

TRƯỜNG ĐẠI HỌC THỦY LỢI

PGS TS. TRẦN MẠNH TUẤN
THS. VŨ THỊ THỦ THỦY
KS. NGUYỄN THỊ THỦY ĐIỂM
KS. MAI VĂN CÔNG



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**



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



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

(Tái bản)

NHÀ XUẤT BẢN XÂY DỰNG
HÀ NỘI - 2010

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 thủy lợi.

Phân công biên soạn như sau: PGS. TS. Trần Mạnh Tuấn 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 cảm 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

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 dâm:

$$m_a R_a F_a = m_b R_b bx \quad (3-1)$$

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

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

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

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

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

$$x \leq \alpha_0 h_0 \quad (3-4)$$

* *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.*

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

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

Hàm lượng cốt thép phải bảo đảm:

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

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

Mác bê tông	150 ÷ 200	250 ÷ 400	500 ÷ 600
$\mu_{min} \%$	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:

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

Công thức (3-2) có dạng:

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

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

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

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:

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

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:

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

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

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

hoặc suy ra γ thay vào (3-9) ta có:

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

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

Thông thường $\mu = (0,3 \div 0,6)\%$ với b警示教育, $\mu = (0,6 \div 1,2)\%$ với đầm 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 b警示教育 và $\alpha = 0,3 \div 0,4$ với đầm, từ đó suy ra A.

Từ (3-8) ta có:

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

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:

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

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

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

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

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

Điều kiện bảo đảm về cường độ là:

$$k_n n_c M \leq M_{gh} \quad (3-18)$$

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:

$$m_a R_a F_a = m_b R_n b x + m_a R'_a F'_a \quad (3-19)$$

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

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

$$m_a R_a F_a = m_b R_n b h_0 \alpha + m_a R'_a F'_a \quad (3-21)$$

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

2.2. Điều kiện hạn chế

$$2a' \leq x \leq \alpha_0 h_0 \text{ hoặc } 2a'/h_0 \leq \alpha \leq \alpha_0 \quad (3-23)$$

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, ...

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

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

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

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

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

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:

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

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.

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

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

- 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:

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

Từ (3-29) ta có:

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

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: $\alpha = \frac{m_a R_a F_a - m_a R'_a F'_a}{m_b R_n b h_0}$ (3-31)

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

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

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

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

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

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

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

$$k_n n_c M \leq M_{gh} \quad (3-35)$$

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:

$$m_a R_a F_a = m_b R_n b x + m_b R_n (b'_c - b) h'_c \quad (3-36)$$

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

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

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

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

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

3.2. Điều kiện hạn chế

$$x \leq \alpha_0 h_0 \quad (\alpha \leq \alpha_0; A \leq A_0) \quad (3-40)$$

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:

$$M_c = m_b R_n b'_c h'_c (h_0 - h'_c / 2) \quad (3-41)$$

- Nếu $k_n n_c M \leq M_c$ thì trục trung hoà qua cánh ($x \leq h'_c$), 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:

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

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

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

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

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 hoà:

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

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

Từ (3-38) ta có:

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

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

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

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:

$$k_n n_c M \leq M_{gh} \quad (3-45)$$

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 trực dãm:

$$m_a R_a F_a = m_b R_n bx + m_b R_n (b'_c - b) h'_c + m_a R'_a F'_a \quad (3-46)$$

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

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

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

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

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

4.2. Điều kiện hạn chế

$$2a' \leq x \leq \alpha_0 h_0 \quad (3-50)$$

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

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

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

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

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 hoà:

- 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:

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

+ Khi $\alpha \leq \alpha_0$ 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:

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

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 bê rộng sườn $b = \sum b_i$ 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 NGHĨENG GÓC TRỰC CẤU KIỆN

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

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

Ta có:

$$\tau_0 = \frac{k_n n_c Q}{bz} \quad (3-52)$$

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

6.2. Ứng suất chính

Ứng suất chính được xác định theo công thức:

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

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

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

Ở miền kéo do $\sigma_x = 0$, $\tau_{xy} = \tau_0$ = hằng số, vậy $\sigma_{1,2} = \pm \tau_0$; $\varphi = 45^\circ$ 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:

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

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

a) Điều kiện tính toán

Điều kiện tính cốt xiên, đai:

$$0,6 m_{b4} R_k < \sigma_1 = \tau_0 = \frac{k_n n_c Q}{0,9 b h_0} \leq m_{b3} R_k^c \quad (3-55)$$

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_{Ia} :

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

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

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

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

c) *Tính cốt đai:*

* Công thức cơ bản:

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

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_{ld} - phần ứng suất chính kéo do cốt đai chịu;

a_d - khoảng cách giữa các cốt đai;

b - bề rộng của đầm.

suy ra:

$$m_a R_{ad} n_d f_d = \sigma_{ld} b a_d \quad (3-56)$$

* 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:

$$\sigma_{ld} = \sigma_1 - \sigma_{la}$$

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

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

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:

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

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

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:

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

Từ (3-58) ta có:

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

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

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

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

e) *Tính cốt dai và cốt xiên:*

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

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

- 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

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

Trong đó: $k_1 = 0,6$ đối với dầm,

$k_1 = 0,8$ đối với bänder.

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

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

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

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

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

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

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

$$Q_b = \frac{2m_b R_k b h_0^2}{C} \quad (3-66)$$

7.4. Tính toán cốt đai khi không đặt cốt xiên

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

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:

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

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

thay (3-66), (3-67) vào (3-65) ta có:

$$k_n n_c Q \leq \frac{2m_b R_k b h_0^2}{C} + q_d C = Q_{DB} \quad (3-69)$$

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:

$$\frac{dQ_{DB}}{dC} = -\frac{2m_b R_k b h_0^2}{C^2} + q_d = 0 \quad (3-70)$$

Rút ra

$$C_0 = \sqrt{\frac{2m_{b4}R_k b h_0^2}{q_d}} \quad (3-71)$$

Trong đó: C_0 - hình chiếu của tiết diện nghiêng nguy hiểm nhất trên 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_{db} :

$$Q_{db} = \sqrt{8m_{b4}R_k b h_0^2 q_d} = 2,8 h_0 \sqrt{m_{b4}R_k b q_d} \quad (3-72)$$

b) Tính khoảng cách của cốt đai

Cân 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:

$$k_n n_c Q \leq Q_{db} = \sqrt{8m_{b4}R_k b h_0^2 q_d} \quad (3-73)$$

từ đó rút ra: $q_d \geq \frac{(k_n n_c Q)^2}{8m_{b4}R_k b h_0^2}$ (3-74)

Khoảng cách tính toán của cốt đai:

$$u_{tt} = m_a R_{ad} n f_d \frac{8m_{b4}R_k b h_0^2}{(k_n n_c Q)^2} \quad (3-75)$$

- 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:

$$k_n n_c Q \leq Q_b = \frac{2m_{b4}R_k b h_0^2}{u_{max}} \quad (3-76)$$

Rút ra: $u_{max} = \frac{2m_{b4}R_k b h_0^2}{k_n n_c Q}$ (3-77)

Để tăng mức độ an toàn người ta dùng:

$$u_{max} = \frac{1,5m_{b4}R_k b h_0^2}{k_n n_c Q} \quad (3-78)$$

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):

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

$$u_{ct} \leq \begin{cases} h/3 \\ 300 \text{ mm} \end{cases} \text{ khi } h > 450 \text{ mm.}$$

- Trên đoạn còn lại ở giữa dầm:

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

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_{ll} , 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:

$$u \leq \begin{cases} u_{ll} \\ u_{max} \\ u_{ct} \end{cases} \quad (3-79)$$

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_d và u), rồi tính Q_{db} . Ở những đoạn dầm mà $Q > Q_{db}$ 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:

$$u_{xi} \leq u_{max}$$

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 $k_n n_c Q = Q_{db}$ 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 luật cốt xiên đó là:

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

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:

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

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

Diện tích lớp cốt xiên thứ i là:

$$F_{x,i} = \frac{k_n n_c Q_i - Q_{db}}{m_a R_{ax} \sin \alpha} \quad (3-82)$$

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:

$$k_n n_c M \leq m_a R_a F_a Z_a + \sum m_a R_{ad} F_d Z_d + \sum m_a R_{ax} F_x Z_x \quad (3-83)$$

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 đầm có mô men nhỏ. Điểm cắt thực tế phải cách tiết diện cắt lý thuyết một đoạn W:

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

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 mè men "âm", mè men "dương" của tiết diện.

Có thể dùng công thức gần đúng:

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

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

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

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

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

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:

$$k_n n_c N \leq \varphi (m_b R_n F_b + m_a R_a F_a) \quad (4-1)$$

Trong đó:

$$N = \frac{N_{dh}}{m_{dh}} + N_{ngh}$$

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:

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

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

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: $k_n n_c N \leq \varphi F_b (m_b R_n + \frac{F_a}{F_b} m_a R_a)$ (4-3)

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

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

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.

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:

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

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

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

Nếu $l_0/h \leq 10$ 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:

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

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 ($F_a \neq F'_a$)

3.1. Trường hợp nén lệch tâm lớn

a) Công thức cơ bản

- Phương trình cân bằng hình chiếu:

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

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

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

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

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

b) Điều kiện hạn chế

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

c) Các bài toán

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

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

Thay $A = A_0$ vào (4-14a) ta có:

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

- Nếu $F'_a \geq \mu_{min}bh_0$ (μ_{min} theo bảng 4-1), thay $\alpha = \alpha_0$ vào (4-13a) ta có:

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

- Nếu $F'_a < \mu_{min} bh_0$, 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 :

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

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):

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

- 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:

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

Từ (4-21) cũng tính được:

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

- 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:

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

a) Các công thức cơ bản

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

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

Phương trình hình chiếu ta có:

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

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:

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

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

Có thể tính gần đúng x theo công thức.

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

b) Điều kiện hàn ché

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

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 cầu kiện như nén lệch tâm nhỏ.

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

$$F'_a = \frac{k_n n_c N e - m_b R_n b x (h_0 - x/2)}{m_a R'_a (h_0 - a')} \quad (4-28)$$

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

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

4. Tính cầu 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:

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

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

$$F_a = F'_a = \frac{k_n n_c N e - m_b R_n b x (h_0 - x/2)}{m_a R'_a (h_0 - a')} \quad (4-31)$$

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

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

- 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:

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

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:

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

- Nếu $2a' \leq x \leq \alpha h_0$ 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:

$$k_n n_c N \leq m_a R_a F_a \quad (4-44)$$

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.

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:

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

$$k_n n_c Ne \leq m_b R_n b h_0^2 A + m_a R'_a F'_a (h_0 - a') \quad (4-46a)$$

b) Điều kiện hạn chế:

$$2a' \leq x \leq \alpha_0 h_0 \quad (4-48)$$

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

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:

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

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

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

- 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:

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

Từ A xác định được α .

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

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

- 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:

$$k_n n_c N e' \leq m_a R_a F_a (h_0 - a') \quad (4-54)$$

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

* *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:

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

- Nếu $2a' \leq x \leq \alpha_0 h_0$ 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 $e_0 \leq (h/2 - a)$

a) Công thức cơ bản:

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

$$k_n n_c N e \leq m_a R'_a F'_a (h_0 - a') \quad (4-60)$$

$$k_n n_c N e' \leq m_a R_a F_a (h_0 - a') \quad (4-61)$$

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:

$$\frac{F_a}{bh_0} > \mu_{\min} \text{ và } \frac{F'_a}{bh_0} \geq \mu_{\min}$$

* *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).

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

A. TÍNH ĐỘ VÔNG CỦA CẤU KIỆN CHỊU UỐN

1. Khái niệm chung

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

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

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

Đối với đầm liên tục, có thể tính được chuyển vị, góc xoay nhờ việc nhân biểu đồ đơn vị M_k và biểu đồ nội lực M^c của đầm.

2. Độ cứng của đầm 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:

$$B_{ngh} = 0,8 E_b J_{qd} \quad (5-2)$$

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

J_{qd} - 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 đầm 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:

$$B_{ngh} = \frac{E_a F_a Z_1 (h_0 - \bar{x})}{\psi_a} \quad (5-10)$$

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;

\bar{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 phu lục 16

hoặc có thể xác định theo các công thức thực nghiệm.

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

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

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

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 miến bê tông chịu nén và chiều cao x của miến bê tông chịu nén tại tiết diện có khe nứt có quan hệ như sau:

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

Việc xác định chính xác chiều cao vùng nén x theo các công thức từ phương trình hình chiếu các lực lên phương trục đầm 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:

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

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

$$\gamma' = \frac{(b'_c - b)h'_c + \frac{n}{v}F'_a}{bh_0}; \mu = \frac{F_a}{bh_0}; n = \frac{E_a}{E_b};$$

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

$v = 0,5$ đối với tải trọng tác dụng ngắn hạn,

$v = 0,15$ 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 $\xi \leq h'_c/h_0$ thì tính như tiết diện chữ nhật bê 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 .

- 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_{qd} 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_{qd} của vùng chịu nén.

$$Z_1 = \frac{S_{qd}}{F_{qd}} = \frac{\frac{n}{v} F'_a (h_0 - a')}{F_b + \frac{n}{v} F'_a} \quad (5-14)$$

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

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

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:

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

- 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:

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

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

$$\psi_a = 1,25 - S \cdot \frac{R_k^c W_n}{M^c} \leq 1 \quad (5-18)$$

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.

5. Độ vông toàn phần của đầm

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

$$f = f_1 - f_2 + f_3 \quad (5-19)$$

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

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

f_3 - độ vông 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

Câu kiện chịu kéo đúng tâm:

a) Công thức cơ bản:

Từ phương trình chiếu ta có:

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

Trong đó:

F_a - tổng diện tích cốt thép,

F_b - diện tích phần bê tông chịu kéo: $F_b = F$ khi $F_a/F \leq 3\%$; $F_b = F - F_a$ 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:

$$N_n = R_k^c F_b + 2n R_k^c F_a \quad (5-21)$$

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

$$N_n = R_k^c F_b + 300F_a \quad (5-22)$$

b) Điều kiện để cầu kiện không bị nứt:

$$n_c N^c \leq N_n = R_k^c F_b + 300F_a \quad (5-23)$$

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

- 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:

$$F_{qd} = F_b + nF_a + nF'_a \quad (5-24)$$

b) *Công thức xác định M_n :*

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

$$\frac{M_n}{W_{qd}} = \gamma_1 R_k^c \text{ hay } M_n = \gamma_1 R_k^c W_{qd} \quad (5-25)$$

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

$$n_c M^c \leq M_n = \gamma_1 R_k^c W_{qd} \quad (5-26)$$

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

$$W_{qd} = \frac{J_{qd}}{h - x_n} \quad (5-27)$$

J_{qd} - 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):

$$x_n = \frac{S_{qd}}{F_{qd}} \quad (5-28)$$

S_{qd} - 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:

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

$$J_{qd} = \frac{b'_c x_n^3}{3} - \frac{(b'_c - b)(x_n - h'_c)^3}{3} + \frac{b_c(h - x_n)^3}{3} - \frac{(b_c - b)(h - x_n - h_c)^3}{3} + \\ + nF'_a(x_n - a')^2 + nF_a(h_0 - x_n)^2 \quad (5-30)$$

- Nếu tiết diện là chữ T thì x_n và J_{qd} 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:

$$\frac{N_n e_0}{W_{qd}} - \frac{N_n}{F_{qd}} = \gamma_l R_k^c \quad (5-31)$$

hay $N_n = \frac{\gamma_l R_k^c}{\frac{e_0}{W_{qd}} - \frac{1}{F_{qd}}} \quad (5-32)$

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

$$n_c N^c \leq N_n = \frac{\gamma_l R_k^c}{\frac{e_0}{W_{qd}} - \frac{1}{F_{qd}}} \quad (5-33)$$

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:

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

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:

$$\frac{N_n e_0}{W_{qd}} + \frac{\gamma_l N_n}{F_{qd}} = \gamma_l R_k^c \quad (5-35)$$

hay $N_n = \frac{\gamma_l R_k^c}{\frac{e_0}{W_{qd}} + \frac{\gamma_l}{F_{qd}}} \quad (5-36)$

Trị số $\frac{N_n \gamma_l}{F_{qd}}$ 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, $\frac{N_n e_0}{W_{qd}}$ là ứng suất kéo do mô men uốn $N_n e_0$ gây ra đã kể đến biến dạng dẻo trong sơ đồ tính.

