056 + 0,049 = 0,105mm < a_{ngh}$$

Trung tâm đào tạo xây dựng VIETCONS
http://www.vietcons.org

PHẦN 3

BÀI TẬP ÁP DỤNG

Chương 3: CẤU KIỆN CHỊU UỐN

Bài 1. Cho dầm thuộc công trình cấp III, tiết diện chữ nhật có chiều rộng b = 20cm, chiều cao h = 50cm, dùng bê tông mác M200, cốt thép nhóm AI. Mô men uốn do tải trọng tiêu chuẩn gây ra là M^c = 122kNm. Chiều dày tầng bảo vệ thiết kế là a = 7cm; a' = 3cm. Tính toán và bố trí cốt thép dọc?

Đáp số: Cốt đơn, F_a = 19,75 cm^2.

Bài 2. Cho dầm thuộc công trình cấp III dùng vật liệu bê tông mác M200, cốt thép nhóm CII. Mô men uốn do tải trọng tính toán gây ra là M_{tt} = 200kNm. Chiều dày tầng bảo vệ thiết kế là a = a' = 3cm. Hãy chọn tiết diện hợp lý và tính toán cốt thép dọc cho tiết diện chọn?

Đáp số: b×h = 30×55 cm ; F_a = 18,53 cm^2.

Bài 3. Cho dầm thuộc công trình cấp III, tiết diện chữ nhật có kích thước b×h = 25×50 cm dùng bê tông mác M150, cốt thép nhóm CI. Miền kéo đặt 2ϕ16. Kiểm tra khả năng chịu lực của dầm khi chịu tác dụng M_{tt} = 30kNm thuộc tổ hợp lực cơ bản? Với chiều dày tầng bảo vệ a = 3cm.

Đáp số: M_{gh} = 44kNm > $k_n.n_c$M = 34,5kNm ⇒ Dầm đủ khả năng chịu lực.

Bài 4. Cho dầm thuộc công trình cấp III chịu tác dụng của tổ hợp tải trọng cơ bản, tiết diện chữ nhật b = 30cm; h = 60cm, bê tông mác M200, cốt thép nhóm AI. Chiều dày tầng bảo vệ a = 7cm, a' = 3cm. Nội lực tính toán M = 323,4 kNm. Tính toán và bố trí thép dọc?

Đáp số: F'_a = 3,35cm^2; F_a = 43,58cm^2.

Bài 5. Cho dầm thuộc công trình cấp III tổ hợp cơ bản, tiết diện chữ nhật b = 25cm; h = 45cm làm bằng bê tông mác M200, cốt thép nhóm CI. Tại miền nén của tiết diện đã đặt 2ϕ12(F'_a = 2,26cm^2). Chiều dày tầng bảo vệ a = a' = 3cm. Hãy tính toán và bố trí cốt thép F_a tại mặt cắt có nội lực tính toán M = 150kNm?

Đáp số: F_a = 23,53cm^2.

Bài 6. Dầm bê tông mác M150 thuộc công trình cấp III tiết diện chữ nhật có kích thước b = 25cm, h = 50cm chịu tác dụng của tổ lực cơ bản, cốt thép nhóm CI. Miền kéo của dầm đặt 8ϕ16(8,04cm^2), miền nén đặt 2ϕ12(2,20cm^2). Chiều dày tầng bảo vệ a = a' = 4cm. Hãy kiểm tra khả năng chịu lực của dầm tại mặt cắt có nội lực tính toán M_{tt} = 150kNm ?

Đáp số: Dầm không đủ khả năng chịu lực.

Trung tâm đào tạo xây dựng VIETCONS
http://www.vietcons.org

Bài 7. Cho dầm thuộc công trình cấp III, tiết diện chữ T có kích thước: b'_c = 150cm, h'_c = 10cm, h = 60cm, b = 30cm. Dầm làm bằng vật liệu bê tông mác M200 cốt thép nhóm AI, a = 5cm. Tính toán và bố trí cốt thép dọc tại mặt cắt có nội lực M_{tt} = 200kNm?

Đáp số: $F_a = 18,56cm^2$.

Bài 8. Cho dầm thuộc công trình cấp III chịu tác dụng của tổ hợp tải trọng đặc biệt. Tiết diện dầm T cánh đặt trong miền nén b = 20cm, h = 50cm, b'_c = 30cm, h'_c = 10cm, dùng vật liệu bê tông mác M200 cốt thép nhóm CII, a = a' = 4cm. Mô men uốn tính toán do tổ hợp lực cơ bản gây ra tại mặt cắt tính toán là M = 180kNm. Hãy tính toán và bố trí thép dọc.

Đáp số: $F_a = 21,37cm^2$; $F'_a = 0,82cm^2$.

Bài 9. Dầm bê tông mác M150, tiết diện chữ T cánh nằm trong miền nén có các kích thước: b'_c = 50cm, h'_c = 15cm, b = 30cm, h = 60cm thuộc công trình cấp III, chịu tác dụng của tổ hợp lực cơ bản, cốt thép nhóm AII. Ở miền kéo của tiết diện đặt 4ϕ20, miền nén đặt 2ϕ12; a = a' = 4cm. Hãy kiểm tra khả năng chịu lực của dầm tại mặt cắt có M_{tt} = 100kNm .

Đáp số: Dầm đảm bảo điều kiện chịu lực tại mặt cắt kiểm tra.

Bài 10. Cho dầm đơn thuộc công trình cấp III chịu tác dụng của tổ hợp lực cơ bản, tiết diện chữ nhật b = 30cm, h = 70cm dùng bê tông mác M150, cốt thép nhóm AI. Dầm chịu tác dụng của tải trọng phân bố đều q^{tt} = 37,5T/m. Tính cốt đai, cốt xiên theo phương pháp trạng thái giới hạn.

Đáp số: u_{max} = 58,5cm, n = 2, $f_đ = 0,5cm^2$

u_{min} = 23,3cm, u = 20cm, $f_đ = 0,5cm^2$

$Q_{đb} > k_n n_c Q$ nên không cần tính cốt xiên.

Bài 11. Tính khả năng chịu lực cắt $Q_{đb}$ theo trạng thái giới hạn của dầm thuộc công trình cấp III, chịu tải trọng phân bố đều l = 4m, tiết diện chữ nhật b = 25cm, h = 55cm. Dùng vật liệu bê tông mác M250 đã đặt cốt dọc thuộc nhóm AI, a = 4cm. Cốt đai ϕ8, bước đai u = 20cm, m_{ad} = 1,1; m_{b4} = 0,9. Số nhánh đai n = 2. Với tải trọng q_{max} bằng bao nhiêu thì dầm không bị phá hoại bởi lực cắt?

Đáp số: $Q_{đb}$ = 19487,94daN; q_{max} = 8120,9daN/m.

Trung tâm đào tạo xây dựng VIETCONS
http://www.vietcons.org

Chương 4: CẤU KIỆN CHỊU NÉN, CHỊU KÉO

1. Cấu kiện chịu nén đúng tâm

Bài 1. Cấu kiện chịu nén đúng tâm tiết diện chữ nhật $b_1 = 20cm$, $b_2 = 25cm$ thuộc công trình cấp III chiều dài tính toán $l_0 = 4m$., dùng vật liệu bê tông mác M200 cốt thép nhóm AI, nội lực do tải trọng tính toán của tổ hợp lực cơ bản gây ra $N_{dh} = 150kN$; $N_{ngh} = 220kN$. Tính toán và bố trí cốt thép chịu lực?

Đáp số: $F_a = 3,22cm^2$.

Bài 2. Cấu kiện chịu nén đúng tâm tiết diện vuông thuộc công trình cấp III, chiều dài tính toán $l_0 = 4m$, dùng vật liệu bê tông mác M200, cốt thép nhóm AII, nội lực do tải trọng tính toán gây ra $N_{dh} = 150kN$, $N_{ngh} = 200kN$. Hãy chọn kích thước tiết diện và tính cốt thép?

Đáp số: b = 18,3cm, chọn b = 20cm; $F_a = 1,78cm^2$.

Bài 3. Cấu kiện chịu nén đúng tâm tiết diện chữ nhật có b = 25cm; h = 30cm, thuộc công trình cấp III, chiều dài tính toán $l_0 = 3m$, dùng vật liệu bê tông mác M250, cốt thép nhóm AI đặt 4ϕ18. Nội lực do tải trọng tính toán thuộc tổ hợp lực cơ bản gây ra: $N_{dh} = 100kN$, $N_{ngh} = 150kN$. Kiểm tra khả năng chịu lực của cấu kiện?

Đáp số: Cấu kiện đảm bảo điều kiện chịu lực.

2. Cấu kiện chịu nén lệch tâm

Bài 4. Cấu kiện chịu nén lệch tâm có tiết diện chữ nhật b = 30cm, h = 45cm, thuộc công trình cấp III, tổ hợp tải trọng cơ bản. Dùng vật liệu bê tông mác M200, cốt thép nhóm AII, chiều dày tầng bảo vệ 3,5cm, chiều dài tính toán $l_0 = 4m$. Dưới tác dụng của tải trọng tính toán gây ra: $M_{ngh} = 59kNm$; $N_{ngh} = 250kN$; $M_{dh} = 100kNm$; $N_{dh} = 400kN$. Hãy tính cốt thép chịu lực (Fa, Fa')?

Đáp số: $F'_a = 11,18cm^2$; $F_a = 8,64cm^2$.

Bài 5. Cấu kiện chịu nén lệch tâm có tiết diện chữ nhật b = 50cm, h = 70cm, thuộc công trình cấp II, chịu tác dụng của tổ hợp tải trọng đặc biệt. Vật liệu dùng là bê tông mác M200, cốt thép nhóm AII. Chiều dày tầng bảo vệ là 4cm. Nội lực do tải trọng tính toán gây ra là $M_{dh} = 300kNm$; $N_{dh} = 1000kN$; $M_{ngh} = 227kNm$; $N_{ngh} = 550kN$. Chiều dài tính toán của cấu kiện $l_0 = 6m$. Hãy tính toán và bố trí cốt thép đối xứng ($F_a = F'_a$)?

Đáp số: $F_a = F'_a = 16,8cm^2$.

Bài 6. Cấu kiện chịu nén lệch tâm có tiết diện chữ nhật b = 35cm, h = 80cm. Chiều dày tầng bảo vệ a = 7cm, a' = 4cm thuộc công trình cấp II, tổ hợp lực cơ bản. Dùng vật liệu bê tông mác M200, cốt thép nhóm AI, chiều dài tính toán $l_0 = 3m$. Nội lực tính toán M = 600kNm; N = 1200kN. Hãy kiểm tra khả năng chịu lực của cấu kiện khi làm việc?

Đáp số: Cấu kiện không đảm bảo điều kiện chịu lực.

Trung tâm đào tạo xây dựng VIETCONS
http://www.vietcons.org

Bài 7. Cấu kiện chịu nén lệch tâm có tiết diện chữ nhật b = 20cm, h = 45cm, thuộc công trình cấp II, chiều dài tính toán l_0 = 3m. Dùng vật liệu bê tông mác M200, cốt thép nhóm AII. Nội lực tính toán do tổ hợp tải trọng đặc biệt gây ra M = 112kNm; N = 1100kN. Cốt thép ở miền nén đã đặt 4ϕ20, miền kéo đặt 2ϕ18. Chiều dày tầng bảo vệ a = a' = 4cm. Hãy kiểm tra khả năng chịu lực của cấu kiện khi làm việc?

Đáp số: Cấu kiện không đủ khả năng chịu lực.