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

$$n_c N^c \leq N_n = \frac{\gamma \cdot R_k^c}{\frac{e_0}{W_{qd}} + \frac{\gamma_1}{F_{qd}}} \quad (5-37)$$

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 cầu kiện được tính theo công thức thực nghiệm sau:

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

Trong đó:

a_n - bề rộng khe nứt (mm),

k - hệ số, lấy bằng 1 đối với cầu kiện chịu uốn; 1,2 đối với cầu 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 tròn; 1,2 đối với thép sợi có gờ và dây bện; 1,4 đối với thép sợi tròn.

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, $\sigma_0 = 200 \text{ daN/cm}^2$. 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).

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 đầm đơn: theo bề rộng b của đầm $b < 60$ thì $m_b = 1$; $b \geq 60$ thì $m_b = 1,15$;
- Đối với sàn (bản): theo bề dày h của sàn $h < 60$ thì $m_b = 1$; $h \geq 60$ thì $m_b = 1,15$;
- Đối với đầm sàn (chữ T): theo bề rộng của sườn $b < 60$ thì $m_b = 1$; $b \geq 60$ 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 $bh = 30 \times 60\text{cm}$, 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 $M_u = 60 \text{ kNm}$, tầng bảo vệ $a = a' = 4 \text{ cm}$.

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

Giải:

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

$$k_n = 1,15; \quad n_c = 1; \quad m_a = 1,1; \quad m_b = 1,0; \quad \alpha_0 = 0,6; \\ A_0 = 0,42; \quad R_a = 2700 \text{ daN/cm}^2; \quad R_n = 90 \text{ daN/cm}^2; \quad h_o = h - a = 60 - 4 = 56\text{cm}$$

$$A = \frac{k_n n_c M}{m_b R_n b h_o^2} = \frac{1,15 \cdot 1 \cdot 6 \cdot 10^5}{1,0 \cdot 90 \cdot 30 \cdot 56^2} = 0,081$$

$$A < A_0 \rightarrow \alpha = 0,085 \rightarrow \text{cốt đơn}$$

$$F_a = \frac{m_b R_n b h_o \alpha}{m_a R_a} = \frac{1,0 \cdot 90 \cdot 30 \cdot 56 \cdot 0,085}{1,1 \cdot 2700} = 4,33\text{cm}^2$$

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

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 $M_u = 160\text{kNm}$.

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

Giải:

$$k_n = 1,15; \quad n_c = 1 \quad m_a = 1,1; \quad \text{Giả thiết } m_b = 1,0; \\ R_a = 2700 \text{ daN/cm}^2; \quad R_n = 90 \text{ daN/cm}^2; \quad \text{Chọn } a = 3\text{cm.}$$

Chọn kích thước:

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

$$h_0 = \frac{1}{\sqrt{A}} \sqrt{\frac{k_n n_c M}{m_b R_n b}} = \frac{1}{\sqrt{0,289}} \sqrt{\frac{1,15 \cdot 160 \cdot 10^4}{1,90 \cdot 30}} = 48,56\text{cm}$$

$$h = h_0 + a = 48,56 + 3 = 51,56\text{cm}$$

Chọn chấn $h = 50\text{cm}$.

Tính cốt thép dọc:

Với bài toán biết $bh = 30 \times 50\text{cm}$, tính cốt thép theo bài toán 1:

$$h_0 = 50 - 3 = 47\text{cm}$$

$$A = \frac{k_n n_c M}{m_b R_n b h_0^2} = \frac{1,15 \cdot 1,160 \cdot 10^4}{1,90 \cdot 30 \cdot 47^2} = 0,308$$

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

$$F_a = \frac{m_b R_n b h_0 \alpha}{m_a R_a} = \frac{1,90 \cdot 30 \cdot 47 \cdot 0,38}{1,1 \cdot 2700} = 16,24\text{cm}^2$$

$$\text{Kiểm tra } F_a \geq \mu_{\min} b h_0 = 0,001 \cdot 30 \cdot 47 = 1,4\text{cm}^2$$

Kết luận: Chọn và bố trí cốt thép: 2Ø28 + 1Ø25 ($12,32 + 4,91 = 17,23\text{cm}^2$, tăng 6%).

3) Cho đầm BTCT thuộc công trình cấp III, chiều cao $h = 40\text{cm}$, $b = 20\text{cm}$, dùng bê tông M150, cốt thép nhóm CI. Người ta đã bố trí 2Ø16 ở miền kéo. Kiểm tra khả năng chịu lực của bản khi in ô men uốn do tải trọng tính toán thuộc tổ hợp cơ bản gây ra là 30 kNm, với $a = 3\text{cm}$.

Giải:

Từ điều kiện đầu bài tra phụ lục ta được:

$$k_n = 1,15; \quad n_c = 1; \quad m_a = 1,1; \quad m_b = 1,0; \quad \alpha_o = 0,7; \quad A_o = 0,455; \\ R_a = 2100 \text{ daN/cm}^2; \quad R_n = 70 \text{ daN/cm}^2; \quad h_o = h - a = 40 - 3 = 37\text{cm.}$$

$$\alpha = \frac{m_a R_a F_a}{m_b R_n b h_0} = \frac{1,1 \cdot 2100 \cdot 4,02}{1,0 \cdot 70 \cdot 20 \cdot 37} = 0,179$$

$$\alpha < \alpha_o \quad A = \alpha(1-\alpha/2) = 0,163 \rightarrow M_{gh} = m_b R_n b h_0^2 A = 1,0 \cdot 70 \cdot 20 \cdot 37^2 \cdot 0,163 = 312405 \\ (\text{daNm}) \approx 31,2 \text{kNm}$$

$$k_n n_c M = 1,15 \cdot 1 \cdot 30 = 34,5 \text{kNm} > M_{gh}.$$

Như vậy đầm 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 $b \times h = 25 \times 50 \text{cm}$, 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 $M_{tt} = 170 \text{kNm}$, tầng bảo vệ $a = a' = 4 \text{ cm}$.

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

Giải

Từ điều kiện đầu bài tra phụ lục ta được:

$$k_n = 1,2; \quad n_c = 0,9; \quad m_a = 1,1; \quad m_l = 1; \quad \alpha_o = 0,65; \quad A_o = 0,439; \\ R_a = 2700 \text{ daN/cm}^2; \quad R_n = 70 \text{ daN/cm}^2; \quad h_0 = h - a = 50 - 4 = 46 \text{cm}.$$

$$A = \frac{k_n n_c M}{m_b R_n b h_0^2} = \frac{1,2 \cdot 0,9 \cdot 170 \cdot 10^4}{1,70 \cdot 25 \cdot 46^2} = 0,496$$

$$0,5 > A > A_o \rightarrow \text{cốt kép}$$

$$F'_a = \frac{k_n n_c M - m_b R_n b h_0^2 A_o}{m_a R'_a (h_0 - a')} = \frac{1,2 \cdot 0,9 \cdot 170 \cdot 10^4 - 1,70 \cdot 25 \cdot 46^2 \cdot 0,439}{1,1 \cdot 2700 \cdot (46 - 4)} = 1,69 \text{cm}^2$$

$$F'_a \geq \mu_{\min} b h_0 = 0,001 \cdot 25 \cdot 46 = 1,15 \text{cm}^2$$

$$F_a = \frac{m_b R_n b h_0 \alpha_o + m_a R'_a F'_a}{m_a R_a} = \frac{1,70 \cdot 25 \cdot 46 \cdot 0,65}{1,1 \cdot 2700} + 1,69 = 19,3 \text{cm}^2$$

Chọn và bố trí cốt thép: $F'_a =$ cấu tạo $2\phi 10$ và $F_a = 3 \phi 25$

2) Dầm BTCT thuộc công trình cấp III, tiết diện chữ nhật $b \times h = 30 \times 50 \text{cm}$, 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 $M_{tt} = 180 \text{kNm}$, tầng bảo vệ $a = a' = 4 \text{ cm}$. Miền nén đã đặt thép cấu tạo $2\phi 10 (1,57 \text{cm}^2)$.

Yêu cầu: Tính cốt dọc F_a .

Giải:

Từ điều kiện đầu bài tra phụ lục ta được:

$$k_n = 1,15; \quad n_c = 1; \quad m_a = 1,1; \quad m_b = 1; \quad \alpha_o = 0,7; \quad A_o = 0,455; \\ R_a = 2100 \text{ daN/cm}^2; \quad R_n = 70 \text{ daN/cm}^2; \quad h_0 = h - a = 50 - 4 = 46 \text{cm}.$$

$$A = \frac{k_n n_c M - m_a R'_a F'_a (h_0 - a')}{m_b R_n b h_0^2} = \frac{1,15 \cdot 1,180 \cdot 10^4 - 1,12100 \cdot 1,57 \cdot (46 - 4)}{1,70 \cdot 30 \cdot 46^2} = 0,432 \rightarrow \alpha = 0,63$$

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

$$F_a = \frac{m_b R_n b h_0 \alpha + m_a R'_a F'_a}{m_a R_a} = \frac{1,70 \cdot 30 \cdot 46 \cdot 0,63}{1,12100} + 1,57 = 26,34 \text{cm}^2$$

$$F_a > \mu_{\min} b h_0 = 0,001 \cdot 30 \cdot 46 = 1,38 \text{cm}^2$$

Chọn và bố trí cốt thép: $F_a = 2\phi 10$ và $F_a = 2\phi 30 + 2\phi 28$ ($26,45 \text{cm}^2$)

3) Dầm BTCT thuộc công trình cấp III, tiết diện chữ nhật $b \times h = 30 \times 50 \text{cm}$, 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 $M_u = 215 \text{kNm}$, tầng bảo vệ $a = a' = 4 \text{cm}$.

Yêu cầu: tính cốt dọc.

Giải:

Từ điều kiện đầu bài tra phụ lục ta được:

$$\begin{aligned} k_n &= 1,15; & n_c &= 1; & m_a &= 1,1; & m_b &= 1; & \alpha_0 &= 0,6; & A_0 &= 0,42 \\ R_a &= 2700 \text{ daN/cm}^2; & R_n &= 90 \text{ daN/cm}^2; & h_0 &= h - a = 50 - 4 = 46 \text{cm}. \end{aligned}$$

$$A = \frac{k_n n_c M}{m_b R_n b h_0^2} = \frac{1,15 \cdot 1,1215 \cdot 10^4}{1,90 \cdot 30 \cdot 46^2} = 0,4328$$

$$0,5 > A > A_0 \rightarrow \text{cốt kép}$$

$$F'_a = \frac{k_n n_c M - m_b R_n b h_0^2 A_0}{m_a R'_a (h_0 - a')} = \frac{1,15 \cdot 1,1215 \cdot 10^4 - 1,90 \cdot 30 \cdot 46^2 \cdot 0,42}{1,1 \cdot 2700 \cdot (46 - 4)} = 0,585 \text{cm}^2$$

$$F'_a < \mu_{\min} b h_0 = 0,001 \cdot 30 \cdot 46 = 1,38 \text{cm}^2$$

Cốt thép cấu tạo $2\phi 10$ ($1,57 \text{cm}^2$)

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

$$\rightarrow A = \frac{k_n n_c M - m_a R'_a F'_a (h_0 - a')}{m_b R_n b h_0^2} = \frac{1,15 \cdot 1,1215 \cdot 10^5 - 1,1 \cdot 2700 \cdot 1,57 \cdot (46 - 4)}{1,90 \cdot 30 \cdot 46^2} = 0,398$$

$$\rightarrow \alpha = 0,55$$

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

$$\rightarrow F_a = \frac{m_b R_n b h_0 \alpha + m_a R'_a F'_a}{m_a R_a} = \frac{1,90 \cdot 30 \cdot 0,55 \cdot 46}{1,1 \cdot 2700} + 1,57 = 24,55 \text{cm}^2$$

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

Chọn và bố trí cốt thép: $F'_a = 2\phi 10$ và $F_a = 4\phi 28$.

4) Cho 1 bản thuộc công trình cấp II, chiều cao $h = 80\text{cm}$, lấp $b = 100\text{cm}$ để tính toán, dùng bê tông M150, cốt thép nhóm CI. Người ta đã bố trí $4\phi 14$ ở miền nén và 2 lớp mỗi lớp $10\phi 25$ ở miền kéo. Kiểm tra khả năng chịu lực của bản khi mõ men uốn do tải trọng tính toán thuộc tổ hợp cơ bản gây ra là 1000kNm , với $a = 7\text{cm}$, $a' = 4\text{cm}$.

Giải:

Từ điều kiện đầu bài tra phụ lục ta được:

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

$$R_a = 2100 \text{ daN/cm}^2; \quad R_n = 70 \text{ daN/cm}^2; \quad h_0 = h - a = 80 - 7 = 73\text{cm}.$$

$$\alpha = \frac{m_a R_a F_a - m_a R'_a F'_a}{m_b R_n b h_0} = \frac{1,15 \cdot 2100 \cdot (98,2 - 6,16)}{1,15 \cdot 70 \cdot 100 \cdot 73} = 0,378$$

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

$$\begin{aligned} \rightarrow M_{gh} &= m_b R_n b h_0^2 A + m_a R'_a F'_a (h_0 - a') \\ &= 1,15 \cdot 70 \cdot 100 \cdot 73^2 \cdot 0,306 + 1,15 \cdot 2100 \cdot 6,16 \cdot 6,69 = 141,77 \cdot 10^5 \end{aligned}$$

$$k_n n_c M = 1,2 \cdot 1 \cdot 1000 \cdot 10^4 = 1200 \cdot 10^4 < M_{gh}$$

Kết luận: Bản đủ khả năng chịu lực.

5) Dầm BTCT có tiết diện chữ nhật với kích thước: $h = 50\text{ cm}$, $b = 25\text{ cm}$, thuộc công trình cấp III, tổ hợp lực cơ bản. Mõ men do tải trọng tính toán tác dụng tại mặt cắt $M_u = 85\text{kNm}$. Vùng nén đã đặt $2\phi 12$ ($2,26\text{ cm}^2$), tầng bảo vệ $a = a' = 4\text{ cm}$, 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 $4\phi 16$ ($8,04\text{ cm}^2$)

b) Vùng kéo đặt $4\phi 14$ ($6,16\text{ cm}^2$)

Giải:

Từ điều kiện đầu bài tra phụ lục ta được:

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

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

a) $F_a = 8,04\text{cm}^2$:

$$\alpha = \frac{m_a R_a F_a - m_a R'_a F'_a}{m_b R_n b h_0} = \frac{1,1 \cdot 2700 \cdot (8,04 - 2,26)}{1 \cdot 70 \cdot 25 \cdot 46} = 0,213$$

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

$$\begin{aligned} \rightarrow M_{gh} &= m_b R_n b h_0^2 A + m_a R'_a F'_a (h_0 - a') \\ &= 1.70.25.46^2.0,1905 + 1,1.2700.2,26.42 = 987378,24 \text{ daNcm} \end{aligned}$$

$$k_n n_c M = 1,15 \cdot 1,85 \cdot 10^4 = 97,75 \cdot 10^4 \text{ kgcm} < M_{gh}$$

Kết luận: Dầm đủ khả năng chịu lực.

b) $F_a = 6,16 \text{ cm}^2$

$$\alpha = \frac{m_a R_a F_a - m_a R'_a F'_a}{m_b R_n b h_0} = \frac{1,1.2700.(6,16 - 2,26)}{1.70.25.46} = 0,1438$$

$$\alpha < 2a'/h_0 = 8/46 = 0,174 \rightarrow \text{lấy } x = 2a'$$

$$\begin{aligned} M_{gh} &= m_a R_a F_a (h_0 - a') \\ &= 1,1.2700.6,16.42 = 768398,4 \text{ daNcm} \end{aligned}$$

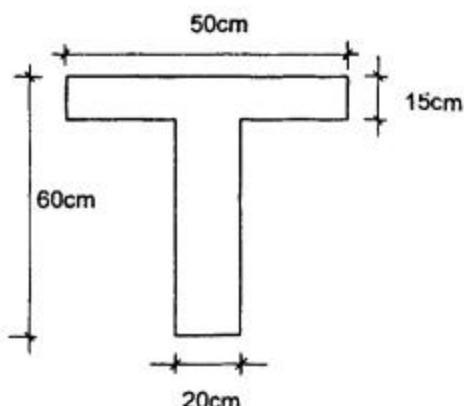
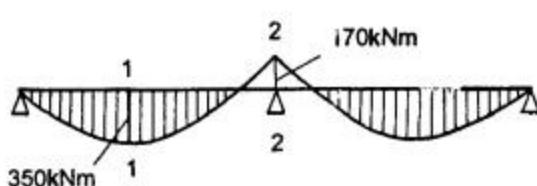
$$k_n n_c M = 1,15 \cdot 1,85 \cdot 10^4 = 97,75 \cdot 10^4 \text{ daNcm} > M_{gh}$$

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, $a = a' = 4 \text{ cm}$.