3. Cấu kiện chịu kéo đúng tâm

Bài 9. Cấu kiện chịu kéo đúng tâm có tiết diện chữ nhật b = 20cm, h = 25cm, thuộc công trình cấp III. Dùng vật liệu bê tông mác M200, cốt thép nhóm AII. Nội lực do tải trọng tính toán thuộc tổ hợp cơ bản gây ra N = 200kN. Tính toán và bố trí cốt thép chịu lực?

Đáp số: $F_a = 7,73cm^2$.

Bài 10. Cấu kiện chịu kéo đúng tâm có tiết diện chữ nhật b = 25cm, h = 40cm, thuộc công trình cấp III. Dùng vật liệu bê tông mác M200, cốt thép nhóm AII. Nội lực do tải trọng tính toán thuộc tổ hợp cơ bản gây ra N = 180kN. Cốt thép chịu lực đã đặt 4ϕ16 tại 4 góc của tiết diện. Hãy kiểm tra khả năng chịu lực của cấu kiện?

Đáp số: Cấu kiện đủ khả năng chịu lực.

4. Cấu kiện chịu kéo lệch tâm

Bài 11. Cấu kiện chịu kéo lệch tâm có tiết diện chữ nhật b = 40cm, h = 60cm, thuộc công trình cấp II, chịu tác dụng của tổ hợp lực đặc biệt. Dùng vật liệu bê tông mác M150, cốt thép nhóm AI. Nội lực do tải trọng tính toán gây ra M = 300kNm; N = 750kN. Chiều dày tầng bảo vệ thiết kế a = a' = 4cm. Hãy tính toán và bố trí cốt thép chịu lực?

Đáp số: $F_a = 44,5cm^2$; $F'_a = F'_{a\,min} = 2,24cm^2$.

Bài 12. Cấu kiện chịu kéo lệch tâm có tiết diện chữ nhật b = 40cm, h = 60cm, thuộc công trình cấp III, chịu tác dụng của tổ hợp lực cơ bản. Dùng vật liệu bê tông mác M200, cốt thép nhóm AII. Nội lực tính toán do tải trọng gây ra M = 60kNm; N = 750kN. Chiều dày tầng bảo vệ thiết kế a = a' = 4cm. Hãy tính toán và bố trí cốt thép chịu lực?

Đáp số: $F_a = 19,64\ cm^2$; $F'_a = 10,18\ cm^2$.

Bài 13. Cấu kiện chịu kéo lệch tâm có tiết diện chữ nhật b = 25cm, h = 60cm thuộc công trình cấp III, chịu tác dụng của tổ hợp lực đặc biệt. Dùng vật liệu bê tông mác M200, cốt thép nhóm AII. Cốt thép chịu lực đã đặt F'_a = 2ϕ16 (4,02cm^2) F_a = 6ϕ25 (29,45cm^2). Kiểm tra khả năng chịu lực của cấu kiện với nội lực tính toán M = 250kNm; N = 250kN?

Đáp số: Cấu kiện đủ khả năng chịu lực.

Bài 14. Cấu kiện chịu kéo lệch tâm có tiết diện chữ nhật b = 35cm, h = 60cm thuộc công trình cấp III, chịu tác dụng của tổ hợp lực đặc biệt. Dùng vật liệu bê tông mác M250, cốt thép nhóm CII. Cốt thép chịu lực đã đặt F'_a = 2ϕ16 (4,02cm^2) F_a = 4ϕ22 (15,2cm^2). Kiểm tra khả năng chịu lực của cấu kiện với nội lực tính toán M = 16kNm; N = 80kN?

Đáp số: Cấu kiện đủ khả năng chịu lực.

Trung tâm đào tạo xây dựng VIETCONS
http://www.vietcons.org

Chương 5: TÍNH TOÁN THEO TRẠNG THÁI GIỚI HẠN THỨ HAI

Bài 1. Dầm chịu uốn, tiết diện ngang chữ nhật b = 25cm; h = 60cm. Tại vùng chịu kéo đặt 3ϕ14 (4,62cm^2); vùng chịu nén đã đặt 3ϕ10 (2,36cm^2). Tầng bảo vệ dày a = a' = 3cm. Vật liệu bê tông mác M200, cốt thép nhóm CI. Dầm thuộc công trình cấp III, chịu tác dụng của tổ hợp lực cơ bản.

1. Xác định mô men chống nứt của dầm?

2. Tại tiết diện có mô men do tải trọng tiêu chuẩn gây ra M^c = 23,5kNm dầm có bị nứt không?

Đáp số: 1) M_n = 287504,5 daNcm

2) $n_c.M^c$ = 235000 daNm. Vậy, không bị nứt.

Bài 2. Dầm chịu uốn, tiết diện ngang chữ nhật có b = 25cm; h = 50cm, thuộc công trình cấp III, tổ hợp lực đặc biệt. Vật liệu dùng bê tông M200, cốt thép nhóm CII. Tại vùng nén đã đặt 3ϕ10 (2,36cm^2), vùng kéo đã đặt 3ϕ20(9,42cm^2) a = a' = 4cm. Mô men do tải trọng tiêu chuẩn tác dụng tại mặt cắt tính toán M^c = 40kNm. Hãy kiểm tra tại mặt cắt trên dầm có bị nứt không?

Đáp số: M_n = 255000 daNcm.

$n_c M^c$ = 360000 daNcm. Vậy dầm bị nứt.

Bài 3. Cấu kiện chịu nén lệch tâm tiết diện chữ I có các kích thước như sau: b = 40cm ; h = 60cm; $b_c = b'_c$ = 80cm; $h_c = h'_c$ = 20cm; vật liệu dùng bê tông mác M200, cốt thép nhóm AII. Miền kéo đặt 2ϕ22+3ϕ16; miền nén đặt 5ϕ22. Tầng bảo vệ a = a' = 4cm. Hãy xác định khả năng chống nứt của cấu kiện.

Đáp số: N_n = 45160,04 daN.

Bài 4. Cấu kiện chịu nén lệch tâm tiết diện chữ T có các kích thước như sau: b = 40cm; h = 60cm; b'_c = 80cm; h'_c = 20cm; Vật liệu dùng bêtông mác M200, cốt thép nhóm AII. Miền kéo đặt 2ϕ22+3ϕ16; miền nén đặt 5ϕ22. Tầng bảo vệ a = a' = 4cm. Hãy xác định khả năng chống nứt của cấu kiện.

Đáp số: N_n = 33236,96 daN.

Bài 5. Tính toán kiểm tra độ võng và bề rộng khe nứt của dầm đơn 2 đầu khớp, chịu tải trọng phân bố đều với các số liệu sau: l = 6m, b×h = 30×60cm, a = 7cm, a' = 3cm, dùng vật liệu bê tông M300 cốt thép nhóm CII. Tại vùng chịu kéo của dầm đã đặt 6ϕ28, tại vùng chịu nén đã đặt 3ϕ12. Cho biết: tải trọng phân bố tác dụng dài hạn q^c = 26 kN/m; tải trọng phân bố tác dụng ngắn hạn p^c = 38 kN/m; f_{gh} = l/300; a_{ngh} = 0,3mm;

Đáp số: Độ võng tổng cộng f = 1,98 cm.

Bề rộng khe nứt a_n = 0,102cm.

Kết luận: Dầm đảm bảo điều kiện biến dạng.

Trung tâm đào tạo xây dựng VIETCONS
http://www.vietcons.org

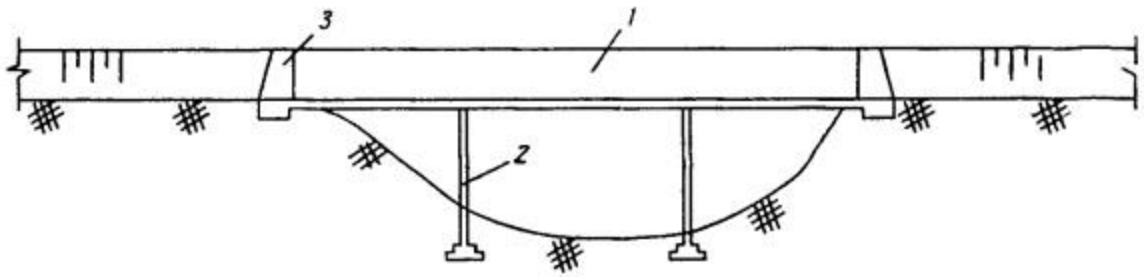
PHẦN 4

ĐỒ ÁN MÔN HỌC
KẾT CẤU BÊ TÔNG CỐT THÉP

A. TÀI LIỆU THIẾT KẾ

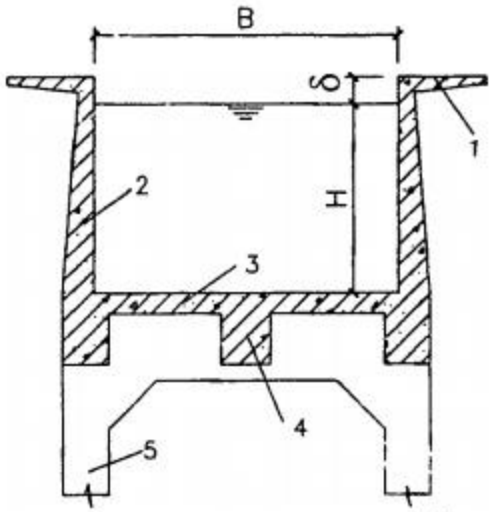
Kênh dẫn nước N đi qua một vùng trũng. Sau khi so sánh các phương án đã chọn ra phương án xây dựng một cầu máng bằng bê tông cốt thép. Dựa vào địa hình, qua tính toán thuỷ lực và thuỷ nông người ta đã xác định được kích thước và mức nước yêu cầu trong cầu máng như sau:

- Chiều dài máng: $L = 30$ m.
- Bề rộng máng: $B = 3,2$ m.
- Cột nước lớn nhất trong máng: $H_{max} = 2,2$ m.



Sơ đồ cầu máng
1. Thân máng; 2. Trụ đỡ; 3. Nối tiếp

Cắt ngang máng
1. Lề đi
2. Vách máng
3. Đáy máng
4. Dầm đỡ dọc máng
5. Khung đỡ



Vùng xây dựng công trình có cường độ gió $q_g = 1,2$ kN/m^2, hệ số $k_{gió\ đẩy} = 0,8$, hệ số $k_{gió\ hút} = 0,6$. Cầu máng thuộc công trình cấp III. Dùng bê tông mác M200, cốt thép nhóm CII. Dung trọng bê tông $\gamma_b = 25$ kN/m^3.

Trung tâm đào tạo xây dựng VIETCONS
http://www.vietcons.org

Tra các phụ lục trong giáo trình Kết cấu Bê tông cốt thép được các số liệu sau:

k_n = 1,15; R_n = 90 daN/cm^2; R_k = 7,5; daN/cm^2; R_k^c = 11,5 daN/cm^2; R_n^c = 11,5 daN/cm^2; $R_a = R'_a$ = 2700 daN/cm^2; m_{b4} = 0,9; α_0 = 0,6; A_0 = 0,42; $E_a = 2{,}1.10^6$ daN/cm^2; $E_b = 2{,}4.10^5$ daN/cm^2; $n = \frac{E_a}{E_b} = 8{,}75$; μ_{min} = 0,1%; $a_{n.gh}$ = 0,24 mm; $\left[\frac{f}{l}\right] = \frac{1}{500}$.

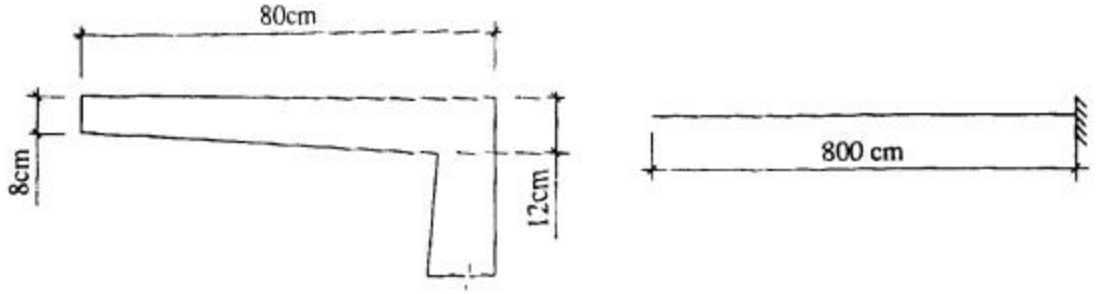
B. TÍNH TOÁN KẾT CẤU CÁC BỘ PHẬN CẦU MÁNG

Tính nội lực trong các bộ phận cầu máng với các tổ hợp tải trọng: cơ bản, đặc biệt, trong thời gian thi công. Trong phạm vi đồ án này chỉ tính toán cho một trường hợp tổ hợp tải trọng cơ bản.

1. Lề người đi

1.1. Sơ đồ tính toán

Cắt 1 m dài theo chiều dọc máng xem như một dầm công xôn ngàm tại đầu vách máng. Chọn bề rộng lề L_l = 0,8 m. Chiều dày lề thay đổi dần h_l = 8÷12 cm. Trong tính toán lấy chiều dày trung bình h = 10 cm.



***Hình 1-1.** Sơ đồ tính toán lề người đi*

1.2. Tải trọng tác dụng

a) Trọng lượng bản thân (q_{bt}):

$$q_{bt}^c = \gamma_b \cdot h \cdot 1m = 25 \cdot 0{,}1 \cdot 1 = 2{,}5 \text{ kN/m}.$$

b. Tải trọng người (q_{ng}): Tải trọng do người có thể lấy sơ bộ bằng 2 kN/m^2

$$q_{ng}^c = 2.1m = 2 \text{ kN/m}$$

Tải trọng tính toán tổng cộng tác dụng lên lề người đi:

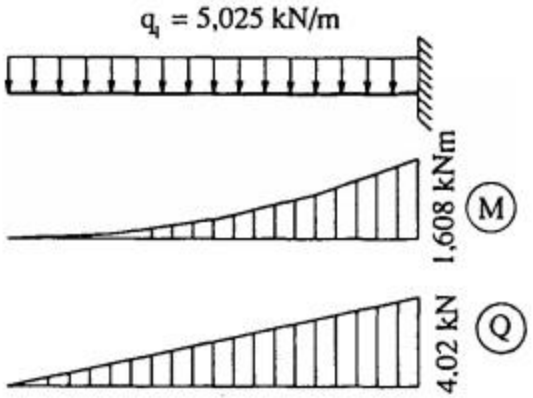
$$q_{tc} = n_{bt}\, q_{bt} + n_{ng} q_{ng}$$

Trong đó: n_{bt} = 1,05; n_{ng} = 1,1 là các hệ số vượt tải.

$$q_{tc} = 1{,}05.2{,}5 + 1{,}2.2 = 5{,}025 \text{ kN/m}$$

Trung tâm đào tạo xây dựng VIETCONS
http://www.vietcons.org

1.3. Xác định nội lực



Hình 1-2. *Biểu đồ nội lực lề người đi.*

1.4. Tính toán, bố trí cốt thép

- Tính toán thép cho mặt có mô men lớn nhất (mặt cắt ngàm): M = 1,608 kNm.

Tiết diện chữ nhật b = 100 cm, h = 10 cm. Chọn a = 2 cm, h_0 = 8 cm.

$$A = \frac{k_n n_c M}{m_b R_n b h_0^2} = \frac{1,15.1.16080}{1.90.100.8^2} = 0,032 \rightarrow \alpha = 0,033.$$

$$F_a = \frac{m_b R_n b h_0 \alpha}{m_a R_a} = \frac{1.90.100.8.0,033}{1,1.2700} = 0,79\ cm^2$$

Bố trí 5ϕ8/1m (2,51 cm^2). Bố trí thép cấu tạo vuông góc 4ϕ6/1m.

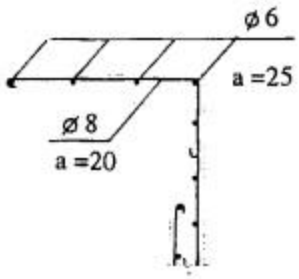
- Kiểm tra điều kiện cường độ theo lực cắt Q (tính với Q_{max} = 402 daN)

  $k_1 m_{b4} R_k b h_0$ = 0,8.0,9.7,5.100.8 = 4320 daN.

  $k_n n_c Q$ = 1,15.1. 402 = 462,3 daN.

  $k_n n_c Q < k_1 m_{b4} R_k b h_0$. Không cần đặt cốt ngang.

- Bố trí thép lề người đi.



Hình 1-3. *Bố trí thép lề người đi*

2. Vách máng

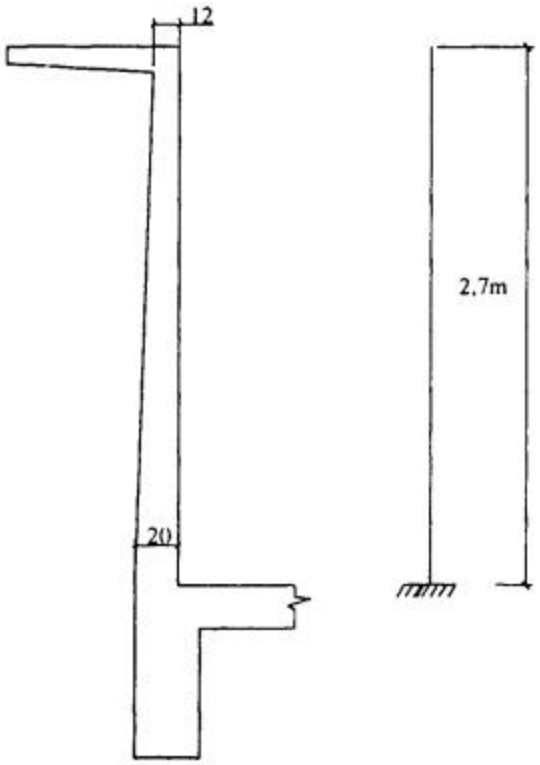
2.1. Sơ đồ tính toán

Cắt 1m dài dọc theo chiều dài máng. Vách máng được tính toán như một dầm công xôn ngàm tại đáy máng và dầm dọc. Sơ bộ chọn các kích thước vách máng:

Trung tâm đào tạo xây dựng VIETCONS
http://www.vietcons.org

- Chiều cao vách: $H_v = H_{max} + \delta = 2,2 + 0,5 = 2,7$ m (δ: độ cao an toàn, lấy $\delta = 0,5$ m)

- Bề dày vách thay đổi dần $h_v = 12 \div 20$ cm.



Hình 2-1. *Sơ đồ tính toán vách máng*

2.2. Tải trọng tác dụng

Do điều kiện làm việc của vách máng nên tải trọng tác dụng gồm:

- Mô men tập trung do người đi trên lề truyền xuống: M_{ng};

- Mô men do trọng lượng bản thân lề đi: M_l;

- Áp lực nước tương ứng với H_{max}: q_n;

- Áp lực gió (gồm gió đẩy và gió hút): q_g ;

Các tải trọng này gây căng trong và căng ngoài vách máng.

- Các tải trọng gây căng ngoài: M_l, q_{gd}.

$$M_l^c = \frac{q_l L_l^2}{2} = \frac{2,5.0.8^2}{2} = 0,8 \text{ kNm} ; M_l = n_l M_l^c = 1,05.0,8 = 0,84 \text{ kNm}.$$

$$q_{gd}^c = k_{gd} q_g 1m = 0,8.1,2.1 = 0,96 \text{ kN/m} ; q_{gd} = n_g \, q_{gd}^c = 1,3.\, 0,96 = 1,248 \text{ kN/m}$$

- Các tải trọng gây căng trong: M_l, M_{ng}, q_n, q_{gh}:

$M_l^c = 0,8$ kNm ; $M_l = 0,84$ kNm.

Trung tâm đào tạo xây dựng VIETCONS
http://www.vietcons.org

$$M^c_{ng} = \frac{q_{ng}L_1^2}{2} = \frac{2.0,8^2}{2} = 0,64 \text{ kNm};$$

$M_{ng} = n_{ng}\ M^c_{ng} = 1,2.0,64 = 0,768$ kNm.

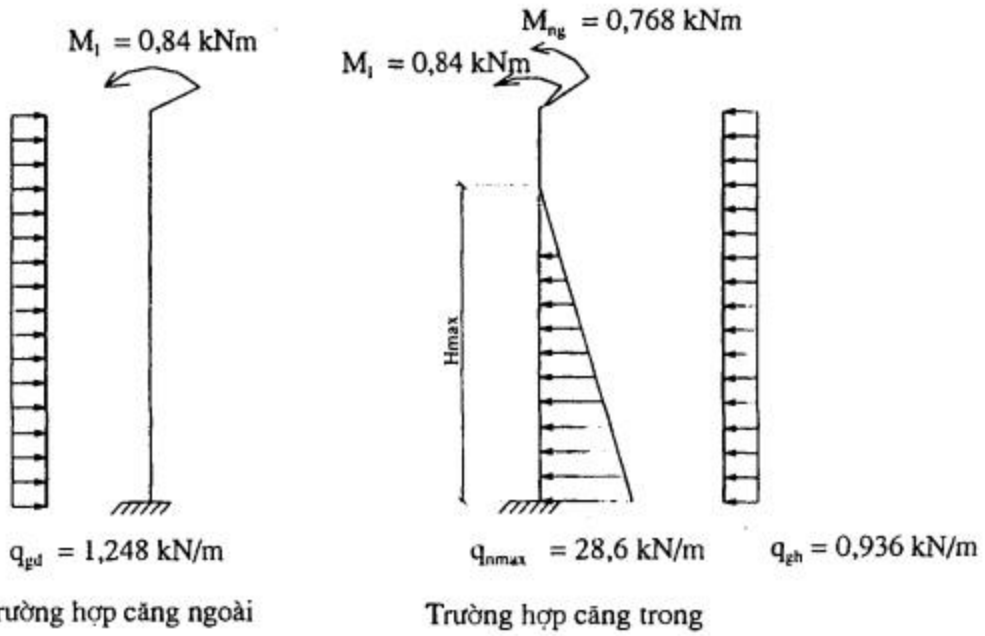
Biểu đồ áp lực nước có dạng hình tam giác:

$q^c_{nmax} = k_d\gamma_n H_{max}1 = 1,3.10.2,2.1 = 28,6$ kN/m;

$q_{nmax} = n_n.q^c_{nmax} = 1.28,6 = 28,6$ kN/m

Trong đó: k_d là hệ số động

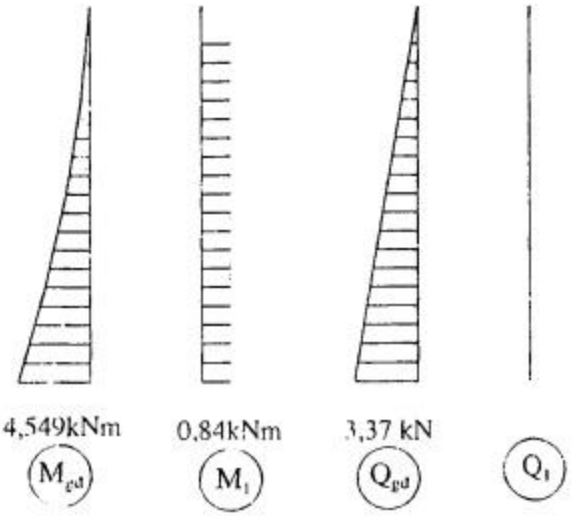
$q^c_{gh} = k_{gh}.q_g.1 = 0,6.1,2.1 = 0,72$ kN/m ; $q_{gh} = n_g\ q^c_{gh} = 1,3.0,72 = 0,936$ kN/m



Hình 2-2. *Tải trọng tác dụng lên vách máng.*

2.3. Xác định nội lực

2.3.1. Trường hợp căng ngoài



Hình 2-3. *Biểu đồ nội lực vách máng (Trường hợp căng ngoài)*

Trung tâm đào tạo xây dựng VIETCONS
http://www.vietcons.org

Xét mặt cắt nguy hiểm nhất (mặt cắt ngàm).