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:

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

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

a) Tại mặt cắt 1-1, chữ T cánh nén:

Kiểm tra vị trí trục trung hoà:

$$\begin{aligned}M^c &= m_b R_n b'_c h'_c (h_o - h'_c / 2) \\&= 1,090 \cdot 50 \cdot 15 \cdot (56 - 15/2) = 327,37 \cdot 10^4 \text{ daNm}\end{aligned}$$

$K_n n_c M = 1,15 \cdot 1,35 \cdot 10^4 = 402,5 \cdot 10^4 \text{ daNm} > M^c \rightarrow$ trục trung hoà qua sườn, tính như chữ T.

$$\begin{aligned}A &= \frac{k_n n_c M - m_b R_n (b'_c - b) h'_c (h_o - h'_c / 2)}{m_b R_n b h_o^2} \\&= \frac{1,15 \cdot 1,35 \cdot 10^4 - 1,090 \cdot (50 - 20) \cdot 15 \cdot (56 - 15/2)}{1,090 \cdot 20 \cdot 56^2} = 0,365\end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned}F_a &= \frac{m_b R_n b h_o \alpha + m_b R_n (b'_c - b) h'_c}{m_a R_a} \\&= \frac{1,090 \cdot 20 \cdot 56 \cdot 0,325 + 1,090 \cdot (50 - 20) \cdot 15}{1,12700} = 29,93 \text{ cm}^2\end{aligned}$$

Kiểm tra $F_a \geq \mu_{min} b h_o = 0,001 \cdot 20 \cdot 56 = 1,12 \text{ cm}^2$

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

$$A = \frac{k_n n_c M}{m_b R_n b h_o^2} = \frac{1,15 \cdot 1,170 \cdot 10^4}{1,090 \cdot 20 \cdot 56^2} = 0,346$$

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

$$F_a = \frac{m_b R_n b h_o \alpha}{m_a R_a} = \frac{1,090 \cdot 20 \cdot 56 \cdot 0,446}{1,12700} = 15,14 \text{ cm}^2$$

Chọn và bố trí cốt thép: $F_a = 4\phi 22$.

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

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

Giai:

Từ điều kiện đầu bài tra phụ lục ta được:

$$k_n = 1,2; \quad n_c = 1; \quad m_a = 1,1; \quad m_b = 1; \quad \alpha_0 = 0,6; \quad A_0 = 0,42; \\ R_a = 2700 \text{ daN/cm}^2; \quad R_n = 90 \text{ daN/cm}^2; \quad h_0 = h - a = 60 - 4 = 56 \text{ cm}.$$

Kiểm tra vị trí trục trung hoà:

$$m_a R_a F_a = 1,1 \cdot 2700 \cdot 14,73 > m_b R_n b'_c h'_c = 1,90 \cdot 40 \cdot 10 = 36000 \\ 43748,1 > 36000 (\text{daN})$$

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

$$\alpha = \frac{m_a R_a F_a - m_b R_n (b'_c - b) h'_c}{m_b R_n b h_0} = \frac{1,1 \cdot 2700 \cdot 14,73 - 1,90 \cdot (40 - 20) \cdot 10}{1,90 \cdot 20 \cdot 56} = 0,255$$

$$\rightarrow A = 0,222$$

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

$$M_{gh} = m_b R_n b h_0^2 A + m_b R_n (b'_c - b) h'_c (h_0 - h'_c / 2) \\ = 1,90 \cdot 20 \cdot 56^2 \cdot 0,222 + 1,90 \cdot (40 - 20) \cdot 10 \cdot (56 - 10 / 2) \\ = 2171145,6 \text{ daNm} = 217 \text{ kNm}$$

$$k_n n_c M = 1,2 \cdot 1,150 < M_{gh}$$

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 $b = 15 \text{ cm}$, $h = 50 \text{ cm}$, $b'_c = 30 \text{ cm}$, $h'_c = 10 \text{ cm}$, thuộc công trình cấp III dùng móng bê tông M200, cốt thép nhóm CII, $a = a' = 4 \text{ cm}$. Mô men uốn tính toán do tổ hợp lực cơ bản gây ra tại mặt cắt $M = 170 \text{ kNm}$.

Yêu cầu: Tính cốt thép dọc.

Giải

Từ điều kiện đầu bài tra phụ lục ta được:

$$k_n = 1,15; \quad n_c = 1; \quad m_a = 1,1; \quad m_b = 1,0; \quad \alpha_0 = 0,6; \quad A_0 = 0,42; \\ R_a = 2700 \text{ daN/cm}^2; \quad R_n = 90 \text{ daN/cm}^2; \quad h_0 = h - a = 50 - 4 = 46 \text{ cm}.$$

Kiểm tra vị trí trục trung hoà:

$$M^c = m_b R_n b'_c h'_c (h_0 - h'_c / 2) \\ = 1,90 \cdot 30 \cdot 10 \cdot (46 - 10 / 2) = 110,7 \cdot 10^4 \text{ daNm}$$

$K_n n_c M = 1,15 \cdot 1,170 \cdot 10^4 = 195,5 \cdot 10^4 \text{ daNm} > M^c \rightarrow$ trục trung hoà qua sườn, tìm như chữ T.

$$A = \frac{k_n n_c M - m_b R_n (b'_c - b) h'_c (h_0 - h'_c / 2)}{m_b R_n b h_0^2} \\ = \frac{1,15 \cdot 1,170 \cdot 10^4 - 1,90 \cdot (30 - 15) \cdot 10 \cdot (46 - 10 / 2)}{1,90 \cdot 15 \cdot 46^2} = 0,49$$

$A > A_0 \rightarrow$ tính cốt kép:

$$F'_a = \frac{k_n n_c M - m_b R_n b h_o^2 A_0 - m_b R_n (b_c' - b) h_c' (h_o - h_c'/2)}{m_a R_a (h_o - a')} \\ = \frac{1,15 \cdot 1,170 \cdot 10^4 - 1,090 \cdot 15 \cdot 46^2 \cdot 0,42 - 1,090 \cdot (30 - 15) \cdot 10 \cdot (46 - 10/2)}{1,12700 \cdot (46 - 4)} = 1,62 \text{cm}^2$$

Kiểm tra $F'_a \geq \mu_{\min} b h_o = 0,001 \cdot 15 \cdot 46 = 0,69 \text{cm}^2$

$$F_a = \frac{m_b R_n b h_o \alpha_o + m_b R_n (b_c' - b) h_c' + m_a R_a F_a}{m_a R_a} \\ = \frac{1,090 \cdot 15 \cdot 46 \cdot 0,6 + 1,090 \cdot (30 - 15) \cdot 10 + 1,12700 \cdot 1,62}{1,12700} = 18,71 \text{cm}^2$$

Kiểm tra $F_a \geq \mu_{\min} b h_o = 0,001 \cdot 15 \cdot 46 = 0,69 \text{cm}^2$

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: $h = 50 \text{ cm}$, $b = 25 \text{ cm}$, $b_c' = 30 \text{ cm}$, $h_c' = 15 \text{ cm}$, thuộc công trình cấp II, tổ hợp lực cơ bản dùng bê tông mác 200, cốt thép nhóm CII. Vùng nén đã đặt $2\phi 12$ ($2,26 \text{ cm}^2$), tầng bảo vệ $a = a' = 4 \text{ cm}$. 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) $M_{tt} = 150 \text{ kNm}$;

b) $M_{tt} = 17 \text{ kNm}$;

Giải

Từ điều kiện đầu bài tra phụ lục ta được:

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

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

Kiểm tra vị trí trục trung hoà:

$$M^c = m_b R_n b_c' h_c' (h_o - h_c'/2) + m_a R_a F_a' (h_o - a') \\ = 1,090 \cdot 30 \cdot 15 \cdot (46 - 15/2) + 1,12700 \cdot 2,26 \cdot (46 - 4) \\ = 1841,62 \text{ daNm}$$

a) $M_{tt} = 150 \text{ kNm}$:

$K_n n_c M = 1,2 \cdot 1 \cdot 150 \cdot 10^4 = 180 \cdot 10^4 \text{ daNm} < M^c \rightarrow$ trục trung hoà qua cánh, tính như chữ nhật $b_c' h$.

$$A = \frac{k_n n_c M - m_a R'_a F'_a (h_0 - a')}{m_b R_n b'_c h_0^2} = \frac{1,2 \cdot 1,15 \cdot 10^4 - 1,1 \cdot 2700 \cdot 2,26 \cdot (46 - 4)}{1,90 \cdot 30 \cdot 46^2} = 0,26$$

$$\rightarrow \alpha = 0,315$$

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

$$\rightarrow F_a = \frac{m_b R_n b'_c h_0 \alpha + m_a R'_a F'_a}{m_a R_a} = \frac{1,90 \cdot 30 \cdot 46 \cdot 0,315}{1,1 \cdot 2700} + 2,26 = 15,45 \text{ cm}^2$$

$$\text{Kiểm tra } F_a \geq \mu_{\min} b h_0 = 0,001 \cdot 25 \cdot 46 = 1,15 \text{ cm}^2$$

$$\text{Chọn và bố trí cốt thép: } F'_a = 2\phi 12 \text{ và } F_a = 4\phi 22$$

$$\text{b) } M_u = 170 \text{ kNm:}$$

$$K_n n_c M = 1,2 \cdot 1,170 \cdot 10^4 = 204 \cdot 10^4 \text{ daNcm} < M^c \rightarrow \text{trục trung hoà qua sườn, tính như chữ T}$$

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

$$= \frac{1,2 \cdot 1,170 \cdot 10^4 - 1,090 \cdot (30 - 25) \cdot 15 \cdot (46 - 15/2) - 1,1 \cdot 2700 \cdot 2,26 \cdot (46 - 4)}{1,90 \cdot 25 \cdot 46^2} = 0,315$$

$$\rightarrow \alpha = 0,392$$

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

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

$$= \frac{1,90 \cdot 25 \cdot 46 \cdot 0,392 + 1,90 \cdot (30 - 25) \cdot 15}{1,1 \cdot 2700} + 2,26 = 18,19 \text{ cm}^2$$

$$\text{Kiểm tra } F_a \geq \mu_{\min} b h_0 = 0,001 \cdot 25 \cdot 46 = 1,15 \text{ cm}^2$$

$$\text{Chọn và bố trí cốt thép: } F'_a = 2\phi 12 \text{ và } F_a = 3\phi 28$$

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

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

Giai:

Từ điều kiện đầu bài tra phụ lục ta được:

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

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

Kiểm tra vị trí trục trung hoà:

$$m_a R_a F_a = 1,1.2700.14,73 > m_b R_n b_c h_c + m_a R_a F_a = 1,90.40.10 + 1,1.2700.2,26 \\ 43748,1 > 42712,2 \text{ daN}$$

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

$$\alpha = \frac{m_a R_a F_a - m_b R_n (b_c - b) h_c - m_a R_a F_a}{m_b R_n b h_0} \\ = \frac{1,1.2700.14,73 - 1,090.(40 - 20).10 - 1,1.2700.2,26}{1,90.20.56} = 0,189$$

$$\rightarrow A = 0,171$$

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

$$M_{gh} = m_b R_n b h_0^2 A + m_b R_n (b_c - b) h_c (h_0 - h_c/2) + m_a R_a F_a (h_0 - a') \\ = 1,090.20.56^2.0,171 + 1,090.(40 - 20).10.(56 - 10/2) + 1,1.2700.2,26.(56 - 4) \\ = 1883260,8 \text{ daNm} = 188,3 \text{ kNm}$$

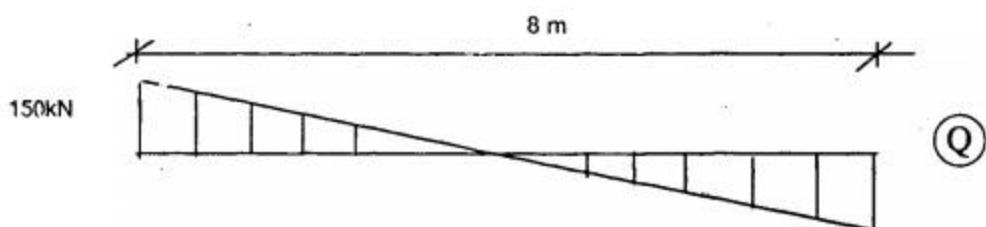
$$k_n n_c M = 1,2.1.160 = 192 \text{ kNm} > M_{gh}$$

Kết luận: Dầm không đủ khả năng chịu lực.

B. TÍNH TOÁN CƯỜNG ĐỘ TRÊN TIẾT DIỆN NGHĨÊNG 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: $b \times h = 30 \times 70 \text{ cm}$. Dùng bê tông mác 150, đã đặt cốt dọc Al, $a = 7 \text{ cm}$. Tính cốt dai, cốt xiên (cũng nhóm thép Al) theo phương pháp trạng thái giới hạn.

Giai:



Từ điều kiện đầu bài tra phụ lục ta được:

$$k_n = 1,15; \quad n_c = 1; \quad m_{b3} = 1,0; \quad m_{b4} = 0,9; \quad R_{ad} = R_{ax} = 1700 \text{ daN/cm}^2; \\ R_k = 6,3 \text{ daN/cm}^2; \quad R_n = 70 \text{ daN/cm}^2; \quad h_0 = h - a = 70 - 7 = 63 \text{ cm}.$$

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

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

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

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

Tính cốt dai:

$$u_{\max} = \frac{1,5 \cdot m_{b4} R_k b h_0^2}{k_n n_c Q} = \frac{1,5 \cdot 0,9 \cdot 6 \cdot 3 \cdot 30 \cdot 63^2}{1,15 \cdot 1 \cdot 15 \cdot 10^3} = 58,7 \text{ cm}$$

Chọn $n = 2$, $f_d = 0,503$ ($\phi 8$).

$$u_{\text{tt}} = m_a R_{ad} F_d \frac{8 \cdot m_{b4} R_k b h_0^2}{(k_n n_c Q)^2} = 1,1 \cdot 1700 \cdot 2 \cdot 0,503 \cdot \frac{8 \cdot 0,9 \cdot 6 \cdot 3 \cdot 30 \cdot 63^2}{(1,15 \cdot 1 \cdot 150 \cdot 10^2)^2} = 34,14 \text{ cm}$$

$$u_{ci} = h/3 = 70/3 = 23,3 \text{ cm}$$

$u_{\min} = 23,3 \text{ cm}$. Chọn $u = 20 \text{ cm}$, $n = 2$, $f_d = 0,503$ ($\phi 8$)

$$q_d = \frac{m_a R_{ad} F_d}{u} = \frac{1,1 \cdot 1700 \cdot 2 \cdot 0,503}{20} = 94,06 \text{ daN/cm}$$

$$Q_{db} = 2,8 h_0 \sqrt{m_{b4} R_k b q_d} = 2,8 \cdot 63 \sqrt{0,9 \cdot 6 \cdot 3 \cdot 30 \cdot 94,06} = 22312,75 \text{ daN}$$

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

2) Cho một đầm đơn BTCT chịu tải trọng phân bố đều q , chiều dài đầm $l = 4 \text{ m}$, thuộc công trình cấp II tiết diện chữ nhật: $b \times h = 25 \times 50 \text{ cm}$. Dùng bê tông M250, đã đặt cốt dọc AI, $a = 4 \text{ cm}$. Cốt dai $\phi 8$, bước đai $u = 20 \text{ cm}$, $m_{ad} = 1,1$, $m_{b4} = 0,9$, số nhánh đai $n = 2$

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

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

Giai:

Từ điều kiện đầu bài tra phụ lục ta được:

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

$$R_k = 8,8 \text{ daN/cm}^2; \quad h_0 = h - a = 50 - 4 = 46 \text{ cm}.$$

a) Tính Q_{db} :

$$q_d = \frac{m_a R_{ad} F_d}{u} = \frac{1,1 \cdot 1700 \cdot 2 \cdot 0,503}{20} = 94,06 \text{ daN/cm}$$

$$Q_{db} = 2,8 h_0 \sqrt{m_{b4} R_k b q_d} = 2,8 \cdot 46 \sqrt{0,9 \cdot 8,8 \cdot 25 \cdot 94,06} = 17577,355 \text{ daN}$$

b) Tính q :

Để đầm không bị phá hoại bởi lực cắt thì bê tông và cốt dai đã đặt phải thỏa mãn không bị phá hoại bởi lực cắt, tức là $Q_{db} > k_n n_c Q \rightarrow \text{không cần đặt cốt xiên.}$

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

$$k_n n_c Q_{\max} = 1,2 \cdot 1 \cdot q \cdot 4/2 \leq Q_{db} = 17577,355$$

$$q_{\max} = 17577,355 / (1,2 \cdot 2) = 7323,8 \text{ daN/m}$$

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 $b = 20\text{cm}$, thuộc công trình cấp III, chiều dài tính toán $l_o = 3\text{m}$, dùng bê tông mác 200, cốt thép nhóm AI. Nội lực do tải trọng tính toán thuộc tổ hợp cơ bản gây ra $N_{dh} = 140\text{kN}$, $N_{ngh} = 200\text{kN}$.

Yêu cầu: Tính cốt thép chịu lực

Giải:

Từ điều kiện đầu bài tra phụ lục ta được:

$$k_n = 1,15; \quad n_c = 1; \quad m_a = 1,1; \quad m_b = 1; \quad \mu_{min} = 0,1\%;$$
$$R_a = 2100 \text{ daN/cm}^2; \quad R_n = 90 \text{ daN/cm}^2.$$

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

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

$$F_a = \frac{k_n n_c N / \varphi - m_b R_n F_b}{m_a R_a} = \frac{1,15 \cdot 1 \cdot 353,85 / 0,91 - 1 \cdot 90 \cdot 20 \cdot 20}{1,1 \cdot 2100} = 3,77\text{cm}^2$$

$$3\% > F_a/F_b = 3,77/400 \cdot 100 = 0,9\% > \mu_{min} = 0,1\%$$

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 $l_o = 3,5\text{m}$. Dùng bê tông mác 200, cốt thép nhóm AII. Nội lực do tải trọng tính toán thuộc tổ hợp cơ bản gây ra $N_{dh} = 100\text{kN}$, $N_{ngh} = 250\text{kN}$.

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

Giải:

Từ điều kiện đầu bài tra phụ lục ta được:

$$k_n = 1,15; \quad n_c = 1; \quad m_a = 1,1; \quad m_b = 1; \quad \mu_{min} = 0,1\%;$$
$$R_a = 2700 \text{ daN/cm}^2; \quad R_n = 90 \text{ daN/cm}^2.$$

Chọn kích thước:

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

$$F_b = \frac{k_n n_c N}{m_b R_n + \mu m_a R_a} = \frac{1,15 \cdot 1 \cdot 35000}{1,90 + 0,01 \cdot 1,1 \cdot 2700} = 336 \text{ cm}^2$$

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

Chọn $r = 10\text{cm}$.

Tính cốt dọc:

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

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

$$F_a = \frac{k_n n_c N / \varphi - m_b R_n F_b}{m_a R_a} = \frac{(1,15 \cdot 1 \cdot 35000 / 0,98) - 1 \cdot 90 \cdot 3,14 \cdot 10^2}{1,1 \cdot 2700} = 4,3\text{cm}^2$$

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

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

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

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

Giải:

Từ điều kiện đầu bài tra phụ lục ta được:

$$\begin{aligned} k_n &= 1,15 & n_c &= 1 & m_a &= 1,1 & m_b &= 1 & \mu_{min} &= 0,1\% \\ R_a &= 2100\text{daN/cm}^2 & & & R_n &= 90\text{daN/cm}^2 & & & \end{aligned}$$

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

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

$$N_{gh} = \varphi(m_b R_n F_b + m_a R_a F_a) = 0,96 \cdot (1 \cdot 90 \cdot 25 \cdot 25 + 1,1 \cdot 2100 \cdot 8,04) = 71829,5\text{daN} = 718,3\text{kN}$$

$$k_n n_c N = 1,15 \cdot 1 \cdot 254 = 292,1 \text{ kN} < N_{gh}$$

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 $b \times h = 40 \times 60\text{cm}$, thuộc công trình cấp III, chiều dài tính toán $l_0 = 7\text{m}$. Dùng bê tông mác 200, cốt thép nhóm AI. Nội lực do tải trọng

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

Yêu cầu: Tính F_a , F'_a (với $a = a' = 4\text{cm}$)

Giai:

Từ điều kiện đầu bài tra phụ lục ta được:

$$k_n = 1,15; \quad n_c = 1; \quad m_a = 1,1; \quad m_b = 1,0; \quad \alpha_o = 0,65; \quad \mu_{min} = 0,2\%; \\ A_o = 0,439; \quad R_a = 2100 \text{ daN/cm}^2; \quad R_n = 90 \text{ daN/cm}^2; \quad h_0 = h - a = 60 - 4 = 56\text{cm}.$$

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

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

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

$$N = \frac{N_{dh}}{m_{edh}} + N_{ngh} \equiv \frac{600}{0,986} + 300 \equiv 908,7\text{kN}$$

$$M = \frac{M_{dh}}{m_{edh}} + M_{ngh} = \frac{240}{0,986} + 100 = 343,5\text{kNm}$$

$$e_o = \frac{M}{N} = \frac{343,5}{908,7} = 0,378\text{m} = 37,8\text{cm}$$

$$\eta = \frac{1}{1 - \frac{k_n n_c N}{400 m_b R_n F} \left(\frac{l_0}{h} \right)^2} = \frac{1}{1 - \frac{1,15 \cdot 1,90870}{400 \cdot 1,090 \cdot 40 \cdot 60} \left(\frac{700}{60} \right)^2} = 1,197$$

$$\eta e_o = 1,197 \cdot 37,8 = 45,25\text{cm} > 0,3h_o = 0,3 \cdot 56 = 16,8\text{cm} \rightarrow \text{nén lệch tâm lớn}$$

$$e = \eta e_o + h/2 - a = 45,25 + 30 - 4 = 71,25\text{cm}$$

$$F'_a = \frac{k_n n_c N e - m_b R_n b h_o^2 A_o}{m_a R_a (h_o - a')} \\ = \frac{1,15 \cdot 1,90870 \cdot 71,25 - 1,090 \cdot 40 \cdot 56^2 \cdot 0,439}{1,1 \cdot 2100 \cdot (56 - 4)} \\ = 20,72 > 0,002 b h_0 = 0,002 \cdot 40 \cdot 56 = 4,48\text{cm}^2$$

$$F_a = \frac{m_b R_n b h_0 \alpha_0 - k_n n_c N}{m_a R_a} + F'_a$$

$$= \frac{1,0 \cdot 90 \cdot 40 \cdot 56 \cdot 0,65 - 1,15 \cdot 1 \cdot 90870}{1,1 \cdot 2100} + 20,7 = 32,19 \text{ cm}^2 > 4,48 \text{ cm}^2$$

Chọn và bố trí cốt thép: $F'_a = 2\phi 25$ và $2\phi 28$, $F_a = 4\phi 32$.

2) Cấu kiện chịu nén lệch tâm tiết diện chữ nhật $b \times h = 30 \times 45 \text{ cm}$, thuộc công trình cấp III, chiều dài tính toán $l_0 = 4 \text{ m}$. Dùng bê tông mác 200, cốt thép nhóm AII. Nội lực do tải trọng tính toán thuộc tổ hợp cơ bản gây ra $M_{dh} = 100 \text{ kNm}$, $M_{ngh} = 59 \text{ kNm}$, $N_{dh} = 400 \text{ kN}$, $N_{ngh} = 250 \text{ kN}$.

Yêu cầu: Tính F_a , F'_a (với $a = a' = 3,5 \text{ cm}$).

Giải:

Từ điều kiện đầu bài tra phụ lục ta được:

$$k_n = 1,15; \quad n_c = 1; \quad m_a = 1,1; \quad m_b = 1; \quad \alpha_0 = 0,6; \quad \mu_{min} = 0,1\%;$$

$$A_0 = 0,42; \quad R_a = 2700 \text{ daN/cm}^2; \quad R_n = 90 \text{ daN/cm}^2; \quad h_0 = h - a = 45 - 3,5 = 41,5 \text{ cm}.$$

Xét uốn dọc $\frac{l_0}{h} = \frac{400}{45} = 8,89 < 10 \rightarrow \eta = 1$ và $m_{edh} = 1$

$$N = N_{dh} + N_{ngh} = 400 + 250 = 650 \text{ kN}$$

$$M = M_{dh} + M_{ngh} = 100 + 59 = 159 \text{ kNm}$$

$$e_0 = \frac{M}{N} = \frac{159}{650} = 0,2446 \text{ m} = 24,46 \text{ cm} > 0,3h_0 = 12,45 \text{ cm} \rightarrow \text{nén lệch tâm lớn}$$

$$e = \eta e_0 + h/2 - a = 24,46 + 45/2 - 3,5 = 43,46 \text{ cm}$$

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

$$= \frac{1,15 \cdot 1 \cdot 65000 \cdot 43,46 - 1 \cdot 90 \cdot 30 \cdot 41,5^2 \cdot 0,42}{1,1 \cdot 2700 \cdot (41,5 - 3,5)} = 11,48 \text{ cm}^2 > 0,001 b h_0 = 1,24 \text{ m}^2$$

$$F_a = \frac{m_b R_n b h_0 \alpha_0 - k_n n_c N}{m_a R_a} + F'_a$$

$$= \frac{1 \cdot 90 \cdot 30 \cdot 41,5 \cdot 0,6 - 1,15 \cdot 1 \cdot 65000}{1,1 \cdot 2700} + 11,48 = 8,9 \text{ cm}^2 > 1,24 \text{ cm}^2$$

Chọn và bố trí cốt thép: $F'_a = 3\phi 22$; $F_a = 2\phi 20$ và $1\phi 18$.

3) Cấu kiện chịu nén lệch tâm tiết diện chữ nhật $b \times h = 30 \times 50 \text{ cm}$, thuộc công trình cấp III, chiều dài tính toán $l_0 = 4 \text{ m}$. Dùng BT mác 200, cốt thép nhóm AII. Nội lực do tải trọng tính

tính toán thuộc tổ hợp cơ bản gây ra $M_{dh} = 100\text{kNm}$, $M_{ngh} = 50\text{kNm}$, $N_{dh} = 400\text{kN}$, $N_{ngh} = 300\text{kN}$. Biết miền nén đã đặt $2\phi 20$ ($6,28\text{cm}^2$).

Yêu cầu: Tính F_a (với $a = a' = 3,5\text{cm}$)

Giai:

Từ điều kiện đầu bài tra phụ lục ta được:

$$k_n = 1,15; \quad n_c = 1; \quad m_a = 1,1; \quad m_b = 1; \quad \alpha_0 = 0,6; \quad \mu_{min} = 0,1\%; \quad A_0 = 0,42;$$

$$R_a = 2700 \text{ daN/cm}^2; \quad R_n = 90 \text{ daN/cm}^2; \quad h_0 = h - a = 45 - 3,5 = 41,5\text{cm}.$$

$$\text{Xét uốn dọc } \frac{l_0}{h} = \frac{400}{50} = 8,0 < 10 \rightarrow \eta = 1 \text{ và } m_{cdh} = 1$$

$$N = N_{dh} + N_{ngh} = 400 + 300 = 700\text{kN}$$

$$M = M_{dh} + M_{ngh} = 100 + 50 = 150\text{kNm}$$

$$e_0 = \frac{M}{N} = \frac{150}{700} = 0,214\text{m} = 21,4\text{cm} > 0,3h_0 = 12,45\text{cm} \rightarrow \text{nén lệch tâm lớn}$$

$$e = \eta e_0 + h/2 - a = 21,4 + 45/2 - 3,5 = 40,4\text{cm}$$

$$A = \frac{k_n n_c N e - m_a R_a F_a (h_0 - a')}{m_b R_n b h_0^2}$$

$$= \frac{1,15 \cdot 1 \cdot 70000 \cdot 40,4 - 1,1 \cdot 2700 \cdot 6,28 \cdot (46,5 - 3,5)}{1,0 \cdot 90 \cdot 30 \cdot 46,5^2} = 0,4196 < A_0$$

$2a'/h_0 < \alpha = 0,599 < \alpha_0$. Vậy thỏa mãn điều kiện hạn chế.

$$F_a = \frac{m_b R_n b h_0 \alpha - k_n n_c N}{m_a R_a} + F'_a$$

$$= \frac{1,0 \cdot 90 \cdot 30 \cdot 46,5 \cdot 0,599 - 1,15 \cdot 1 \cdot 70000}{1,1 \cdot 2700} + 6,28 = 4,5\text{cm}^2 > F_{min} = 0,001 \cdot 30 \cdot 46,5 = 1,4\text{cm}^2$$

Chọn và bố trí cốt thép: $F'_a = 2\phi 20$; $F_a = 2\phi 18$

4) Cấu kiện chịu nén lệch tâm tiết diện chữ nhật $b \times h = 50 \times 70\text{cm}$, thuộc công trình cấp III, chiều dài tính toán $l_0 = 6\text{m}$, dùng bê tông mác 200, cốt thép nhóm AII. Nội lực do tải trọng tính toán thuộc tổ hợp đặc biệt gây ra $M_{dh} = 300\text{kNm}$, $M_{ngh} = 200\text{kNm}$, $N_{dh} = 1000\text{kN}$, $N_{ngh} = 700\text{kN}$.

Yêu cầu: Tính cốt thép đối xứng (với $a = a' = 4\text{cm}$).

Giai:

Từ điều kiện đầu bài tra phụ lục ta được:

$$k_n = 1,15; \quad n_c = 0,9; \quad m_a = 1,1; \quad m_b = 1,0; \quad \alpha_0 = 0,6; \quad \mu_{min} = 0,1\%;$$

$$A_o = 0,42; \quad R_a = 2700 \text{ daN/cm}^2; \quad R_n = 90 \text{ daN/cm}^2; \quad h_0 = h - a = 70 - 4 = 66 \text{ cm}.$$

Xét uốn dọc $\frac{l_0}{h} = \frac{600}{70} = 8,57 < 10 \rightarrow \eta = 1$ và $m_{edh} = 1$

$$N = N_{dh} + N_{ngh} = 1000 + 700 = 1700 \text{ kN}$$

$$M = M_{dh} + M_{ngh} = 300 + 200 = 500 \text{ kNm}$$

$$e_0 = \frac{M}{N} = \frac{500}{1700} = 0,29 \text{ m} = 29 \text{ cm} > 0,3h_0 = 19,8 \text{ cm} \rightarrow \text{nén lệch tâm lớn}$$

$$e = \eta e_0 + h/2 - a = 29 + 70/2 - 4 = 60 \text{ cm}$$

$$x = \frac{k_n n_c N}{m_b R_n b} = \frac{1,15 \cdot 0,9 \cdot 170 \cdot 10^3}{1,090 \cdot 50} = 39,1 \text{ cm}$$

$$2a' = 8 < x < \alpha_0 h_0 = 0,6 \cdot 66 = 39,6 \text{ cm}$$

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

$$= \frac{1,15 \cdot 0,9 \cdot 170000 \cdot 60 - 1,090 \cdot 50 \cdot 39,1 \cdot (66 - 39,1/2)}{1,12700 \cdot (66 - 4)} = 12,9 \text{ cm}^2 > 0,001 b h_0 = 3,3 \text{ cm}^2$$

Chọn và bố trí cốt thép: $F'_a = F_a = 4\phi 20$

5) Cấu kiện chịu nén lệch tâm tiết diện chữ nhật $b \times h = 40 \times 70 \text{ cm}$, thuộc công trình cấp III, chiều dài tính toán $l_0 = 5 \text{ m}$. Dùng bê tông mác 200, cốt thép nhóm AII. Nội lực do tải trọng tính toán thuộc tổ hợp đặc biệt gây ra $M = 400 \text{ kNm}$, $N = 1200 \text{ kN}$. Miền nén đã đặt $4\phi 20$ ($12,56 \text{ cm}^2$), miền kéo bố trí $4\phi 22$ ($15,2 \text{ cm}^2$).

Yêu cầu: Kiểm tra khả năng chịu lực của cấu kiện (với $a = a' = 4 \text{ cm}$).