$M = M_l + M_{gđ}$

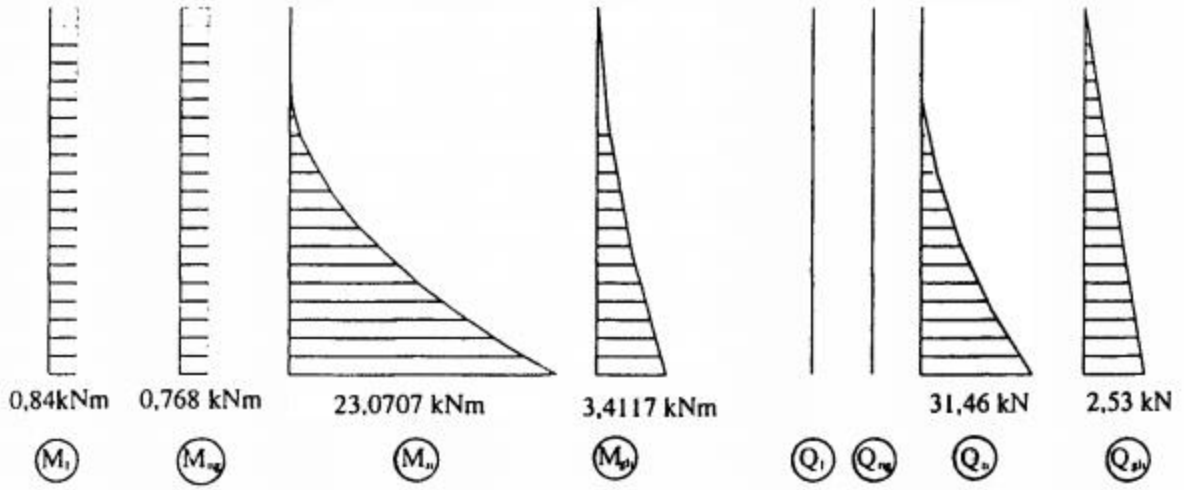
$M_l^c = 0,8$ kNm ; $M_l = 0,84$ kNm.

$$M_{gđ}^c = \frac{q_{gđ}^c . H_v^2}{2} = \frac{0,96.2,7^2}{2} = 3,4992 \text{ kNm};$$

$M_{gđ} = n_g M_{gđ}^c = 1,3.3,4992 = 4,549$ kNm

$M = 4,549 - 0,84 = 3,709$ kNm

1.3.2. Trường hợp căng trong



***Hình 2-4**. Biểu đồ nội lực vách máng (Trường hợp căng trong)*

Xét mặt cắt nguy hiểm nhất (mặt cắt ngàm).

$M = M_l + M_{ng} + M_n + M_{gh}$.

$M_l^c = 0,8$ kNm ; $M_l = 0,84$ kNm.

$M_{ng}^c = 0,64$ kNm; $M_{ng} = 0,768$ kNm.

$$M_n^c = \frac{q_{n.max}^c H_{max}^2}{6} = \frac{28,6.2,2^2}{6} = 23,0707 \text{ kNm};$$

$M_n = n_n M_n^c = 1.23,0707 = 23,0707$ kNm

$$M_{gh}^c = \frac{q_{gh}^c . H_v^2}{2} = \frac{0,72.2,7^2}{2} = 2,6244 \text{ kNm};$$

$M_{gh} = n_g M_{ng}^c = 1,3.\ 2,6244 = 3,4117$ kNm

$M = 0,84 + 0,786 + 23,0707 + 3,4117 = 28,1084$ kNm.

Trung tâm đào tạo xây dựng VIETCONS
http://www.vietcons.org

$Q = Q_l + Q_{ng} + Q_n + Q_{gh}$.

$Q_l = 0$; $Q_{ng} = 0$

$$Q_n = \frac{q_{max} H_{max}}{2} = \frac{28,6.2,2}{2} = 31,46 \text{ kN}.$$

$Q_{gh} = q_{gh} H_v = 0,936.2,7 = 2,53$ kN.

$Q = 31,46 + 2,53 = 33,99$ kN

2.4. Tính toán, bố trí cốt thép

Tiết diện tính toán hình chữ nhật b = 100 cm, h = 20 cm.

Chọn a = 2 cm , $h_0 = h - a = 18$ cm.

2.4.1. Trường hợp căng ngoài. (M = 3,7090 kNm).

$$A = \frac{k_n n_c M}{m_b R_n b h_0^2} = \frac{1,15.1.37090}{1.90.100.18^2} = 0,015 \rightarrow \alpha = 0,015.$$

$$F_a = \frac{m_b R_n b h_0 \alpha}{m_a R_a} = \frac{1.90.100.18.0,015}{1,15.2700} = 0,78 \text{ cm}^2$$

Chọn 5ϕ8/1m (2,51 cm^2).

2.4.2. Trường hợp căng trong (M = 28,1084 kNm).

$$A = \frac{k_n n_c M}{m_b R_n b h_0^2} = \frac{1,15.1.281084}{1.90.100.18^2} = 0,11 \rightarrow \alpha = 0,11$$

$$F_a = \frac{m_b R_n b h_0 \alpha}{m_a R_a} = \frac{1.90.100.18.0,11}{1,15.2700} = 5,73 \text{ cm}^2.$$

Chọn F_a = 5ϕ12/m (5,65 cm^2).

Kiểm tra điều kiện cường độ theo lực cắt Q

Kiểm tra cho trường hợp căng trong:

$k_1 m_{b4} R_k b h_0 = 0,8.0,9.7,5.100.18 = 9720$ daN.

$k_n n_c Q = 1,15.1.3399 = 3910$ daN

$k_n n_c Q < k_1 m_{b4} R_k b h_0$. Không cần đặt cốt ngang.

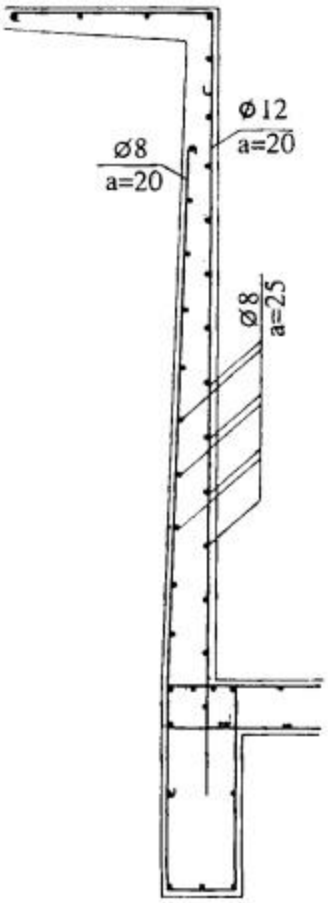
Bố trí cốt thép

Lớp trong: 5ϕ12/1m

Lớp ngoài: 5ϕ8/1m

Trung tâm đào tạo xây dựng VIETCONS
http://www.vietcons.org

Dọc theo phương dòng chảy bố trí 2 lớp thép cấu tạo 4ϕ8/1m.



Hình 2-5. *Bố trí thép vách máng.*

2.5. Kiểm tra nứt

Kiểm tra cho trường hợp căng trong

$$M^c = M_l^c + M_{ng}^c + M_n^c + M_{gh}^c = 0,8 + 0,64 + 23,0707 + 2,6244 = 27,1351 \text{ kNm}$$

Điều kiện để cấu kiện không bị nứt:

$$n_c M^c \le M_n = \gamma_1 R_k^c W_{qd}$$

$\gamma_1 = m_h\gamma = 1.1,75 = 1,75$ (ở đây $m_h = 1$; $\gamma = 1,75$)

$$W_{qd} = \frac{J_{qd}}{h - x_n}$$

$$x_n = \frac{\frac{bh^2}{2} + nF_a h_0 + nF_a' a'}{bh + n(F_a + F_a')} = \frac{\frac{100.20^2}{2} + 8,75.5,65.18 + 8,75.2,51.2}{100.20 + 8,75.(5,65 + 2,51)}$$

$x_n = 10,1$ cm.

$$J_{qd} = \frac{bx_n^3}{3} + \frac{b(h - x_n)^3}{3} + nF_a(h_0 - x_n)^2 + nF_a'(x_n - a')^2$$

Trung tâm đào tạo xây dựng VIETCONS
http://www.vietcons.org

$$J_{qđ} = \frac{100.10,1^3}{3} + \frac{100.(20-10,1)^3}{3} + 8,75.5,65(18-10,1)^2 + 8,75.2,51.(10,1-2)^2$$

$$J_{qđ} = 71213,02\ cm^4$$

$$W_{qđ} = \frac{J_{qđ}}{h - x_n} = \frac{71213,02}{20-10,1} = 7193,23\ cm^3$$

$$M_n = \gamma_1 R_k^c W_{qđ} = 1,75.11,5.7193,23 = 144763,84\ daNcm.$$

$$n_c M^c = 1.271351 = 271351\ daNcm > M_n.$$

Kết luận: Mặt cắt sát đáy máng bị nứt.

Tính toán bề rộng khe nứt.

$$a_n = a_{n1} + a_{n2}.$$

Trong đó: a_{n1}, a_{n2}- Bề rộng khe nứt do tải trọng tác dụng dài hạn và ngắn hạn gây ra.

$$M^c_{dh} = M^c_l + M^c_n = 0,8 + 23,0707 = 23,8707\ kNm = 238707\ daNcm.$$

$$M^c_{ngh} = M^c_{ng} + M^c_{gh} = 0,64 + 2,6244 = 3,2644\ kNm = 32644\ daNcm.$$

Tính bề rộng khe nứt a_n theo công thức kinh nghiệm

$$a_{n1} = kc_1 \eta \frac{\sigma_{a1} - \sigma_0}{E_a}.7.(4 - 100.\mu).\sqrt{d}$$

$$a_{n2} = kc_2 \eta \frac{\sigma_{a2} - \sigma_0}{E_a}.7.(4 - 100.\mu)\sqrt{d}$$

$$\sigma_{a1} = \frac{M^c_{dh}}{F_a Z_l} = \frac{238707}{5,65.15,3} = 2761,4\ daN/cm^2$$

$$\sigma_{a2} = \frac{M^c_{ng..}}{F_a Z_l} = \frac{32644}{5,65.15,3} = 377,63\ daN/cm^2.$$

($Z_l = \eta.h_0 = 0,85.18 = 15,3$ cm; η: Tra bảng 5-1).

$$a_{n1} = 1.1,3.1.\frac{2761,4-200}{2,1.10^6}.7.(4-100.0,0031).\sqrt{12} = 0,14\ mm.$$

$$a_{n2} = 1.1.1.\frac{377,63-200}{2,1.10^6}.7.(4-100.0,0031).\sqrt{12} = 0,01\ mm$$

$$a_n = 0,15\ mm < a_{n.gh}$$

Kết luận: Vậy bề rộng khe nứt đảm bảo yêu cầu thiết kế.