Giai:

Từ điều kiện đầu bài tra phụ lục ta được:

$$k_n = 1,15; \quad n_c = 0,9; \quad m_a = 1,1; \quad m_b = 1,0; \quad \alpha_0 = 0,6; \quad \mu_{min} = 0,1\%;$$

$$A_o = 0,42; \quad R_a = 2700 \text{ daN/cm}^2; \quad R_n = 90 \text{ daN/cm}^2; \quad h_0 = h - a = 70 - 4 = 66 \text{ cm}.$$

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:

$$x = \frac{k_n n_c N + m_a R_a F_a - m_a R_a F'_a}{m_b R_n b} = \frac{1,15 \cdot 0,9 \cdot 120 \cdot 10^3 + 1,12700(15,2 - 12,56)}{1,090 \cdot 40} = 36,68 \text{ cm}$$

$$2a' = 8 < x < \alpha_0 h_0 = 0,6 \cdot 66 = 39,6 \text{ cm}$$

Do đó, cấu kiện là nén lệch tâm lớn.

$$e_0 = \frac{M}{N} = \frac{400}{1200} = 0,33\text{m} = 33,3\text{cm}$$

$$e = \eta e_0 + h/2 - a = 33,3 + 70/2 - 4 = 64,3\text{cm}$$

Cấu kiện sẽ đủ khả năng chịu lực nếu thoả mãn điều kiện (*)

$$k_n n_c N_e \leq m_b R_n b x (h_0 - x/2) + m_a R'_a F'_a (h_0 - a') \quad (*)$$

$$k_n n_c N_e = 1,15 \cdot 0,9 \cdot 1200 \cdot 10^2 \cdot 64,3 = 7986060 \text{daNm} = 798,6 \text{kNm} \quad (1)$$

$$m_b R_n b x (h_0 - x/2) + m_a R'_a F'_a (h_0 - a') = 1,0 \cdot 90 \cdot 40 \cdot 36,68 \cdot (66 - 36,68/2) + 1,1 \cdot 2700 \cdot (66 - 4) \cdot 12,56 = 8606206 \text{daNm} = 860 \text{kNm} \quad (2)$$

Kết luận: (1) < (2) \rightarrow (*) 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 $b \times h = 30 \times 60\text{cm}$, thuộc công trình cấp II, chiều dài tính toán $l_0 = 5\text{m}$. Dùng bê tông mác 200, cốt thép nhóm AII. Nội lực do tải trọng tính toán thuộc tổ hợp cơ bản gây ra $M_{dh} = 40\text{kNm}$, $M_{ngb} = 70\text{kNm}$, $N_{dh} = 500\text{kN}$, $N_{ngb} = 600\text{kN}$.

Yêu cầu: Tính F_a , F'_a (với $a = a' = 4\text{cm}$).

Giai:

Từ điều kiện đầu bài tra phụ lục ta được:

$$\begin{aligned} k_n &= 1,2; & n_c &= 1; & m_a &= 1,1; & m_b &= 1,0; & \alpha_0 &= 0,6; & \mu_{min} &= 0,1\%; \\ A_0 &= 0,42; & R_a &= 2700 \text{ daN/cm}^2; & R_n &= 90 \text{ daN/cm}^2; & h_0 &= h - a = 60 - 4 = 56\text{cm}. \end{aligned}$$

$$\text{Xét uốn dọc } \frac{l_0}{h} = \frac{500}{60} = 8,33 < 10 \rightarrow m_{edh} = 1$$

$$N = \frac{N_{dh}}{m_{edh}} + N_{ngb} = 500 + 600 = 1100 \text{kN}$$

$$M = \frac{M_{dh}}{m_{edh}} + M_{ngb} = 40 + 70 = 110 \text{kNm}$$

$$e_0 = \frac{M}{N} = \frac{110}{1100} = 0,1 = 10\text{cm} < 0,3h_0 = 0,3 \cdot 56 = 16,8\text{cm} \rightarrow \text{nén lệch tâm bé}$$

$$\eta e_0 < 0,2h_0 = 11,2 \rightarrow x = h - (1,8 + \frac{h}{2h_0} - 1,4\alpha_0)\eta \geq 0$$

$$= 60 - (1,8 + \frac{60}{2 \cdot 56} - 1,4 \cdot 0,6) \cdot 10 = 45,04 \text{cm}$$

$$x = 45,04\text{cm} < h_0 = 56\text{cm}.$$

$$e = \eta e_0 + h/2 - a = 10 + 30 - 4 = 36\text{cm}$$

$$\sigma_a = \left(1 - \frac{\eta e_0}{h_0}\right) R_a = \left(1 - \frac{10}{56}\right) 2700 = 2217,85 \text{daN/cm}^2$$

$$F'_a = \frac{k_n n_c N e - m_b R_n b x (h_0 - x/2)}{m_a R_a (h_0 - a')} -$$

$$= \frac{1,2 \cdot 1,110000 \cdot 36 - 1,090 \cdot 30 \cdot 45,04 \cdot (56 - 45,04/2)}{1,1 \cdot 2700 \cdot (56 - 4)} = 4,4 \text{cm}^2$$

$$F'_a > F_{min} = 0,001 \cdot 30 \cdot 56 = 1,68 \text{cm}^2$$

$$F_a = \frac{m_b R_n b x + m_a R'_a F'_a - k_n n_c N}{m_a \sigma_a}$$

$$= \frac{1,090 \cdot 30 \cdot 45,04 + 1,1 \cdot 2700 \cdot 4,4 - 1,2 \cdot 1,1100 \cdot 10^2}{1,1 \cdot 2217,85} = 1,09 \text{cm}^2 < 1,68 \text{cm}^2$$

Chọn và bố trí cốt thép. F_a (lấy bằng cốt thép cấu tạo) = 2φ16 ; $F'_a = 2\phi 18$

2) Cấu kiện chịu nén lệch tâm tiết diện chữ nhật $b \times h = 20 \times 50\text{cm}$, thuộc công trình cấp II, chiều dài tính toán $l_0 = 4\text{m}$. dùng bê tông mác 250, cốt thép nhóm AII. Nội lực do tải trọng tính toán thuộc tổ hợp đặc biệt gây ra $M = 110\text{kNm}$, $N = 1000\text{kN}$. Miền nén đã đặt 4φ20 ($12,56\text{cm}^2$), miền kéo bố trí 2φ16 ($4,02\text{cm}^2$)

Yêu cầu : Kiểm tra khả năng chịu lực của cấu kiện (với $a = a' = 4\text{cm}$).

Giải:

Từ điều kiện đầu bài tra phụ lục ta được:

$$k_n = 1,2; \quad n_c = 0,9; \quad m_a = 1,1; \quad m_b = 1,0; \quad \alpha_o = 0,6; \quad \mu_{min} = 0,1\%;$$

$$A_0 = 0,42; \quad R_a = 2700 \text{daN/cm}^2; \quad R_n = 110 \text{daN/cm}^2; \quad h_0 = h - a = 50 - 4 = 46\text{cm}$$

$$\text{Xét uốn dọc } \frac{l_0}{h} = \frac{400}{50} = 8 < 10 \rightarrow \eta = 1 \text{ và } m_{edh} = 1$$

Giả thiết cấu kiện chịu nén lệch tâm lớn, cấu kiện sẽ đủ khả năng chịu lực nếu cả (*) và (**) đều được thoả mãn:

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

$$k_n n_c N \leq m_b R_n b x + m_a R'_a F'_a - m_a \sigma_a F_a \quad (**)$$

$$k_n n_c N e = 1,2 \cdot 0,9 \cdot 100 \cdot 10^3 \cdot 32 = 3456000 \text{daNcm} = 34,56 \text{Tm} \quad (1)$$

$$m_b R_n b x (h_0 - x/2) + m_a R'_a F'_a (h_0 - a') = 1,0 \cdot 110 \cdot 20 \cdot 32,64 \cdot (46 - 32,64/2) + \\ + 1,1 \cdot 2700 \cdot (46 - 4) \cdot 15,2 = 4027309 \text{daNcm} = 402,7 \text{kNm} \quad (2)$$

$$k_n n_c N = 1,2 \cdot 0,9 \cdot 1000 \cdot 10^2 = 108000 \text{ daNcm} = 1080 \text{ kN} \quad (3)$$

$$\begin{aligned} m_b R_n b x + m_a R_a F_a - m_a \sigma_a F_a &= 1,0 \cdot 110 \cdot 20 \cdot 32,64 + 1,1 \cdot 2700 \cdot 15,2 - 1,1 \cdot 2054 \cdot 3,4 \cdot 0,02 \\ &= 107868 \text{ daN} = 1078 \text{ kN} \end{aligned} \quad (4)$$

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 $b = 20\text{cm}$, 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 $N = 150\text{kN}$.

Yêu cầu: Tính cốt thép chịu lực.

Giải:

Từ điều kiện đầu bài tra phụ lực ta được:

$$\begin{aligned} k_n &= 1,15; & n_c &= 1; & m_a &= 1,1; & m_b &= 1; & \mu_{min} &= 0,4\%; \\ R_a &= 2700 \text{ daN/cm}^2; & R_i &= 90 \text{ daN/cm}^2. \end{aligned}$$

$$F_a = \frac{k_n n_c N}{m_a R_a} = \frac{1,15 \cdot 1 \cdot 150 \cdot 10^2}{1,1 \cdot 2700} = 5,8 \text{ cm}^2 > \mu_{min} \cdot b = 0,004 \cdot 20 \cdot 20 = 1,6 \text{ cm}^2$$

Bố trí $4\phi 14$ ($6,16\text{cm}^2$) đều theo chu vi của tiết diện (tại 4 góc).

2) Cấu kiện chịu kéo đúng tâm tiết diện chữ nhật $b = 20\text{cm}$, $h = 40\text{cm}$ 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 $N = 200\text{kN}$. Đã đặt $4\phi 16$ ($8,04\text{cm}^2$) 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 lực ta được:

$$\begin{aligned} k_n &= 1,15; & n_c &= 1; & m_a &= 1,1; & m_b &= 1; & \mu_{min} &= 0,4\%; \\ R_a &= 2700 \text{ daN/cm}^2; & R_n &= 90 \text{ daN/cm}^2. \end{aligned}$$

Kiểm tra điều kiện đảm bảo an toàn theo công thức

$$k_n n_c N \leq N_{gh} = m_a R_a F_a \quad (*)$$

$$k_n n_c N = 1,15 \cdot 1 \cdot 200 = 230 \text{ kN} \quad (1)$$

$$N_{gh} = 1,1 \cdot 2700 \cdot 8,04 = 23878,8 \text{ daN} = 23,8 \text{ kN} \quad (2)$$

(1) < (2). Vậy thoả mãn điều kiện (*), cấu kiện đủ khả năng chịu lực.

2. Cấu kiện chịu kéo lệch tâm

a) Kéo lệch tâm lớn:

1) Cấu kiện chịu kéo lệch tâm tiết diện chữ nhật $b \times h = 20 \times 40\text{cm}$, thuộc công tròn cấp III, dùng bê tông mác 200, cốt thép nhóm AII. Nội lực do tải trọng tính toán thuộc tí hợp cơ bản gây ra $M = 150\text{kNm}$, $N = 400\text{kN}$.

Yêu cầu: Tính cốt dọc (với $a = a' = 4\text{cm}$).

Giải:

Từ điều kiện đầu bài tra phụ lục ta được:

$$k_n = 1,2 \quad n_c = 0,9 \quad m_a = 1,1 \quad m_b = 1 \quad \alpha_0 = 0,6 \quad \mu_{min} = 0,2\%$$

$$A_0 = 0,42 \quad R_a = 2700 \text{ daN/cm}^2 \quad R_n = 90 \text{ daN/cm}^2 \quad h_0 = h - a = 40 - 4 = 36\text{cm}$$

$$\epsilon_0 = \frac{M}{N} = \frac{150}{400} = 0,375\text{m} = 37,5\text{cm} > h/2 - a = 20 - 4 = 16\text{cm} \rightarrow \text{kéo lệch tâm lớn}$$

$$e = e_0 - (h/2) + a = 37,5 - 40/2 + 4 = 21,5\text{cm}$$

$$e' = e_0 + (h/2) - a' = 37,5 + 40/2 - 4 = 53,5\text{cm}$$

$$F'_a = \frac{k_n n_c N e - m_b R_n b h_0^2 A_0}{m_a R_a (h_0 - a')} = \frac{1,15 \cdot 1 \cdot 40000 \cdot 21,5 - 1,90 \cdot 20 \cdot 36^2 \cdot 0,42}{1,1 \cdot 2700 \cdot (36 - 4)} = 0,1\text{cm}^2$$

Chọn và bố trí cốt thép F'_a theo cấu tạo $2\phi 14 (3,08\text{cm}^2)$

$$A = \frac{k_n n_c N e - m_b R_n b h_0 (h_0 - a')}{m_b R_n b h_0^2} = \frac{1,15 \cdot 1 \cdot 400 \cdot 10^2 \cdot 21,5 - 1,1 \cdot 2700 \cdot 3,08 \cdot 32}{1,90 \cdot 20 \cdot 36^2} = 0,248$$

$$\rightarrow \alpha = 0,365 > 2a'/h_0 = 0,22 \text{ và } \alpha < \alpha_0.$$

$$F_a = \frac{k_n n_c N + m_b R_n b h_0 \alpha}{m_a R_a} + F'_a = \frac{1,15 \cdot 1 \cdot 40000 + 1,90 \cdot 20 \cdot 36 \cdot 0,365}{1,1 \cdot 2700} + 3,08 = \\ = 26,5\text{cm}^2 > \mu_{min} b h_0$$

Chọn $F_a: 2\phi 30 + 2\phi 28 (26,5\text{cm}^2)$

2) Cấu kiện chịu kéo lệch tâm tiết diện chữ nhật $b \times h = 40 \times 60\text{cm}$, thuộc công tròn cấp II, dùng bê tông mác 200, cốt thép nhóm AIII. Nội lực do tải trọng tính toán thuộc tí hợp đặc biệt gây ra $M = 300\text{kNm}$, $N = 750\text{kN}$.

Yêu cầu: Tính cốt dọc (với $a = a' = 4\text{cm}$).

Giải:

Từ điều kiện đầu bài tra phụ lục ta được:

$$k_n = 1,2; \quad n_c = 0,9; \quad m_a = 1,1; \quad m_b = 1; \quad \alpha_0 = 0,6; \quad \mu_{min} = 0,4\%$$

$$A_0 = 0,42; \quad R_a = 3400 \text{ daN/cm}^2; \quad R_n = 90 \text{ daN/cm}^2; \quad h_0 = h - a = 60 - 4 = 56\text{cm}.$$

$$e_0 = \frac{M}{N} = \frac{300}{750} = 0,4m = 40cm > h/2 - a = 30 - 4 = 26cm \rightarrow \text{kéo lệch tâm lớn}$$

$$e = e_0 - h/2 + a = 40 - 60/2 + 4 = 14cm$$

$$e' = e_0 + h/2 - a' = 40 + 60/2 - 4 = 66cm$$

$$F'_a = \frac{k_n n_c N_e - m_b R_n b h_0^2 A_0}{m_a R_a (h_0 - a')} = \frac{1,2.0,9.75000.14 - 1.90.40.56^2.0,42}{1,1.3400.(56 - 4)} = -18,55cm^3 < 0$$

Chọn và bố trí cốt thép F'_a theo cấu tạo $3\phi 14$ ($4,62cm^2$)

Tính lại A:

$$A = \frac{k_n n_c N_e - m_a R_a F_a (h_0 - a')}{m_b R_n b h_0^2} = \frac{1,2.0,9.75000.14 - 1,1.3400.4,62.52}{1.90.40.56^2} = 0,02$$

$$\rightarrow \alpha = 0,02 < 2a'/h_0 = 0,13 \rightarrow \text{lấy } x = 2a'$$

$$F_a = \frac{k_n n_c N_e'}{m_a R_a (h_0 - a')} = \frac{1,2.0,9.75000.66}{1,1.3400.(56 - 4)} = 27,5cm^2 > \mu_{min} b h_0$$

Chọn F_a theo cấu tạo $4\phi 30$

3) Cấu kiện chịu kéo lệch tâm tiết diện chữ nhật $b \times h = 20 \times 50cm$, 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 $2\phi 16$ ($4,02cm^2$), vùng kéo $3\phi 30$ ($21,21cm^2$),

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:

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

$$R_a = 2700daN/cm^2; \quad R_n = 90 daN/cm^2; \quad h_0 = h - a = 50 - 3,5 = 46,5cm.$$

$$e_0 = \frac{M}{N} = \frac{150}{300} = 0,5m = 50cm > h/2 - a = 25 - 3,5 = 21,5cm \rightarrow \text{kéo lệch tâm lớn}$$

$$e = e_0 - h/2 + a = 50 - 25 + 3,5 = 28,9cm$$

$$\alpha = \frac{m_a R_a F_a - m_a R_a F_a - k_n n_c N}{m_b R_n b h_0} = \frac{1,1.2700.(21,21 - 4,02) - 1,15.1.300.10^2}{1.90.20.46,5} = 0,178$$

$$\alpha = 0,198 < \alpha_o = 0,6$$

$$\alpha > 2a'/h_0 = 0,15$$

$$A = 0,178.$$

Kết luận: Vậy thỏa mãn điều kiện hạn chế của kéo lệch tâm lớn.