Trung tâm đào tạo xây dựng VIETCONS
http://www.vietcons.org

3. Đáy máng

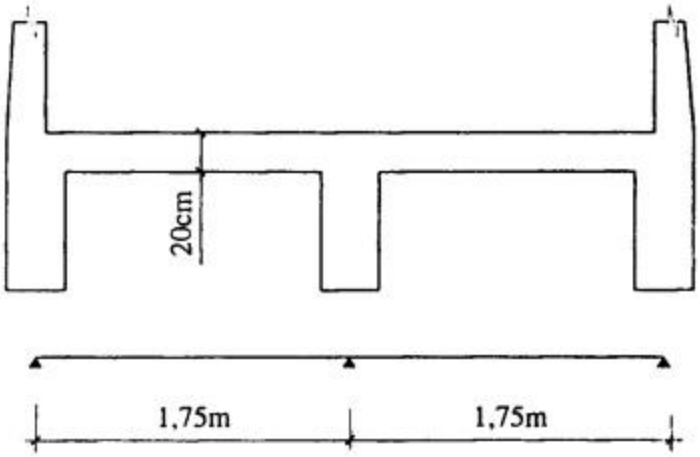
3.1. Sơ đồ tính toán

Cắt 1m dài vuông góc với chiều dòng chảy, đáy máng được tính như một dầm liên tục 2 nhịp có gối đỡ là các dầm dọc.

Sơ bộ chọn kích thước đáy máng như sau:

- Chiều dày bản đáy h_d = 25 m
- Bề rộng đáy máng B = 3,4 m.
- Chiều dài nhịp l = 1,75 m.

(Chọn bề rộng dầm b_d = 30 cm).



***Hình 3-1.** Sơ đồ tính toán đáy máng.*

3.2 Tải trọng tác dụng

- Tải trọng bản thân:

$q_d^c = \gamma_b h_d.1 = 25.\ 0,25.1 = 6,25$ kN/m;

$q_d = n_d\, q_d^c = 1,05.6,25 = 6,56$ kN/m.

- Tải trọng nước ứng với cột nước H_{max}:

$q_{max}^c = k_d \gamma_n H_{max}.1 = 1,3.10\ 2,2.1 = 28,6$ kN/m;

$q_{max} = n_n\, q_{max}^c = 1.28,6 = 28,6$ kN/m

$M_{max}^c = 23,0707$ kNm; $M_{max} = 23,0707$ kNm.

- Tải trọng nước ứng với mực nước cột nước nguy hiểm (H_{ngh})

$$H_{ngh} = \frac{l_d}{\sqrt{2}} = \frac{1,75}{\sqrt{2}} = 1,24 \text{ m}$$

Trung tâm đào tạo xây dựng VIETCONS
http://www.vietcons.org

$M^c_{ngh} = k_d\gamma_n H_{ngh}.1 = 1,3.10.1,24.1 = 16,12$ kN/m;

$q_{ngh} = n_n.q^c_{ngh} = 1.16,12 = 16,12$ kN/m

$$M^c_{ngh} = \frac{k_d\gamma_n H^3_{ngh}1}{6} = \frac{1,3.10.1,24^3.1}{6} = 4,13 \text{ kNm};$$

$M_{ngh} = 4,13$ kNm

- *Tải trọng gió:*

$M^c_{gđ} = 3,4992$ kNm; $M_{gđ} = 4,5490$ kNm.

$M^c_{gh} = 2,6244$ kNm; $M_{gh} = 3,4117$ kNm.

- *Tải trọng do người:*

$M^c_{ng} = 0,64$ kNm; $M_{ng} = 0,768$ kNm.

3.3. Xác định nội lực

Tra các phụ lục 18, 21 (Giáo trình Kết cấu Bê tông cốt thép), vẽ biểu đồ nội lực cho từng thành phần tải trọng tác dụng (hình 3.2), sau đó so sánh chọn giá trị tính toán cần thiết.

3.4. Tính toán bố trí cốt thép đáy máng

3.4.1. Trường hợp gây mô men căng trên tại mặt cắt sát vách.

$M_I = M_I + M_{II} + M_{IV} + M_{VII} = 0,84 + 23,0707 + 0,768 + 3,4117 = 28,0904$ kNm.

$M_I = 280904$ daNcm.

Tiết diện tính toán hình chữ nhật: b = 100 cm, h = 25 cm.

Chọn a = 3 cm $\rightarrow h_0 = 22$ cm.

$$A = \frac{k_n n_c M}{m_b R_n b h_0^2} = \frac{1,15.1.280904}{1.90.100.22^2} = 0,074 \rightarrow \alpha = 0,077$$

$A = 0,074 < A_0 \rightarrow$ Tính F_a:

$$F_a = \frac{m_b R_n b h_0 \alpha}{m_a R_a} = \frac{1.90.100.22.0,077}{1,15.2700} = 4,92 \text{cm}^2$$

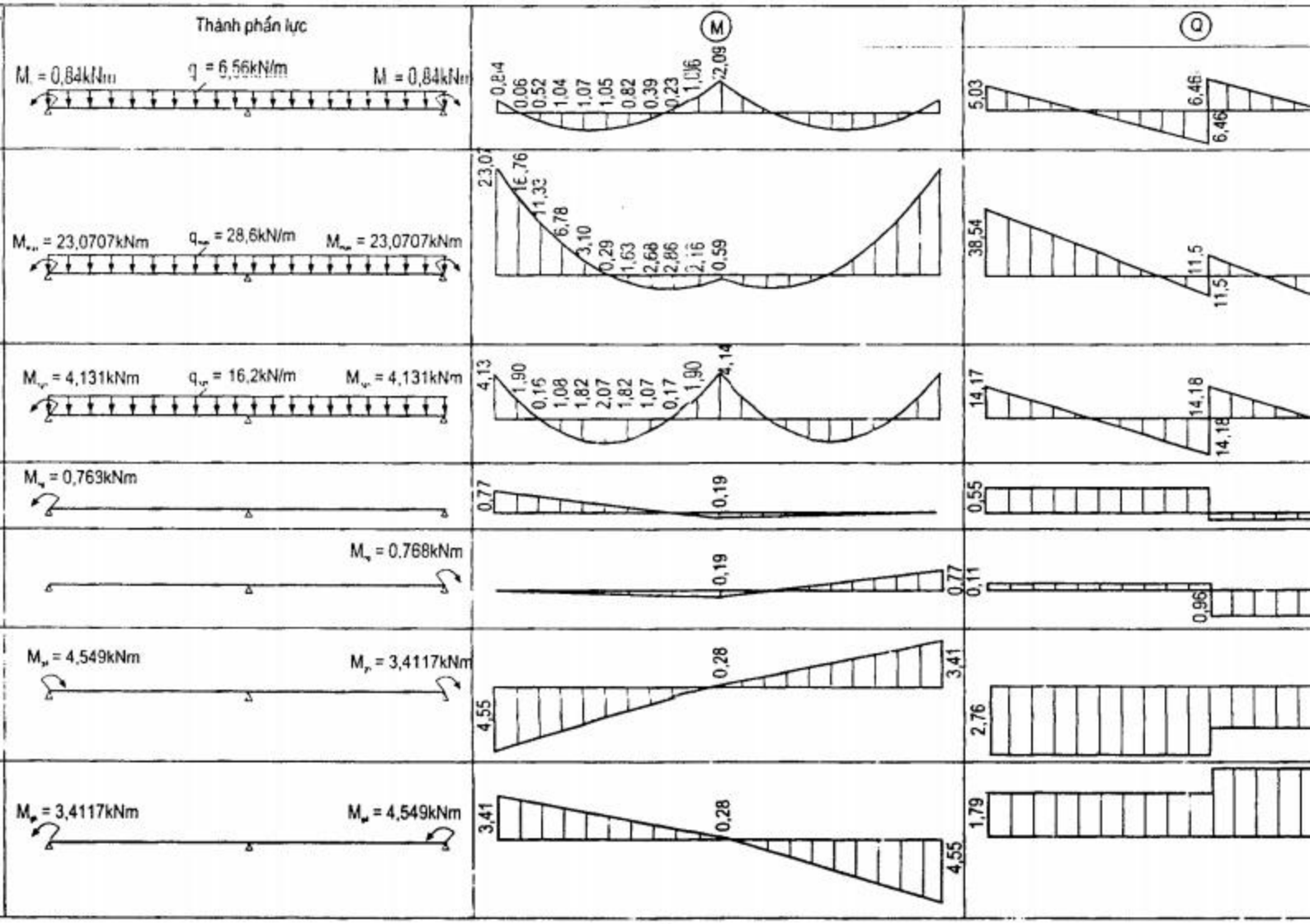
Chọn $F_a = 5\phi12/1$m (5,65 cm^2).

3.4.2. Trường hợp gây mô men căng dưới tại mặt cắt giữa nhịp.

$M_2 = M_I + M_{III} + M_V + M_{VI} = 1,0456 + 2,0674 + 0,096 + 2,1323 = 5,3413$ kNm.

$M_2 = 53413$ daNcm.

Trung tâm đào tạo xây dựng VIETCONS
http://www.vietcons.org



Hình 3-2. Biểu đồ nội lực đáy máng

Trung tâm đào tạo xây dựng VIETCONS
http://www.vietcons.org

Tiết diện tính toán hình chữ nhật: b = 100 cm, h = 25 cm.

Chọn a = 3 cm → h_0 = 22 cm.

$$A = \frac{k_n.n_c.M}{m_b.R_n.b.h_0^2} = \frac{1,15.1.53413}{1.90.100.22^2} = 0,014 \rightarrow \alpha = 0,014.$$

$A = 0,014 < A_0 \rightarrow$ Tính F_a

$$F_a = \frac{m_b.R_n.b.h_0.\alpha}{m_a.R_a} = \frac{1.90.100.22.0,014}{1,15.2700} = 0,9 \text{ cm}^2$$

Chọn F_a = 5ϕ10/1m (3,93 cm^2).

3.4.3. Trường hợp mô men căng trên tại gối giữa.

$M_3 = M_I + M_{III} + M_{VI} = 2,0913 + 4,136 + 0,2843 = 6,5116$ kNm.

M_3 = 65116 daNcm.

Tiết diện tính toán hình chữ nhật: b = 100 cm, h = 25 cm.

Chọn a = 3 cm → h_0 = 22 cm.

$$A = \frac{k_n n_c M}{m_b R_n b h_0^2} = \frac{1,15.1.65116}{1.90.100.22^2} = 0,017 \rightarrow \alpha = 0,017.$$

$A = 0,017 < A_0$

$$F_a = \frac{m_b R_n b h_0 \alpha}{m_a R_a} = \frac{1.90.100.22.0,017}{1,15.2700} = 1,1 \text{cm}^2$$

Chọn F_a = 5ϕ12/1m (5,65 cm^2).

Kiểm tra cường độ trên mặt cắt nghiêng

Kiểm tra tại mặt cắt sát vách máng.

$Q = Q_I + Q_{II} + Q_{IV} + Q_V + Q_{VII} = 5,03 + 38,54 + 0,55 + 0,11 + 1,79 = 46,02$ kN.

$k_1 m_{b4} R_k b h_0 = 0,8.0,9.7,5.100.22 = 11880$ daN.

$k_n n_c Q = 1,15.4602 = 5292,3$ daN.

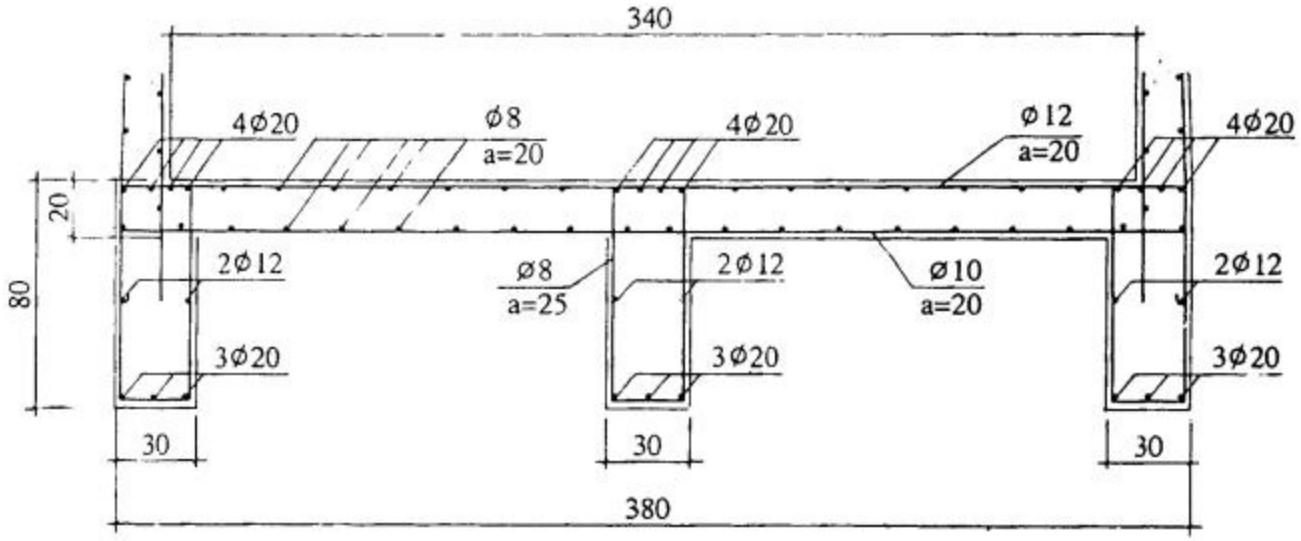
$k_n n_c Q < k_1 m_{b4} R_k b h_0 \rightarrow$ Không cần tính cốt ngang.

Bố trí thép toàn đáy máng

- Lớp trên: 5ϕ12/1m dài.
- Lớp dưới: 5ϕ10/1m dài.

Dọc theo chiều dòng chảy bố trí cấu tạo 5ϕ8/1m dài.

Trung tâm đào tạo xây dựng VIETCONS
http://www.vietcons.org



***Hình 3.3.** Bố trí cốt thép đáy máng*

3.5. Kiểm tra nứt

Kiểm tra tại 2 mặt cắt: mặt cắt sát vách và giữa nhịp.

Điều kiện để cấu kiện không bị nứt:

$$n_c \cdot M^c \le M_n = \gamma_1 \cdot R_k^c \cdot W_{qd}$$

$$\gamma_1 = m_h \cdot \gamma = 1 \cdot 1{,}75 = 1{,}75$$

$$W_{qd} = J_{qd} / (h - x_n)$$

3.5.1. Đối với mặt cắt sát vách máng

$M^c = 27{,}1351$ kNm. Tiết diện chữ nhật: b = 100 cm, h = 25 cm, a = a' = 3 cm, h_0 = 22 cm, $F_a = 5{,}65\ cm^2$, $F_a' = 3{,}93\ cm^2$

$$x_n = \frac{\frac{bh^2}{2} + nF_a h_0 + nF_a' a'}{bh + n(F_a + F_a')} = \frac{\frac{100.25^2}{2} + 8{,}75.5{,}65.22 + 8{,}75.3{,}93.3}{100.25 + 8{,}75.(5{,}65 + 3{,}93)} = 12{,}6cm$$

$$x_n = 12.6\ cm$$

$$J_{qd} = \frac{bx_n^3}{3} + \frac{b(h - x_n)^3}{3} + nF_a(h_0 - x_n)^2 + nF_a'(x_n - a')^2$$

$$J_{qd} = \frac{100.12{,}6^3}{3} + \frac{100.(25 - 12{,}6)^3}{3} + 8{,}75.5{,}65(22 - 12{,}6)^2 + 8{,}75.3{,}93.(12{,}6 - 3)^2$$

$$J_{qd} = 137770{,}78\ cm^4$$

$$W_{qd} = \frac{J_{qd}}{h - x_n} = \frac{137770{,}78}{25 - 12{,}6} = 11110{,}55\ cm^3$$

$$M_n = \gamma_1 \cdot R_k^c \cdot W_{qd} = 1{,}75 \cdot 11{,}5 \cdot 11110{,}55 = 223599{,}76\ daNcm.$$

Trung tâm đào tạo xây dựng VIETCONS
http://www.vietcons.org

$n_c.M^c = 1.271351 = 271351$ daNcm > M_n.

→ Mặt cắt sát vách máng bị nứt.

Tính toán bề rộng khe nứt:

$a_n = a_{n1} + a_{n2}$

$M^c_{dh} = M^c_l + M^c_n = 0.8 + 23,0707 = 23,8707$ kN = 238707 daNcm.

$M^c_{ngh} = M^c_{ng} + M^c_{gh} = 0,64 + 2,6244 = 3,2644$ kN = 32644 daNcm.

Tính bề rộng khe nứt a_n theo công thức kinh nghiệm:

$$a_{n1} = k.c_1.\eta \frac{\sigma_{a1} - \sigma_0}{E_a}.7.(4 - 100.\mu).\sqrt{d}$$

$$a_{n2} = k.c_2.\eta \frac{\sigma_{a2} - \sigma_0}{E_a}.7.(4 - 100.\mu).\sqrt{d}$$

$$\sigma_{a1} = \frac{M^c_{dh}}{F_a.Z_l} = \frac{238707}{5,65.18,7} = 2259,3 \text{ daN/cm}^2$$

$$\sigma_{a2} = \frac{M^c_{ngh}}{F_a.Z_l} = \frac{32644}{5,65.18,7} = 308,97 \text{ daN/cm}^2$$

($Z_l = \eta.h_0 = 0,85.22 = 18,7$ cm; η: Tra bảng 5-1).

$$a_{n1} = 1.1,3.1.\frac{2259,3 - 200}{2,1.10^6}.7.(4 - 100.0,0026).\sqrt{12}$$

$$a_{n2} = 1.1.1.\frac{309 - 200}{2,1.10^6}.7.(4 - 100.0,0026).\sqrt{12}$$

Thay số được $a_{n1} = 0,12$ mm; $a_{n2} = 0,005$ mm

$a_n = 0,125$ mm < a_{ngh}

Kết luận: Vậy bề rộng khe nứt đảm bảo yêu cầu thiết kế.

3.5.2. Đối với mặt cắt giữa nhịp

$M^c = 4,7834$ kNm. Tiết diện chữ nhật : b = 100 cm, h = 25 cm, a = a' = 3 cm, h_o = 22 cm, $F_a = 3,93$ cm^2, $F'_a = 5,65$ cm^2

$$x_n = \frac{\frac{b.h^2}{2} + n.F_a.h_0 + n.F'_a.a'}{b.h + n(F_a + F'_a)} = \frac{\frac{100.25^2}{2} + 8,75.3,39.22 + 8,75.5,65.3}{100.25 + 8,75.(3,39 + 5,65)}$$

$x_n = 12,4$ cm

Trung tâm đào tạo xây dựng VIETCONS
http://www.vietcons.org

$$J_{qđ} = \frac{b.x_n^3}{3} + \frac{b.(h - x_n)^3}{3} + n.F_a(h_0 - x_n)^2 + n.F'_a.(x_n - a')^2$$

$$J_{qđ} = \frac{100.12,4^3}{3} + \frac{100.(25 - 12,4)^3}{3} + 8,75.3,93(22 - 12,4)^2 + 8,75.5,65.(12,4 - 3)^2$$

$J_{qđ} = 137770,78\ cm^4$

$$W_{qđ} = \frac{J_{qđ}}{h - x_n} = \frac{137770,78}{25 - 12,4} = 10934,19\ cm^3$$

$M_n = \gamma_1 R_k^c W_{qđ} = 1,75.11,5.10934,19 = 220050,56$ daNcm.

$n_c.M^c = 1.47834 = 47834$ daNcm $< M_n$. Mặt cắt giữa nhịp không bị nứt.

4. Dầm đỡ giữa

4.1. Sơ đồ tính toán

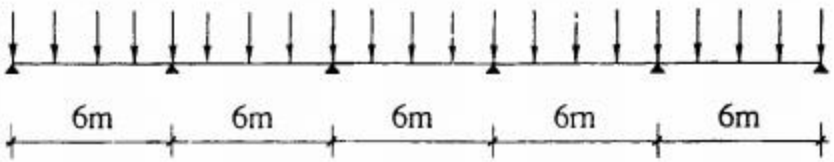
Đáy máng bố trí 3 dầm (2 dầm bên, 1 dầm giữa). Hai dầm bên chịu tải trọng từ vách máng và phần lề người đi truyền xuống nhưng chịu tải trọng nước và tải bản thân ít hơn dầm giữa. Tính toán dầm giữa, 2 dầm bên bố trí thép tương tự.

Tách dầm giữa bằng 2 mặt cắt dọc máng. Tiết diện dầm chữ T . Sơ đồ tính là dầm liên tục 5 nhịp có các gối tựa là các trụ đỡ.

Chiều dài nhịp $l_{nhip} = \frac{L}{5} = \frac{30}{5} = 6$ m.

Chọn kích thước dầm.

- Chiều cao dầm: $h_d = 80$ cm.
- Bề rộng sườn: b = 30 cm.
- Bề rộng cánh dầm: B/2 = 3,2/2 = 1,6 m = 160 cm.



Hình 4.1. *Sơ đồ tính toán dầm đỡ giữa.*

4.2. Tải trọng tác dụng

- Tải trọng bản thân

$q_d^c = \gamma_b F_d.1 = 25.(0,8.0,3 + 1,3.0,25) = 14,13$ kN/m

$q_d = n_d q_d^c = 1,05.12,5 = 14,83$ kN/m.

Trung tâm đào tạo xây dựng VIETCONS
http://www.vietcons.org

- *Tải trọng nước* (tương ứng với cột nước H_{max})

$$q_n^c = k_d \gamma_n (B/2) H_{max} = 1,3.10.1,6.2,2 = 45,76 \text{ kN/m}$$

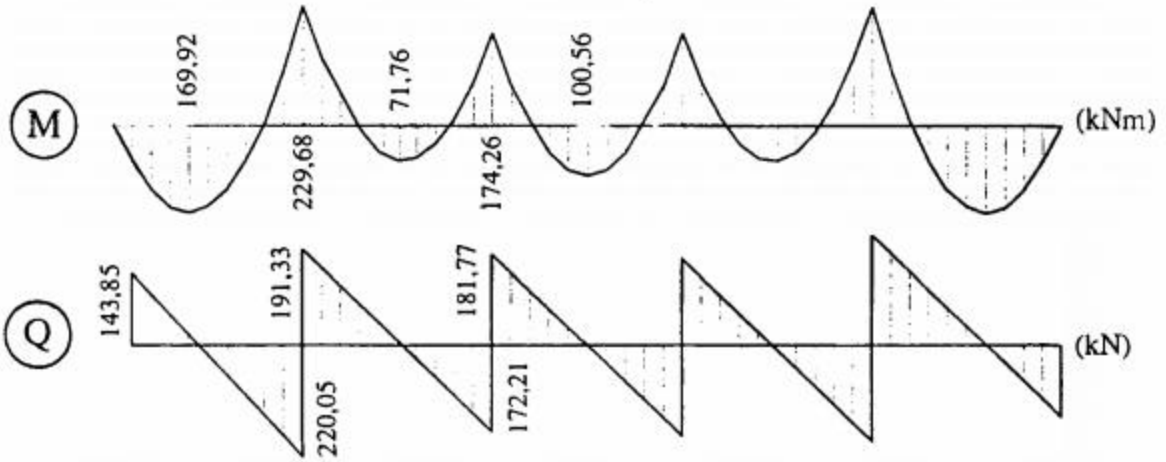
$$q_n = n_n q_n^c = 1.45,76 = 45,76 \text{ kN/m}.$$

- *Tải trọng tính toán tổng cộng*

$$q_{tc} = q_d + q_n = 14,83 + 45,76 = 60,59 \text{ kN/m}.$$

4.3. Xác định nội lực

Tra phụ lục 21 (Giáo trình Kết cấu bê tông cốt thép) vẽ biểu đồ nội lực M, Q của dầm.