Điều kiện để cấu kiện đủ khả năng chịu lực là :

$$k_n n_c N_e \leq m_b R_n b h_o^2 A + m_a R'_a F_a (h_o - a') \quad (*)$$

$$k_n n_c N_e = 1,15 \cdot 1,300 \cdot 10^2 \cdot 28,9 = 983250 \text{ daNcm} \quad (1)$$

$$\begin{aligned} m_b R_n b h_o^2 A + m_a R'_a F_a (h_o - a') &= 1,90 \cdot 20 \cdot 46,5^2 \cdot 0,178 + 1,1 \cdot 2700 \cdot 4,02 \cdot (46,5 - 3,5) \\ &= 1207046 \text{ daNcm} \end{aligned} \quad (2)$$

Kết luận: (1) $<$ (2) \rightarrow 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 $b \times h = 20 \times 40 \text{ cm}$, 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 $M = 120 \text{ kNm}$, $N = 800 \text{ kN}$

Yêu cầu : Tính thép dọc (với $a = a' = 3 \text{ cm}$).

Giải:

Từ điều kiện đầu bài tra phụ lục ta được:

$$\begin{aligned} k_n &= 1,15 & n_c &= 1 & m_a &= 1,1 & m_b &= 1 & \alpha_o &= 0,65 & \mu_{\min} &= 0,2\% \\ A_0 &= 0,439 & R_a &= 2700 \text{ daN/cm}^2 & R_n &= 70 \text{ daN/cm}^2 & h_0 &= h - a = 40 - 3 = 37 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$e_o = \frac{M}{N} = \frac{120}{800} = 0,15 \text{ m} = 15 \text{ cm} < h/2 - a = 20 - 3 = 17 \text{ cm} \rightarrow \text{kéo lệch tâm bé}$$

$$e = h/2 - e_o - a = 20 - 15 - 3 = 2 \text{ cm}$$

$$e' = e_o + h/2 - a' = 15 + 40/2 - 3 = 32 \text{ cm}$$

$$F_a = \frac{k_n n_c N_e}{m_a R'_a (h_0 - a')} = \frac{1,15 \cdot 1,300 \cdot 10^2 \cdot 2}{1,1 \cdot 2700 \cdot (37 - 3)} = 1,8 \text{ cm}^2 > \mu_{\min} b h_0 = 1,48 \text{ cm}^2$$

$$F'_a = \frac{k_n n_c N'_e}{m_a R_a (h_0 - a')} = \frac{1,15 \cdot 1,300 \cdot 10^2 \cdot 32}{1,1 \cdot 2700 \cdot (37 - 3)} = 28,8 \text{ cm}^2 > \mu_{\min} b h_0$$

Bố trí F'_a : 2φ12 ($2,26 \text{ cm}^2$); F_a : 4φ30 ($28,27 \text{ cm}^2$).

2) Cấu kiện chịu kéo lệch tâm tiết diện chữ nhật $b \times h = 30 \times 60 \text{ cm}$, 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 $M = 15 \text{ kNm}$, $N = 75 \text{ kN}$. Đã đặt $F'_a = 2\phi 14 (3,08 \text{ cm}^2)$, $F_a = 4\phi 22 (15,2 \text{ cm}^2)$.

Yêu cầu : Kiểm tra cường độ tại tiết diện trên (với $a = a' = 4 \text{ cm}$).

Giải:

Từ điều kiện đầu bài tra phụ lục ta được:

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

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

$$e_0 = \frac{M}{N} = \frac{150}{750} = 0,2 \text{ m} = 20 \text{ cm} < (h/2) - a = 30 - 4 = 26 \text{ cm} \rightarrow \text{kéo lệch tâm bé.}$$

$$e = (h/2) - e_0 - a = 30 - 20 - 4 = 6 \text{ cm}$$

$$e' = e_0 + (h/2) - a' = 20 + (60/2) - 4 = 46 \text{ cm}$$

Câu kiện sẽ đảm bảo khả năng chịu lực nếu thoả mãn cả (*) và (**).

$$k_n n_c N e < m_a R_a F_a (h_0 - a') = 1,15 \cdot 1,75 \cdot 10^2 \cdot 6 < 1,1 \cdot 2700 \cdot 3,08 \cdot (56 - 4) \quad (*)$$

$$= 51750 < 475675 \text{ daNcm}$$

$$k_n n_c N e' < m_a R_a F_a (h_0 - a') = 1,15 \cdot 1,75 \cdot 10^2 \cdot 46 < 1,1 \cdot 2700 \cdot 15,2 \cdot (56 - 4) \quad (**)$$

$$= 396750 < 2347488 \text{ daNcm} \quad (**)$$

Kết luận: Cả (*) và (**) đều thoả mãn, vậy câu kiện đủ khả năng chịu lực.

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: $h = 70\text{cm}$, $b = 30\text{cm}$, $b'_c = 100\text{cm}$, $h'_c = 20\text{cm}$, thuộc công trình cấp III, tổ hợp lực đặc biệt dùng bê tông mác 200, cốt thép nhóm CII. Vùng nén đã đặt $3\phi 10$ ($2,36\text{ cm}^2$), vùng kéo đặt $3\phi 20$ ($9,42\text{ cm}^2$) tầng bảo vệ $a = a' = 4\text{ cm}$. Mô men do tải trọng tiêu chuẩn tác dụng tại mặt cắt $M^c = 60\text{kNm}$.

Tại mặt cắt trên dầm có bị nứt không ?

Giải:

Từ điều kiện đầu bài tra phụ lục được:

$$E_a = 2,1 \cdot 10^6 \text{ daN/cm}^2; \quad E_b = 2,4 \cdot 10^5 \text{ daN/cm}^2; \quad n_c = 0,9; \quad R_k^c = 11,5 \text{ daN/cm}^2;$$

$$\gamma = 1,75; \quad m_h = 1; \quad \gamma_1 = \gamma \cdot m_h = 1,75 \cdot 1 = 1,75; \quad n = E_a/E_b = 8,75;$$

Điều kiện để tiết diện trên không bị nứt:

$$n_c M^c \leq M_n = \gamma_1 R_k^c W_{qd}$$

$$F_{qd} = bh + (b'_c - b)h'_c + n(F_a + F'_a) = 30 \cdot 70 + (100 - 30) \cdot 20 + 8,75 \cdot (9,42 + 2,36) \\ = 3603,075 \text{ cm}^2$$

$$x_n = \frac{0,5 \cdot bh^2 + (b'_c - b)h_c^2 / 2 + nF_a a' + nF_a h_0}{F_{qd}} \\ = \frac{0,5 \cdot 30 \cdot 70^2 + (100 - 30) \cdot 20^2 / 2 + 8,75 \cdot 2,36 \cdot 4 + 8,75 \cdot 9,42 \cdot 66}{3603,075} \\ = \frac{93022,65}{3603,075} \approx 25,82 \text{ cm}$$

$$J_{qd} = \frac{b'_c x_n^3}{3} - \frac{(b'_c - b)(x_n - h'_c)^3}{3} + \frac{b(h - x_n)^3}{3} + nF_a(x_n - a')^2 + nF_a(h_o - x_n)^2 \\ = \frac{100 \cdot 25,82^3}{3} - \frac{(100 - 30)(25,82 - 20)^3}{3} + \frac{30(70 - 25,82)^3}{3} + \\ + 8,75 \cdot 2,36 \cdot (25,82 - 4)^2 + 8,75 \cdot 9,42 \cdot (66 - 25,82)^2 = 1574421,4 \text{ cm}^4$$

$$W_{qd} = \frac{J_{qd}}{h - x_n} = \frac{1574421,4}{70 - 25,82} = 35634,56 \text{ cm}^3$$

$$M_n = \gamma_1 R_k^c W_{qd} = 1,75 \cdot 11,5 \cdot 35634,56 = 717145,52 \text{ daNm}$$

$$n_c M^c = 0,9 \cdot 60 \cdot 10^4 = 54 \cdot 10^4 \text{ daNm} < M_n$$

Kết luận: Vậy mặt cắt trên không bị nứt.

2) Dâм BTCT chịu uốn có tiết diện chữ T cánh nén với kích thước: $h = 50 \text{ cm}$, $b = 15\text{cm}$, $h'_c = 10\text{cm}$, $b'_c = 40\text{cm}$, thuộc công trình cấp III, tổ hợp lực cơ bản dùng bê tông mác 200, cốt thép nhóm Cl. Vùng nén đã đặt $2\phi 16$, vùng kéo đặt $3\phi 20$, tăng bảo vệ $a = a' = 4 \text{ cm}$. Mô men do tải trọng tiêu chuẩn tác dụng tại mặt cắt $M^c = 500 \text{kNm}$.

Tại mặt cắt trên dâм có bị nứt không ?

Giai:

Từ điều kiện đầu bài tra phụ lục được:

$$E_a = 2,1 \cdot 10^6 \text{ daN/cm}^2; \quad E_b = 2,4 \cdot 10^5 \text{ daN/cm}^2; \quad n_c = 1; \quad R_k^c = 11,5 \text{ daN/cm}^2;$$

$$\gamma = 1,75; \quad m_h = 1; \quad \gamma_1 = \gamma \cdot m_h = 1,75 \cdot 1 = 1,75; \quad n = E_a/E_b = 8,75.$$

Điều kiện để tiết diện trên không bị nứt:

$$n_c M^c \leq M_n = \gamma_1 R_k^c W_{qd}$$

$$F_{qd} = bh + (b'_c - b)h'_c + n(F_a + F'_a) = 15 \cdot 50 + (40 - 15) \cdot 10 + 8,75 \cdot (9,42 + 4,02) = 1117,6 \text{ cm}^2$$

$$x_n = \frac{0,5 \cdot b \cdot h^2 + (b'_c - b)h'^2 / 2 + nF_a a' + nF_a h_o}{F_{qd}}$$

$$= \frac{0,5 \cdot 15 \cdot 50^2 + (40 - 15) \cdot 10^2 / 2 + 8,75 \cdot 4,02 \cdot 4 + 8,75 \cdot 9,42 \cdot 46}{1117,6}$$

$$= \frac{23932,25}{1117,6} \approx 21,41 \text{ cm}$$

$$J_{qd} = \frac{b'_c x_n^3}{3} - \frac{(b'_c - b)(x_n - h'_c)^3}{3} + \frac{b(h - x_n)^3}{3} + nF_a(x_n - a')^2 + nF_a(h_o - x_n)^2$$

$$= \frac{40 \cdot 21,41^3}{3} - \frac{(40 - 15)(21,41 - 10)^3}{3} + \frac{15(50 - 21,41)^3}{3} +$$

$$+ 8,75 \cdot 4,02 \cdot (21,41 - 4)^2 + 8,75 \cdot 9,42 \cdot (46 - 21,41)^2 = 295823 \text{ cm}^4$$

$$W_{qd} = \frac{J_{qd}}{h - x_n} = \frac{295823}{50 - 21,41} = 10348,516 \text{ cm}^3$$

$$M_n = \gamma_1 R_k^c W_{qd} = 1,75 \cdot 11,5 \cdot 10348,516 = 208263,88 \text{ daNm}$$

$$n_c M^c = 500 \cdot 10^4 \text{ daNm} > M_n$$

Kết luận: Vậy mặt cắt trên bị nứt.

3) Dâм BTCT chịu uốn có tiết diện chữ T cánh kéo với kích thước: $h = 70 \text{ cm}$, $b = 30\text{cm}$, $h'_c = 20\text{cm}$, $b'_c = 100\text{cm}$, thuộc công trình cấp III, tổ hợp lực cơ bản dùng bê tông mác 200, cốt thép nhóm CII. Vùng nén đã đặt $3\phi 10$ ($2,36 \text{ cm}^2$), vùng kéo đặt $3\phi 20$ ($9,42 \text{ cm}^2$), $a = a' = 4 \text{ cm}$. Mô men do tải trọng tiêu chuẩn tác dụng tại mặt cắt $M^c = 100 \text{kNm}$.

Tại mặt cắt trên dâм có bị nứt không ?

Giải:

Từ điều kiện đầu bài tra phụ lục được:

$$E_a = 2,1 \cdot 10^6 \text{ daN/cm}^2; \quad E_b = 2,4 \cdot 10^5 \text{ daN/cm}^2; \quad n_c = 1; \quad R_k^c = 11,5 \text{ daN/cm}^2;$$

$$\gamma = 1,75; \quad m_h = 1; \quad \gamma_1 = \gamma \cdot m_h = 1,75 \cdot 1 = 1,75; \quad n = E_a/E_b = 8,75;$$

Điều kiện để tiết diện trên không bị nứt:

$$n_c M^c \leq M_n = \gamma_1 R_k^c W_{qd}$$

$$F_{qd} = bh + (b'_c - b)h'_c + n(F_a + F'_a) = 30 \cdot 70 + (100 - 30) \cdot 20 + 8,75 \cdot (9,42 + 2,36)$$

$$= 3603 \text{ cm}^2$$

$$S_{qd} = 0,5 \cdot bh^2 + (b'_c - b)h'_c \left(h - \frac{h'_c}{2} \right) + nF_a a' + nF_a h_o$$

$$= 0,5 \cdot 30 \cdot 70^2 + (100 - 30) \cdot 20 \cdot (70 - 20/2) + 8,75(2,36 \cdot 4 + 9,42 \cdot 66) = 163022,7 \text{ cm}^3$$

$$x_n = \frac{S_{qd}}{F_{qd}} = \frac{163022,7}{3603} = 45,24 \text{ cm}$$

$$J_{qd} = \frac{bx_n^3}{3} + \frac{b'_c(h - x_n)^3}{3} - \frac{(b'_c - b)(h - x_n - h'_c)^3}{3} + nF_a(x_n - a')^2 + nF_a(h_o - x_n)^2$$

$$= \frac{30 \cdot 45,24^3}{3} + \frac{100 \cdot (70 - 45,24)^3}{3} - \frac{(100 - 30)(70 - 45,24 - 20)^3}{3} +$$

$$+ 8,75 \cdot 2,36 \cdot (45,24 - 4)^2 + 8,75 \cdot 9,42 \cdot (66 - 45,24)^2 = 35506,2 \text{ cm}^4$$

$$W_{qd} = \frac{J_{qd}}{h - x_n} = \frac{1500011,7}{70 - 45,24} = 60594,3 \text{ cm}^3$$

$$M_n = \gamma_1 R_k^c W_{qd} = 1,75 \cdot 11,5 \cdot 60594,3 = 1219460 \text{ daNm}$$

$$n_c M^c = 1,100 \cdot 10^4 \text{ daNm} < M_n$$

Kết luận: Vậy mặt cắt trên không bị nứt.

4) Dầm BTCT chịu uốn có tiết diện chữ nhật với kích thước: $h = 50 \text{ cm}$, $b = 25 \text{ cm}$, thuộc công trình cấp III, tổ hợp lực đặc biệt dùng bê tông mác 200, cốt thép nhóm CII. Vùng nén đã đặt $3\phi 10$ ($2,36 \text{ cm}^2$), vùng kéo đặt $3\phi 20$ ($9,42 \text{ cm}^2$) tầng bảo vệ $a = a' = 4 \text{ cm}$. Mô men do tải trọng tiêu chuẩn tác dụng tại mặt cắt $M^c = 40 \text{ Tm}$.

Tại mặt cắt trên dầm có bị nứt không?

Giải:

Từ điều kiện đầu bài tra phụ lục được:

$$E_a = 2,1 \cdot 10^6 \text{ daN/cm}^2; \quad E_b = 2,4 \cdot 10^5 \text{ daN/cm}^2; \quad n_c = 0,9; \quad R_k^c = 11,5 \text{ daN/cm}^2;$$

$$\gamma = 1,75; \quad m_h = 1; \quad \gamma_1 = \gamma m_h = 1,75 \cdot 1 = 1,75; \quad n = E_a/E_b = 8,75.$$

Điều kiện để tiết diện trên không bị nứt:

$$n_c M^c \leq M_n = \gamma_1 R_k^c W_{qd}$$

$$F_{qd} = bh + n(F_a + F'_a) = 25.50 + 8,75.(9,42 + 2,36) = 1353,08 \text{ cm}^2$$

$$x_n = \frac{0,5.bh^2 + nF_a'a' + nF_a h_o}{F_{qd}}$$

$$= \frac{0,5 \cdot 25 \cdot 50^2 + 8,75 \cdot 2,36 \cdot 4 + 8,75 \cdot 9,42 \cdot 46}{1353,08} = \frac{35124,15}{1353,08} \approx 25,96 \text{ cm}$$

$$J_{qd} = \frac{bx_n^3}{3} + \frac{b(h - x_n)^3}{3} + nF_a(x_n - a')^2 + nF_a(h_o - x_n)^2$$

$$= \frac{25 \cdot 25,96^3}{3} + \frac{25(50 - 25,96)^3}{3} + 8,75 \cdot 2,36 \cdot (25,96 - 4)^2 + 8,75 \cdot 9,42 \cdot (46 - 25,96)^2$$

$$= 304629 \text{ cm}^4$$

$$W_{qd} = \frac{J_{qd}}{h - x_n} = \frac{304629}{50 - 25,96} = 12671,1 \text{ cm}^3$$

$$M_n = \gamma_1 R_k^c W_{qd} = 1,75 \cdot 11,5 \cdot 12671,1 = 255005,9 \text{ daNm}$$

$$n_c M^c = 0,9 \cdot 40 \cdot 10^4 = 36 \cdot 10^4 \text{ daNm} > M_n$$

Kết luận: Vậy mặt cắt trên bị nứt.