Hình 4-2. *Biểu đồ nội lực của dầm.*

4.4. Tính toán cốt thép

Tính thép cho 2 mặt cắt có mô men căng trên và căng dưới lớn nhất.

4.4.1. Trường hợp căng trên

$$M_{max} = 2296846 \text{ daNcm}.$$

Tiết diện chữ T cánh kéo. Tính toán như đối với tiết diện chữ nhật b×h = 30×80 cm

Chọn a = a' = 4 cm, h_0 = 76 cm

$$A = \frac{k_n n_c M}{m_b R_n b h_0^2} = \frac{1,15.1.2296846}{1.90.30.76^2} = 0,169 \rightarrow \alpha = 0,186$$

$A < A_0 \rightarrow$ Tính F_a.

$$F_a = \frac{m_b R_n b h_0 \alpha}{m_a R_a} = \frac{1.90.30.76.0,186}{1,1.2700} = 12,85 \text{ cm}^2$$

Chọn $F_a = 4\phi 20$ (12,56 cm^2)

Trung tâm đào tạo xây dựng VIETCONS
http://www.vietcons.org

4.4.2. Trường hợp căng dưới

M_{max} = 1699186 daNcm.

Tiết diện tính toán hình chữ T cánh nén:

b = 30 cm, h = 80 cm, b'_c = 160 cm, h'_c = 25 cm.

Chọn a = a' = 4 cm → h_0 = 76 cm.

Kiểm tra vị trí trục trung hoà.

$$M^c = m_b R_n\ b'_c\ h'_c\left(h_0 - \frac{h'_c}{2}\right) = 1.90.160.25.\left(76 - \frac{25}{2}\right) = 22860000 \text{ daNcm}$$

$k_n n_c M$ = 1,15.1.1699186 = 1954063,9 daNcm

$k_n n_c M < M_c$ → Trục trung hoà đi qua cánh ($x \le h_c$).

Tính toán cốt thép tương tự như đối với tiết diện chữ nhật $b'_c \times h$ = 160×80 cm.

$$A = \frac{k_n n_c M}{m_b R_n b'_c h_c^2} = \frac{1,15.1.1699186}{1,15\ 90.160.76^2} = 0,02 \rightarrow \alpha = 0,02$$

$A < A_0$ → Tính F_a.

$$F_a = \frac{m_b R_n b h_0 \alpha}{m_a R_a} = \frac{1,15.90.160.76.0,02}{1,1.2700} = 8,48 \text{ cm}^2$$

Chọn F_a = 3ϕ20 (9,42 cm^2).

Kiểm tra cường độ trên mặt cắt nghiêng và tính cốt thép ngang.

Kiểm tra cho mặt cắt có lực cắt lớn nhất (Q_{max} = 22005 daN).

$k_1 m_{b4} R_k b h_0$ = 0,6.0,9.7,5.30.76 = 9234 daN.

$k_n n_c Q$ = 1,15.22005 = 25305,75 daN.

$0,25 m_{b3} R_n b h_0$ = 0,25.1.90.30.76 = 51300 daN.

$k_1 m_{b4} R_k b h_0 < k_n n_c Q < 0,25 m_{b3} R_n b h_0$ → Bố trí cốt ngang.

Tính toán cốt đai:

Theo điều kiện cấu tạo chọn đường kính cốt đai d = 8 mm → f_d = 0,503 cm^2, số nhánh n_d = 2.

Tính khoảng cách giữa các thanh cốt đai:

$$u_{max} = \frac{1,5 m_{b4} R_k b h_0^2}{k_n n_c Q} = \frac{1,5.0,9.7,5.30.76^2}{1,15.1.22005} = 69,3 \text{ cm}$$

Trung tâm đào tạo xây dựng VIETCONS
http://www.vietcons.org

$$u_{ct} = \frac{h}{3} = \frac{80}{3} = 26 \text{ cm}$$

$$u_{tt} = m_a R_{ad} n_d f_d \frac{8 m_{b4} R_k b h_0^2}{(k_n n_c Q)^2} = 1,1.2150.2.0,503.\frac{8.0,9.7,5.30.76^2}{(1,15.1.22005)^2} = 34,8\text{cm}.$$

Chọn u = 25 cm.

Tính toán cốt xiên.

$$Q_{db} = 2,8 h_0 \sqrt{m_{b4} R_k b q_d}$$

$$q_d = \frac{m_a R_{ad} n f_d}{u} = \frac{1,1.2150.2.0,503}{25} = 95,17 \text{ daN/cm}.$$

$$Q_{db} = 2,8.76.\sqrt{0,9.7,5.30.95,17} = 29541,61 \text{ daN}$$

$k_n n_c Q = 1,15.1.22005 = 25305,75$ daN $< Q_{db}$. Không cần đặt cốt xiên.

Bố trí cốt thép dầm (xem hình 3.3).

4.5. Kiểm tra nứt và tính bề rộng khe nứt

Điều kiện để dầm không bị nứt:

$$n_c M^c \le M_n = \gamma_1 R_k^c W_{qd}$$

$$\gamma_1 = m_h \gamma ; \; W_{qd} = \frac{J_d}{h - x_n}$$

Kiểm tra cho 2 mặt cắt có mô men dương và âm lớn nhất.

4.5.1. Trường hợp căng dưới

$M^c_{max} = 1679555$ daNcm. Tiết diện chữ T: b = 30 cm, h = 80 cm, $b'_c = 160$ cm, $h'_c = 25$ cm, a = a' = 4 cm, $h_0 = 76$ cm, $F_a = 9,42 \text{ cm}^2$, $F'_a = 12,56 \text{ cm}^2$.

$$\gamma_1 = m_h \gamma = 1.1,75 = 1,75.$$

$$x_n = \frac{\frac{bh^2}{2} + (b'_c - b)\frac{h'^2_c}{2} + nF_a h_0 + naF'_a}{bh + (b'_c - b)h'_c + n(F'_a + F'_a)}$$

$$x_n = \frac{\frac{30.80^2}{2} + (160 - 30).\frac{25^2}{2} + 8,75.9,42.76 + 8,75.12,56.4}{30.80 + (160 - 30).25 + 8,75.(9,42 + 12,56)} = 24,5\text{cm}$$

$$J_{qd} = \frac{b'_c x_n^3}{3} + \frac{(b'_c - b)(h'_c - x_n)^3}{3} + \frac{b(h - x_n)^3}{3} + nF_a(h_0 - x_n)^2 + nF'_a(x_n - a')^2$$

Trung tâm đào tạo xây dựng VIETCONS
http://www.vietcons.org

$$J_{qd} = \frac{160.24,5^3}{3} + \frac{(160-30)(25-24,5)^3}{3} + \frac{30(80-24,5)^3}{3} +$$

$$+ 8,75.9,42.(76 - 24,5)^2 + 8,75.12,56.(24,5 - 4)^2$$

$J_{qd} = 2758668\ cm^4$.

$$W_{qd} = \frac{J_{qd}}{h - x_n} = \frac{2758668}{80 - 24,5} = 49705,73\ cm^3$$

$M_n = \gamma_1 R_k^c W_{qd} = 1,75.11,5.49705,73 = 1000327,82$ (daNcm).

$n_c M^c = 1.1679555 = 1679555$ daNcm $> M_n$

Kết luận: Tai mặt cắt trên dầm bị nứt.

Tính bề rộng khe nứt.

$$a_n = k.c.\eta \frac{\sigma_a - \sigma_0}{E_a}.7.(4 - 100.\mu).\sqrt{d}$$

$$\sigma_a = \frac{M^c}{F_a.Z_1} = \frac{1679555}{9,42.64,6} = 2760\ daN/cm^2$$

($Z_1 = \eta.h_0 = 0,85.76 = 64,6$ cm; η: Tra bảng 5-1).

$$a_n = 1.1,3.1.\frac{2760 - 200}{2,1.10^6}.7.(4 - 100.0,004).\sqrt{20}$$

$a_n = 0,18\ mm < a_{ngh}$

Vậy bề rộng khe nứt đảm bảo yêu cầu thiết kế.

4.5.2. Trường hợp căng trên

$M^c_{max} = 2270310$ daNcm, $F_a = 12,56\ cm^2$, $F'_a = 9,42\ cm^2$, Tiết diện chữ T: b = 30 cm, h = 80cm, $b'_c = 160$ cm, $h'_c = 25$cm, a = a' = 4cm, $h_0 = 76$ cm, $F_a = 12,56cm^2$, $F'_a = 9,42cm^2$.

$\gamma_1 = m_h.\gamma = 1.1,75 = 1,75$.

$$x_n = \frac{\frac{bh^2}{2} + (b_c - b)h_c\left(h - \frac{h_c}{2}\right) + nF_a h_0 + naF'_a}{bh + (b_c - b)h_c + n(F_a + F'_a)}$$

$$x_n = \frac{\frac{30.80^2}{2} + (160-30).25.\left(80 - \frac{25}{2}\right) + 8,75.12,56.76 + 8,75.9,42.4}{30.80 + (160-30).25 + 8,75(12,56 + 9,42)} = 55,5cm$$

$$J_{qd} = \frac{bx_n^3}{3} + \frac{(b_c - b)(h_c + x_n - h)^3}{3} + \frac{b_c(h - x_n)^3}{3} + n.F_a(h_0 - x_n)^2 + n.F'_a(x_n - a')^2$$

Trung tâm đào tạo xây dựng VIETCONS
http://www.vietcons.org

$$J_{qđ} = \frac{30.55,5^3}{3} + \frac{(160-30).(25+55,5-80)^3}{3} - \frac{160.(80-55,5)^3}{3} +$$

$$+ 8,75.12,56.(76-55,5)^2 + 8,75.9,42.(55,5-4)^2.$$

$$J_{qđ} = 2758668 \text{ cm}^4$$

$$W_{qđ} = \frac{J_{qđ}}{h - x_n} = \frac{2758668}{80-55,5} = 112598,69 \text{ cm}^3$$

$M_n = \gamma_1 R_k^c W_{qđ} = 1,75.11,5.112598,69 = 2266048,73$ daNcm.

$n_c.M^c = 1.2270310 = 2270310$ daNcm $> M_n$. Dầm bị nứt tại mặt cắt trên

Tính bề rộng khe nứt.

$$a_n = kc\eta \frac{\sigma_a - \sigma_0}{E_a}.7.(4 - 100.\mu).\sqrt{d}$$

$$\sigma_a = \frac{M^c}{F_a Z_1} = \frac{2270310}{12,56.64,6} = 2798 \text{ daN/cm}^2$$

($Z_1 = \eta h_0 = 0,85.76 = 64,6$ cm; η: tra bảng 5-1).

$$a_n = 1.1,3.1.\frac{2798-200}{2,1.10^6}.7.(4-100.0,0055).\sqrt{20}$$

$a_n = 0,17$ mm $< a_{n.gh}$

Vậy bề rộng khe nứt đảm bảo yêu cầu thiết kế.

4.6. Tính biến dạng dầm

Tính toán kiểm tra độ võng cho mặt cắt giữa nhịp dầm đầu tiên: $M^c = 1679555$ daNcm

- Tính B_{dh}:

$$B_{dh} = \frac{B_{ngh}}{\delta}$$

$$B_{ngh} = \frac{E_a F_a Z_1 (h_0 - \bar{x})}{\psi_a}$$

- Tính $\bar{x}$ theo quan hệ:

$$\varphi = \frac{x}{\bar{x}} = 1 - \frac{0,7}{100.\mu + 1}$$

$$\xi = \frac{x}{h_0} = \frac{1}{1,8 + \frac{1+5(L+T)}{10.\mu.n}}$$

Trung tâm đào tạo xây dựng VIETCONS
http://www.vietcons.org

$$L = \frac{M^c}{R_n^c b h_0^2} = \frac{1679555}{115.30.76^2} = 0,08$$

$$T = \gamma'.(1 - \delta'/2)$$

$$\gamma' = \frac{(b_c' - b)h_c' + \frac{n}{\nu}F_a'}{bh_0} = \frac{(160-30).25 + \frac{8,75}{0,15}.12,56}{30.76} = 1,47.$$

$$\delta' = \frac{h_c'}{h_0} = \frac{25}{76} = 0,33$$

$$T = 1,75.\left(1 - \frac{0,33}{2}\right) = 1,46$$

$$\mu = \frac{F_a}{bh_0} = \frac{9,42}{30.76} = 0,004$$

Thay số liệu vào công thức tính ta có

$$\xi = \frac{x}{h_0} = \frac{1}{1,8 + \frac{1+5(0,08+1,96)}{10.0,004.10}} = 0,038$$

$\xi = 0,038 < \frac{a'}{h_0} = \frac{4}{76} = 0,053$. Tính lại với điều kiện không kể đến F_a'

$$\gamma' = \frac{(b_c' - b)h_c'}{b.h_0} = \frac{(160-30).25}{30.76} = 1,43.$$

$$T = \gamma'(1 - \frac{\delta'}{2}) = 1,43.(1 - \frac{0,33}{2}) = 1,19$$

$$\xi = \frac{x}{h_0} = \frac{1}{1,8 + \frac{1+5(L+T)}{10.\mu.n}} = \frac{1}{1,8 + \frac{1+5(0,08+1,19)}{10.0,004.8,75}} = 0,044$$

$$x = \xi h_0 = 0,044.76 = 3,33 \text{ cm}$$

$$\varphi = \frac{x}{\bar{x}} = 1 - \frac{0,7}{100.0,004 + 1} = 0,5$$

$$\bar{x} = 6,7 \text{ cm}.$$

- Tính Z_1

$$Z_1 = \left[1 - \frac{\delta'\gamma' + \xi^2}{2(\gamma' + \xi)}\right]h_0 = \left[1 - \frac{0,33.1,43 + 0,044^2}{2.(1,43 + 0,044)}\right].76 = 63,8 \text{ cm}.$$

Trung tâm đào tạo xây dựng VIETCONS
http://www.vietcons.org

- Tính ψ_{adh}:

$$\psi_{adh} = \frac{2\psi_a + 1}{3}$$

$$\sigma_a = \frac{M^c}{F_a.Z_l} = \frac{1679555}{9,42.63,8} = 2795\,daN/cm^2$$

Tra phụ lục 16 (với n. μ = 8,75. 0,004 = 0,035, σ_a = 2795 daN/cm^2) lấy ψ_a = 0,4.

$$\psi_{adh} = \frac{2\psi_a + 1}{3} = \frac{2.0,4 + 1}{3} = 0,6$$

Thay các giá trị vào công thức tính độ cứng B_{ngh} của dầm ta có.

$$B_{ngh} = \frac{2,1.10^6.9,42.63,8.(76 - 6,7)}{0,6} = 145770.10^6\,daNcm^2$$

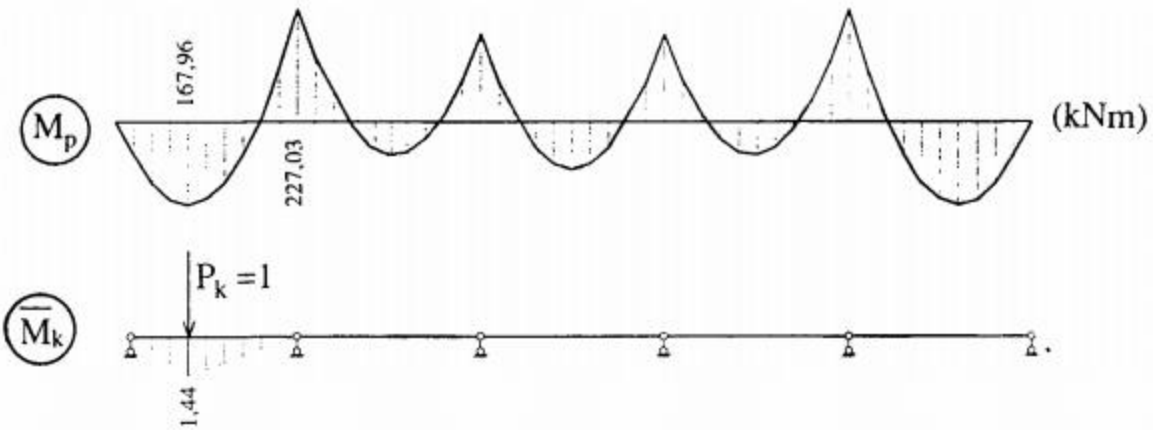
$$B_{dh} = \frac{B_{ngh}}{\delta} = \frac{145770}{1,5} = 97180\ kNm^2.$$

Tiến hành nhân biểu đồ tính toán được độ võng tại mặt cắt giữa nhịp dầm:

$$f = (M_p) \cdot (\bar{M}_k) = \frac{1}{B_{dh}} \Omega_p . \bar{y}_k$$

Trong đó: Ω_p : Diện tích của biểu đồ mô men uốn M_p

$\bar{y}_k$:tung độ biểu đồ $\bar{M}_k$ ứng với vị trí trọng tâm của biểu đồ M_p



f = 0,006 m

$$\frac{f}{l} = \frac{0,006}{6} = \frac{0,5}{500} < \left[\frac{f}{l}\right] = \frac{1}{500}$$

Dầm thoả mãn yêu cầu về độ võng.

Trung tâm đào tạo xây dựng VIETCONS
http://www.vietcons.org

MỤC LỤC

Trang

Lời nói đầu 3

Phần 1: TÓM TẮT LÝ THUYẾT 5

Chương 3. CẤU KIỆN CHỊU UỐN

A. Tính cường độ trên mặt cắt vuông góc với trục cấu kiện 5

1. Tiết diện chữ nhật cốt đơn 5
2. Tiết diện chữ nhật cốt kép 8
3. Tiết diện chữ T cốt đơn, cánh nằm trong miền nén 9
4. Tiết diện chữ T cốt kép, cánh nằm trong miền nén 11
5. Một vài loại tiết diện khác thường gặp được tính toán theo tiết diện chữ T 13

B. Tính cường độ trên mặt cắt nghiêng góc với trục cấu kiện 13

6. Tính toán cường độ trên mặt cắt nghiêng theo phương pháp đàn hồi 13
7. Tính toán cường độ trên mặt cắt nghiêng theo trạng thái giới hạn 16
8. Biểu đồ bao vật liệu 20

Chương 4. CẤU KIỆN CHỊU NÉN, CẤU KIỆN CHỊU KÉO

A. Cấu kiện chịu nén 21

1. Cấu kiện chịu nén đúng tâm 21
2. Hệ số uốn dọc của cấu kiện chịu nén lệch tâm. 22
3. Tính cấu kiện chịu nén lệch tâm tiết diện chữ nhật cốt thép không đối xứng ($F_a \neq F'_a$) 22
4. Tính cấu kiện chịu nén lệch tâm tiết diện chữ nhật cốt thép đối xứng ($F_a = F'_a$) 24
5. Kiểm tra cường độ cấu kiện chịu nén lệch tâm tiết diện chữ nhật 25

B. Cấu kiện chịu kéo 25

6. Cấu kiện chịu kéo đúng tâm 25
7. Tính cấu kiện chịu kéo lệch tâm tiết diện chữ nhật 26

Chương 5. TÍNH TOÁN CẤU KIỆN BTCT THEO TRẠNG THÁI GIỚI HẠN THỨ HAI

A. Tính độ võng của cấu kiện chịu uốn 28

1. Khái niệm chung 28
2. Độ cứng của dầm BTCT 28
3. Độ cứng của dầm BTCT khi chịu tác dụng của tải trọng dài hạn 29
4. Xác định các trị số trong công thức độ cứng B_{ngh} 29
5. Độ võng toàn phần của dầm 31

Trung tâm đào tạo xây dựng VIETCONS
http://www.vietcons.org

B. Tính toán sự hình thành và mở rộng khe nứt 31
6. Tính toán không cho phép xuất hiện khe nứt thẳng góc 31
7. Tính bề rộng khe nứt theo công thức thực nghiệm của TCVN 4116-85 34

Phần 2: CÁC VÍ DỤ TÍNH TOÁN BẰNG SỐ

Chương 3. CẤU KIỆN CHỊU UỐN

A. Tính toán cường độ trên tiết diện vuông góc với trục cấu kiện 35
1. Tiết diện chữ nhật cốt đơn 35
2. Tiết diện chữ nhật cốt kép 37
3. Tiết diện chữ T cốt đơn 40
4. Tiết diện chữ T cốt kép 42
B. Tính toán cường độ trên tiết diện nghiêng góc với trục cấu kiện 45

Chương 4. CẤU KIỆN CHỊU NÉN, CHỊU KÉO

A. Cấu kiện chịu nén 47
1. Cấu kiện chịu kéo đúng tâm 47
2. Cấu kiện chịu kéo lệch tâm 48
B. Cấu kiện chịu kéo ?
1. Cấu kiện chịu nén đúng tâm 55
2. Cấu kiện chịu nén lệch tâm 56

Chương 5. TÍNH TOÁN CẤU KIỆN BTCT THEO TRẠNG THÁI GIỚI HẠN THỨ HAI

Phần 3: BÀI TẬP ÁP DỤNG

Chương 3. CẤU KIỆN CHỊU UỐN 71
Chương 4. CẤU KIỆN CHỊU NÉN, CHỊU KÉO 73
Chương 5. TÍNH TOÁN THEO TRẠNG THÁI GIỚI HẠN THỨ HAI 75

Phần 4: ĐỒ ÁN MÔN HỌC KẾT CẤU BÊ TÔNG CỐT THÉP

A. Tài liệu thiết kế 76
B. Tính toán kết cấu các bộ phận cầu máng 77
1. Lề người đi 77
2. Vách máng 78
3. Đáy máng 85
4. Dầm đỡ giữa 91

Trung tâm đào tạo xây dựng VIETCONS
http://www.vietcons.org

BÀI TẬP VÀ ĐỒ ÁN MÔN HỌC KẾT CẤU BÊ TÔNG CỐT THÉP

(Tái bản)

Chịu trách nhiệm xuất bản :
TRỊNH XUÂN SƠN

Biên tập :	TRỊNH KIM NGÂN
Chế bản điện tử :	LÊ THỊ HƯƠNG
Sửa bản in :	TRỊNH KIM NGÂN
	NGUYỄN THỊ BÌNH
Trình bày bìa :	NGUYỄN HỮU TÙNG

In 500 cuốn khổ 19 x 27cm tại Xưởng in Nhà xuất bản Xây dựng. Giấy chấp nhận đăng ký kế hoạch xuất bản số 21-2010/CXB/483-64/XD ngày 30-12- 2009. Quyết định xuất bản số 265/QĐ-XBXD ngày 10-9-2010. In xong nộp lưu chiểu tháng 9 -2010.

Trung tâm đào tạo xây dựng VIETCONS
http://www.vietcons.org