5) Cấu kiện chịu nén lệch tâm có tiết diện chữ T với kích thước: $h = 60 \text{ cm}$, $b = 30 \text{ cm}$, $b_c' = 100$, $h_c' = 20 \text{ cm}$, thuộc công trình cấp III, tổ hợp lực cơ bản dùng bê tông mác 200, cốt thép nhóm CI. Vùng nén đã đặt $3\phi 12 (3,39 \text{ cm}^2)$, vùng kéo đặt $3\phi 25 (14,73 \text{ cm}^2)$ tầng bảo vệ $a = a' = 4 \text{ cm}$. Mô men do tải trọng tiêu chuẩn tác dụng tại mặt cắt $M^c = 2 \text{kNm}$ và lực dọc $N = 50 \text{kN}$.

Tại mặt cắt trên dầm có bị nứt không?

Giải:

Từ điều kiện đầu bài tra phụ lục được:

$$E_a = 2,1 \cdot 10^6 \text{ daN/cm}^2; \quad E_b = 2,4 \cdot 10^5 \text{ daN/cm}^2; \quad n_c = 1; \quad R_k^c = 11,5 \text{ daN/cm}^2;$$

$$\gamma = 1,75; \quad m_h = 1; \quad \gamma_1 = \gamma \cdot m_h = 1,75 \cdot 1 = 1,75; \quad n = E_a/E_b = 8,75.$$

Điều kiện để tiết diện trên không bị nứt:

$$n_c N^c \leq N_n = \frac{\alpha_1 R_k^c}{\left(\frac{e_o}{W_{qd}} - \frac{1}{F_{qd}} \right)}$$

$$F_{qd} = bh + (b'_c - b)h'_c + n(F_a + F'_a) = 30.60 + (100-30).20 + 8,75.(14,73 + 3,39) \\ = 3358,55 \text{cm}^2$$

$$x_n = \frac{0,5.bh^2 + (b'_c - b)h'^2_c/2 + nF_a a' + nF_a h_o}{F_{qd}} \\ = \frac{0,5.30.60^2 + (100 - 30).20^2/2 + 8,75.3,39.4 + 8,75.14,73.56}{3358,55} \\ = \frac{75336,35}{3358,55} \approx 22,43 \text{cm}$$

$$J_{qd} = \frac{b'_c x_n^3}{3} - \frac{(b'_c - b)(x_n - h'_c)^3}{3} + \frac{b(h - x_n)^3}{3} + nF_a(x_n - a')^2 + nF_a(h_o - x_n)^2 \\ = \frac{100.22,43^3}{3} - \frac{(100 - 30)(22,43 - 20)^3}{3} + \frac{30(60 - 22,43)^3}{3} \\ + 8,75.3,39.(22,43 - 4)^2 + 8,75.14,73.(56 - 22,43)^2 = 1061446,8 \text{cm}^4$$

$$W_{qd} = \frac{J_{qd}}{h - x_n} = \frac{1061446,8}{60 - 22,43} = 28253,42 \text{cm}^3$$

$$e_o = \frac{M}{N} = \frac{2}{5} = 0,4 \text{m} = 40 \text{cm}$$

$$N_n = \frac{\gamma_1 R_k^c}{\left(\frac{e_o}{W_{qd}} - \frac{1}{F_{qd}} \right)} = \frac{1,75.11,5}{\left(\frac{40}{28253,42} - \frac{1}{3358,55} \right)} = 18295,45 \text{daN}$$

$$n_c N^c = 1.50.10^2 \text{ daN} < N_n$$

Kết luận: Vật liệu cắt trên không bị nứt.

6) Cấu kiện chịu kéo có tiết diện chữ nhật với kích thước: $h = 60 \text{ cm}$, $b = 30 \text{ cm}$, thuộc công trình cấp III, tổ hợp lực cơ bản dùng bê tông mác 150, cốt thép nhóm CI. Vùng nén đã đặt $3\phi 12 (3,39 \text{ cm}^2)$, vùng kéo đặt $3\phi 25 (14,73 \text{ cm}^2)$, tầng bảo vệ $a = a' = 4 \text{ cm}$. Mô men do tải trọng tiêu chuẩn tác dụng tại mặt cắt $M^c = 50 \text{kNm}$ và lực dọc $N^c = 150 \text{kN}$.

Tại mặt cắt trên đầm có bị nứt không ?

Giải:

Từ điều kiện đầu bài tra phụ lục được:

$$E_a = 2,1 \cdot 10^6 \text{ daN/cm}^2; \quad E_b = 2,1 \cdot 10^5 \text{ daN/cm}^2; \quad n_c = 1; \quad R_k^c = 9,5 \text{ daN/cm}^2;$$

$$\gamma = 1,75; \quad m_h = 1; \quad \gamma_1 = \gamma \cdot m_h = 1,75 \cdot 1 = 1,75; \quad n = E_a/E_b = 10.$$

Điều kiện để cấu kiện trên không bị nứt:

$$n_c N^c \leq N_n = \frac{\gamma_1 R_k^c}{\left(\frac{e_o}{W_{qd}} + \frac{\gamma_1}{F_{qd}} \right)}$$

$$F_{qd} = bh + n(F_a + F'_a) = 30 \cdot 60 + 10 \cdot (14,73 + 3,39) = 1981,2 \text{ cm}^2$$

$$x_n = \frac{0,5 \cdot b \cdot h^2 + n F_a a + n F_a h_o}{F_{qd}}$$

$$= \frac{0,5 \cdot 30 \cdot 60^2 + 10 \cdot 3,39 \cdot 4 + 10 \cdot 14,73 \cdot 56}{1981,2} = \frac{62384,4}{1981,2} \approx 31,49 \text{ cm}$$

$$J_{qd} = \frac{bx_n^3}{3} + \frac{b(h - x_n)^3}{3} + n F_a (x_n - a)^2 + n F_a (h_o - x_n)^2$$

$$= \frac{30 \cdot 31,49^3}{3} + \frac{30(60 - 31,49)^3}{3} + 10 \cdot 3,39 \cdot (31,49 - 4)^2 + 10 \cdot 14,73 \cdot (56 - 31,49)^2$$

$$= 658103,42 \text{ cm}^4$$

$$W_{qd} = \frac{J_{qd}}{h - x_n} = \frac{658103,4}{60 - 31,49} = 23081,8 \text{ cm}^3$$

$$N_n = \frac{\gamma_1 R_k^c}{\left(\frac{e_o}{W_{qd}} + \frac{\gamma_1}{F_{qd}} \right)} = \frac{1,75 \cdot 9,5}{\left(\frac{33}{23081,8} + \frac{1,75}{1981,2} \right)} = 7258 \text{ daN}$$

$$n_c N^c = 1,150 \cdot 10^2 \text{ daN} > N_n$$

Kết luận: Vây mặt cắt trên bị nứt.

7) Kiểm tra độ võng và bể rộng khe nứt của đầm đơn giản 2 đầu gối chịu tải trọng phân bố đều với các số liệu sau: l = 8m, b × h = 30 × 70cm, bê tông M 300, cốt thép nhôm CII, cốt thép chịu kéo đã đặt 6φ28 (36,95cm²), cốt thép chịu nén 2φ12 (2,26cm²). 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:

$$R_k^c = 15 \text{ daN/cm}^2; \quad R_n^c = 170 \text{ daN/cm}^2; \quad E_b = 2,9 \cdot 10^5 \text{ daN/cm}^2;$$

$$E_a = 2,1 \cdot 10^6 \text{ daN/cm}^2; \quad n = E_a/E_b = 7,24.$$

Tính độ vông

a) Tính f_l (do toàn bộ P tác dụng ngắn hạn) với $v = 0,5$

$$f_l = \frac{5}{48} \frac{M^c l^2}{B_l}$$

$$M^c = \frac{q^c l^2}{8} = \frac{(38+26)8^2}{8} = 512 \text{ kNm}$$

Kiểm tra nứt cho mặt cắt:

$$F_{qd} = bh + n(F_a + F'_a) = 30.70 + 7,24.(36,95 + 2,26) = 2383,88 \text{ cm}^2$$

$$\begin{aligned} x_n &= \frac{0,5.bh^2 + nF'_a a' + nF_a h_0}{F_{qd}} \\ &= \frac{0,5.30.70^2 + 7,24.2,26.3 + 7,24.36,95.63}{2383,88} = \frac{90402,7}{2383,88} \approx 37,92 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} J_{qd} &= \frac{bx_n^3}{3} + \frac{b(h - x_n)^3}{3} + nF'_a(x_n - a')^2 + nF_a(h_0 - x_n)^2 \\ &= \frac{30.37,92^3}{3} + \frac{30(70 - 37,92)^3}{3} + 7,24.2,26.(37,92 - 3)^2 + 7,24.36,95.(63 - 37,92)^2 \\ &= 1063628,4 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

$$W_{qd} = \frac{J_{qd}}{h - x_n} = \frac{1063628,4}{70 - 37,92} = 33155,49 \text{ cm}^3$$

$$M_n = \gamma_l R_k^c W_{qd} = 1,75.15.33155,49 = 870331,8 \text{ daNm} \approx 87 \text{ kNm}$$

$n_c M^c > M_n$. Vậy đầm bị nứt. Tính độ cứng của đầm theo công thức:

$$B_{ngh} = \frac{E_a F_a Z_l (h_0 - \bar{x})}{\Psi_a}$$

Xác định các trị số trong công thức trên:

Chiều cao vùng nén \bar{x} :

$$\text{Ta có: } \varphi = \frac{x}{\bar{x}} = 1 - \frac{0,7}{100\mu + 1} \rightarrow \bar{x} = \frac{x}{\varphi}$$

$$L = \frac{M^c}{R_n^c b h_0^2} = \frac{51,2 \cdot 10^5}{170 \cdot 30 \cdot 63^2} = 0,253$$

$$\mu = \frac{F_a}{bh_0} = \frac{36,95}{30,63} = 0,0195$$

$$n = \frac{E_a}{E_b} = \frac{2,1 \cdot 10^6}{2,9 \cdot 10^5} = 7,24$$

Tiết diện chữ nhật cốt kép $\delta' = 2a/h_0 = 2.3/63 = 0,1$

$$T = \gamma' (1 - \frac{\delta'}{2}) = 0,0173(1 - 0,1/2) = 0,0164 \quad \gamma' = \frac{nF_a}{\nu bh_0} = \frac{7,24 \cdot 2,26}{0,5 \cdot 30,63} = 0,0173$$

$$\xi = \frac{1}{1,8 + \frac{1+5(L+T)}{10\mu n}} = \frac{1}{1,8 + \frac{1+5(0,253+0,0164)}{10 \cdot 0,0195 \cdot 7,24}} = 0,289$$

$\xi > a'/h_0 = 3/63 = 0,048 \rightarrow$ cốt kép

$$x = \xi h_0 = 0,289 \cdot 63 = 18,2 \text{cm}$$

$$\bar{x} = \frac{x}{\varphi} = \frac{18,2}{1 - \frac{0,7}{100 \cdot 0,0195 + 1}} = 23,86 \text{cm}$$

- Tính Z_l :

$$Z_l = \left[1 - \frac{\delta' \gamma + \xi^2}{2(\gamma' + \xi)} \right] h_0 = \left[1 - \frac{0,1 \cdot 0,0173 + 0,289^2}{2 \cdot (0,0173 + 0,289)} \right] 63 = 54,23$$

- Tính ψ_a :

$$\sigma_a = \frac{M^c}{F_a Z_l} = \frac{51,2 \cdot 10^5}{36,95 \cdot 54,23} = 2555,15 \text{kg/cm}^2$$

Tra phụ lục với $n\mu = 7,24 \cdot 0,0195 = 0,141$ và σ_a

$$\psi_a > 0,95 \text{ lấy } \psi_a = 1$$

Thay vào B, ta có:

$$B_l = \frac{2,1 \cdot 10^6 \cdot 36,95 \cdot 54,23 (63 - 23,86)}{1} = 1,647 \cdot 10^{11} \text{kgcm}^2$$

$$f_l = \frac{5,51,2 \cdot 10^5 \cdot 800^2}{48 \cdot 1,647 \cdot 10^{11}} = 2,07 \text{cm}$$

b) Tính f_2 (do tác dụng ngắn hạn của P_{dh}) và $\nu = 0,5$

$$M^c = \frac{q^c l^2}{8} = \frac{2,6 \cdot 8^2}{8} = 20,8 \text{Tm}$$

$$B_{ngh} = \frac{E_a F_a Z_l (h_0 - \bar{x})}{\Psi_a}$$

Xác định các trị số trong công thức:

- Chiều cao vùng nén \bar{x} :

$$L = \frac{M^c}{R_n^c b h_0^2} = \frac{20,8 \cdot 10^5}{170 \cdot 30 \cdot 63^2} = 0,103$$

Tính toán γ' tương tự phần a:

$$\xi = \frac{1}{1,8 + \frac{1 + 5(L + T)}{10 \mu n}} = \frac{1}{1,8 + \frac{1 + 5(0,103 + 0,0164)}{10 \cdot 0,0195 \cdot 7,24}} = 0,341$$

$$x = \xi h_0 = 0,341 \cdot 63 = 21,48 \text{ cm}$$

$$\bar{x} = \frac{x}{\varphi} = \frac{21,48}{1 - \frac{0,7}{100 \cdot 0,0195 + 1}} = 28,16 \text{ cm}$$

- Tính Z_l :

$$Z_l = \left[1 - \frac{\delta' \gamma + \xi^2}{2(\gamma' + \xi)} \right] h_0 = \left[1 - \frac{0,1 \cdot 0,0173 + 0,341^2}{2 \cdot (0,0173 + 0,341)} \right] 63 = 52,63 \text{ cm}$$

- Tính ψ_a :

$$\sigma_a = \frac{M^c}{F_a Z_l} = \frac{20,8 \cdot 10^5}{36,95 \cdot 52,63} = 1069,58 \text{ daN/cm}^2$$

Tra phụ lục với $n\mu = 7,24 \cdot 0,0195 = 0,141$ và $\sigma_a ; \psi_a = 0,71$

Thay vào B, ta có:

$$B_2 = \frac{2,1 \cdot 10^6 \cdot 36,95 \cdot 52,63 (63 - 28,16)}{0,71} = 2,004 \cdot 10^{11} \text{ daNm}^2$$

$$f_2 = \frac{5 \cdot 20,8 \cdot 10^5 \cdot 800^2}{48 \cdot 2,004 \cdot 10^{11}} = 0,69 \text{ cm}$$

c) Tính f_3 (do tác dụng dài hạn của P_{dh}) và $\nu = 0,15$

$$M^c = 208 \text{ kNm}$$

$$B_{dh} = B_{ngh} \frac{q^c + p^c}{\delta q^c + p^c}$$

$$B_{nh} = \frac{E_a F_a Z_1 (h_o - \bar{x})}{\psi_a}$$

Xác định các trị số trong công thức:

- Chiều cao vùng nén \bar{x} :

$$\gamma' = \frac{nF_a}{vbh_o} = \frac{7,24 \cdot 2,26}{0,15 \cdot 30,63} = 0,058$$

$$T = \gamma' (1 - \frac{\delta}{2}) = 0,058(1 - 0,1/2) = 0,055$$

$$\xi = \frac{1}{1,8 + \frac{1+5(L+T)}{10\mu n}} = \frac{1}{1,8 + \frac{1+5(0,103+0,055)}{10 \cdot 0,0195 \cdot 7,24}} = 0,327$$

$$x = \xi h_o = 0,327 \cdot 63 = 20,6 \text{cm}$$

$$\bar{x} = \frac{x}{\varphi} = \frac{20,6}{1 - \frac{0,7}{100 \cdot 0,0195 + 1}} = 27,03 \text{cm}$$

- Tính Z_1 :

$$Z_1 = \left[1 - \frac{\delta' \gamma + \xi^2}{2(\gamma' + \xi)} \right] h_o = \left[1 - \frac{0,1 \cdot 0,058 + 0,327^2}{2 \cdot (0,058 + 0,327)} \right] 63 = 53,8 \text{cm}$$

- Tính ψ_a :

$$\sigma_a = \frac{M^c}{F_a Z_1} = \frac{20,8 \cdot 10^5}{36,95 \cdot 53,8} = 1046,3 \text{kg/cm}^2$$

Tra phụ lục với $n.\mu = 7,24 \cdot 0,0195 = 0,141$ và σ_a

$$\psi_a = 0,71$$

$$\psi_{adh} = \frac{2\psi_a + 1}{3} = \frac{2 \cdot 0,71 + 1}{3} = 0,807$$

Thay vào B, ta có:

$$B_{nh} = \frac{2,1 \cdot 10^6 \cdot 36,95 \cdot 53,8 (63 - 27,03)}{0,807} = 1,86 \cdot 10^{11} \text{ daNcm}^2$$

$$B_{lh} = B_3 = 1,86 \cdot 10^{11} \frac{2,6 + 3,8}{2 \cdot 2,6 + 3,8} = 1,3232 \text{ daNcm}^2$$

$$f_3 = \frac{5.20,8.10^5.800^2}{48.1,323.10^{11}} = 1,04\text{cm}$$

Tính f tổng cộng:

$$f = f_1 - f_2 + f_3 = 2,07 - 0,69 + 1,04 = 2,42\text{cm}$$

$$f/l = 2,42/800 = 1/330 < 1/300$$

Kết luận: Vật thoả mãn yêu cầu về độ võng.

Tính bể rộng khe nứt a_n

Theo công thức của tiêu chuẩn TCVN 4116-85:

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

Cấu kiện chịu uốn: $k = 1$

Thép thanh có gờ: $\eta = 1$

Cấu kiện khô: $\sigma_0 = 0$

Xác định a_{ngh} với $c = 1$; $M_{ngh}^c = 512 - 208 = 304 \text{ kNm}$.

$$L = \frac{M^c}{R_n^c b h_0^2} = \frac{30,4.10^5}{170.30.63^2} = 0,15 ; T = \gamma(1 - \frac{\delta}{2}) = 0,0173(1 - 0,1/2) = 0,0164$$

$$\xi = \frac{1}{1,8 + \frac{1+5(L+T)}{10\mu n}} = \frac{1}{1,8 + \frac{1+5(0,15+0,0164)}{10.0,0195.7,24}} = 0,323$$

$$Z_l = \left[1 - \frac{\delta' \gamma + \xi^2}{2(\gamma' + \xi)} \right] h_0 = \left[1 - \frac{0,1.0,0173 + 0,323^2}{2.(0,0173 + 0,323)} \right] 63 = 53,183\text{cm}$$

$$\sigma_a = \frac{M^c}{F_a Z_l} = \frac{304.10^4}{36,95.53,183} = 1546,98 \text{ daN/cm}^2$$

$$a_{ngh} = 1.1.1. \frac{1546,98}{2,1.10^6} 7.(4 - 1,95)\sqrt{28} = 0,056\text{mm}$$

Xác định a_{ndh} với $c = 1,3$; $\sigma_a = 1046,3 \text{ daN/cm}^2$

$$a_{ngh} = 1.1.3.1. \frac{1046,3}{2,1.10^6} 7.(4 - 1,95)\sqrt{28} = 0,049\text{mm}$$

$$a_n = a_{ngh} + a_{ndh} = 0,056 + 0,049 = 0,105\text{mm} < a_{ngh}$$

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 $b = 20\text{cm}$, chiều cao $h = 50\text{cm}$, dùng bê tông mác M200, cốt thép nhóm A1. Mô men uốn do tải trọng tiêu chuẩn gây ra là $M_u = 122\text{kNm}$. Chiều dày tầng bảo vệ thiết kế là $a = 7\text{cm}$; $a' = 3\text{cm}$. Tính toán và bố trí cốt thép dọc?

$$\text{Đáp số: Cốt đơn, } F_a = 19,75 \text{ cm}^2.$$

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 $M_u = 200\text{kNm}$. Chiều dày tầng bảo vệ thiết kế là $a = a' = 3\text{cm}$. Hãy chọn tiết diện hợp lý và tính toán cốt thép dọc cho tiết diện chọn?

$$\text{Đáp số: } b \times h = 30 \times 55 \text{ cm} ; F_a = 18,53 \text{ cm}^2.$$

Bài 3. Cho dầm thuộc công trình cấp III, tiết diện chữ nhật có kích thước $b \times h = 25 \times 50 \text{ cm}$ dùng bê tông mác M150, cốt thép nhóm CI. Miền kéo đặt $2\phi 16$. Kiểm tra khả năng chịu lực của dầm khi chịu tác dụng $M_u = 30\text{kNm}$ thuộc tổ hợp lực cơ bản? Với chiều dày tầng bảo vệ $a = 3\text{cm}$.

$$\text{Đáp số: } M_{gl} = 44\text{kNm} > k_n \cdot n_c M = 34,5\text{kNm} \Rightarrow \text{Dầm đủ khả năng chịu lực.}$$

Bài 4. Cho dầm thuộc công trình cấp III chịu tác dụng của tổ hợp tải trọng cơ bản, tiết diện chữ nhật $b = 30\text{cm}$; $h = 60\text{cm}$, bê tông mác M200, cốt thép nhóm A1. Chiều dày tầng bảo vệ $a = 7\text{cm}$, $a' = 3\text{cm}$. Nội lực tính toán $M = 323,4 \text{ kNm}$. Tính toán và bố trí thép dọc?

$$\text{Đáp số: } F'_a = 3,35 \text{ cm}^2 ; F_a = 43,58 \text{ cm}^2.$$

Bài 5. Cho dầm thuộc công trình cấp III tổ hợp cơ bản, tiết diện chữ nhật $b = 25\text{cm}$; $h = 45\text{cm}$ làm bằng bê tông mác M200, cốt thép nhóm CI. Tại miền nén của tiết diện đã đặt $2\phi 12 (F'_a = 2,26 \text{ cm}^2)$. Chiều dày tầng bảo vệ $a = a' = 3\text{cm}$. Hãy tính toán và bố trí cốt thép F_a tại mặt cắt có nội lực tính toán $M = 150\text{kNm}$?

$$\text{Đáp số: } F_a = 23,53 \text{ cm}^2.$$

Bài 6. Dầm bê tông mác M150 thuộc công trình cấp III tiết diện chữ nhật có kích thước $b = 25\text{cm}$, $h = 50\text{cm}$ chịu tác dụng của tổ lực cơ bản, cốt thép nhóm CI. Miền kéo của dầm đặt $8\phi 16 (8,04 \text{ cm}^2)$, miền nén đặt $2\phi 12 (2,20 \text{ cm}^2)$. Chiều dày tầng bảo vệ $a = a' = 4\text{cm}$. Hãy kiểm tra khả năng chịu lực của dầm tại mặt cắt có nội lực tính toán $M_u = 150\text{kNm}$?

$$\text{Đáp số: Dầm không đủ khả năng chịu lực.}$$

Bài 7. Cho đầm thuộc công trình cấp III, tiết diện chữ T có kích thước: $b_c' = 150\text{cm}$, $h_c' = 10\text{cm}$, $h = 60\text{cm}$, $b = 30\text{cm}$. Đầm làm bằng vật liệu bê tông mác M200 cốt thép nhóm AI, $a = 5\text{cm}$. Tính toán và bố trí cốt thép dọc tại mặt cắt có nội lực $M_{tt} = 200\text{kNm}$?

$$\text{Đáp số: } F_a = 18,56\text{cm}^2.$$

Bài 8. Cho đầm thuộc công trình cấp III chịu tác dụng của tổ hợp tải trọng đặc biệt. Tiết diện đầm T cánh đặt trong miền nén $b = 20\text{cm}$, $h = 50\text{cm}$, $b_c' = 30\text{cm}$, $h_c' = 10\text{cm}$, dùng vật liệu bê tông mác M200 cốt thép nhóm CII, $a = a' = 4\text{cm}$. Mô men uốn tính toán do tổ hợp lực cơ bản gây ra tại mặt cắt tính toán là $M = 180\text{kNm}$. Hãy tính toán và bố trí thép dọc.

$$\text{Đáp số: } F_a = 21,37\text{cm}^2; F_a' = 0,82\text{cm}^2.$$

Bài 9. Đầm bê tông mác M150, tiết diện chữ T cánh nằm trong miền nén có các kích thước: $b_c' = 50\text{cm}$, $h_c' = 15\text{cm}$, $b = 30\text{cm}$, $h = 60\text{cm}$ 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 $4\phi 20$, miền nén đặt $2\phi 12$; $a = a' = 4\text{cm}$. Hãy kiểm tra khả năng chịu lực của đầm tại mặt cắt có $M_{tt} = 100\text{kNm}$.

Đáp số: Đầm đảm bảo điều kiện chịu lực tại mặt cắt kiểm tra.

Bài 10. Cho đầm đơn thuộc công trình cấp III chịu tác dụng của tổ hợp lực cơ bản, tiết diện chữ nhật $b = 30\text{cm}$, $h = 70\text{cm}$ dùng bê tông mác M150, cốt thép nhóm AI. Đầm chịu tác dụng của tải trọng phân bố đều $q^u = 37,5\text{T/m}$. Tính cốt dai, cốt xiên theo phương pháp trạng thái giới hạn.

$$\text{Đáp số: } u_{\max} = 58,5\text{cm}, n = 2, f_d = 0,5\text{cm}^2$$

$$u_{\min} = 23,3\text{cm}, u = 20\text{cm}, f_d = 0,5\text{cm}^2$$

$Q_{db} > k_n n_c Q$ nên không cần tính cốt xiên.

Bài 11. Tính khả năng chịu lực cút Q_{db} theo trạng thái giới hạn của đầm thuộc công trình cấp III, chịu tải trọng phân bố đều $l = 4\text{m}$, tiết diện chữ nhật $b = 25\text{cm}$, $h = 55\text{cm}$. Dùng vật liệu bê tông mác M250 đã đặt cốt dọc thuộc nhóm AI, $a = 4\text{cm}$. Cốt dai $\phi 8$, bước đai $u = 20\text{cm}$, $m_{ad} = 1,1$; $m_{b4} = 0,9$. Số nhánh dai $n = 2$. Với tải trọng q_{max} bằng bao nhiêu thì đầm không bị phá hoại bởi lực cắt?

$$\text{Đáp số: } Q_{db} = 19487,94\text{daN}; q_{max} = 8120,9\text{daN/m}.$$

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 $b_1 = 20\text{cm}$, $b_2 = 25\text{cm}$ thuộc công trình cấp III chiều dài tính toán $l_0 = 4\text{m}$, 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 $N_{dh} = 150\text{kN}$; $N_{ngh} = 220\text{kN}$. Tính toán và bố trí cốt thép chịu lực?

$$\text{Đáp số: } F_a = 3,22\text{cm}^2.$$

Bài 2. Cấu kiện chịu nén đúng tâm, tiết diện vuông thuộc công trình cấp III, chiều dài tính toán $l_0 = 4\text{m}$, dùng vật liệu bê tông mác M200, cốt thép nhóm AII, nội lực do tải trọng tính toán gây ra $N_{dh} = 150\text{kN}$, $N_{ngh} = 200\text{kN}$. Hãy chọn kích thước tiết diện và tính cốt thép?

$$\text{Đáp số: } b = 18,3\text{cm}, \text{chọn } b = 20\text{cm}; F_a = 1,78\text{cm}^2.$$

Bài 3. Cấu kiện chịu nén đúng tâm tiết diện chữ nhật có $b = 25\text{cm}$; $h = 30\text{cm}$, thuộc công trình cấp III, chiều dài tính toán $l_0 = 3\text{m}$, 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: $N_{dh} = 100\text{kN}$, $N_{ngh} = 150\text{kN}$. 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 $b = 30\text{cm}$, $h = 45\text{cm}$, 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 $l_0 = 4\text{m}$. Dưới tác dụng của tải trọng tính toán gây ra: $M_{ngh} = 59\text{kNm}$; $N_{ngh} = 250\text{kN}$; $M_{dh} = 100\text{kNm}$; $N_{dh} = 400\text{kN}$. Hãy tính cốt thép chịu lực (F_a , F_a')?

$$\text{Đáp số: } F_a' = 11,13\text{cm}^2; F_a = 8,64\text{cm}^2.$$

Bài 5. Cấu kiện chịu nén lệch tâm có tiết diện chữ nhật $b = 50\text{cm}$, $h = 70\text{cm}$, 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 $M_{dh} = 300\text{kNm}$; $N_{dh} = 1000\text{kN}$; $M_{ngh} = 227\text{kNm}$; $N_{ngh} = 550\text{kN}$. Chiều dài tính toán của cấu kiện $l_0 = 6\text{m}$. Hãy tính toán và bố trí cốt thép đối xứng ($F_a = F_a'$)?

$$\text{Đáp số: } F_a = F_a' = 16,8\text{cm}^2.$$

Bài 6. Cấu kiện chịu nén lệch tâm có tiết diện chữ nhật $b = 35\text{cm}$, $h = 80\text{cm}$. Chiều dày tầng bảo vệ $a = 7\text{cm}$, $a' = 4\text{cm}$ 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 $l_0 = 3\text{m}$. Nội lực tính toán $M = 600\text{kNm}$; $N = 1200\text{kN}$. Hãy kiểm tra khả năng chịu lực của cấu kiện khi làm việc?

Đáp số: Cấu kiện không đảm bảo điều kiện chịu lực.

Bài 7. Cầu kiện chịu nén lệch tâm có tiết diện chữ nhật $b = 20\text{cm}$, $h = 45\text{cm}$, thuộc công trình cấp II, chiều dài tính toán $l_0 = 3\text{m}$. Dùng vật liệu bê tông mác M200, cốt thép nhóm AII. Nội lực tính toán do tổ hợp tải trọng đặc biệt gây ra $M = 112\text{kNm}$; $N = 1100\text{kN}$. Cốt thép ở miền nén đã đặt $4\phi 20$, miền kéo đặt $2\phi 18$. Chiều dày tầng bảo vệ $a = a' = 4\text{cm}$. Hãy kiểm tra khả năng chịu lực của cầu kiện khi làm việc?

Đáp số: Cầu kiện không đủ khả năng chịu lực.

3. Cầu kiện chịu kéo đúng tâm

Bài 9. Cầu kiện chịu kéo đúng tâm có tiết diện chữ nhật $b = 20\text{cm}$, $h = 25\text{cm}$, 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 $N = 200\text{kN}$. Tính toán và bố trí cốt thép chịu lực?

Đáp số: $F_a = 7,73\text{cm}^2$.

Bài 10. Cầu kiện chịu kéo đúng tâm có tiết diện chữ nhật $b = 25\text{cm}$, $h = 40\text{cm}$, 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 $N = 180\text{kN}$. Cốt thép chịu lực đã đặt $4\phi 16$ tại 4 góc của tiết diện. Hãy kiểm tra khả năng chịu lực của cầu kiện?

Đáp số: Cầu kiện đủ khả năng chịu lực.

4. Cầu kiện chịu kéo lệch tâm

Bài 11. Cầu kiện chịu kéo lệch tâm có tiết diện chữ nhật $b = 40\text{cm}$, $h = 60\text{cm}$, 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 $M = 300\text{kNm}$; $N = 750\text{kN}$. Chiều dày tầng bảo vệ thiết kế $a = a' = 4\text{cm}$. Hãy tính toán và bố trí cốt thép chịu lực?

Đáp số: $F_a = 44,5\text{cm}^2$; $F'_a = F'_{a\min} = 2,24\text{cm}^2$.

Bài 12. Cầu kiện chịu kéo lệch tâm có tiết diện chữ nhật $b = 40\text{cm}$, $h = 60\text{cm}$, 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 $M = 60\text{kNm}$; $N = 750\text{kN}$. Chiều dày tầng bảo vệ thiết kế $a = a' = 4\text{cm}$. Hãy tính toán và bố trí cốt thép chịu lực?

Đáp số: $F_a = 19,64\text{ cm}^2$; $F'_a = 10,18\text{ cm}^2$.

Bài 13. Cầu kiện chịu kéo lệch tâm có tiết diện chữ nhật $b = 25\text{cm}$, $h = 60\text{cm}$ 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 $F'_a = 2\phi 16 (4,02\text{cm}^2)$ $F_a = 6\phi 25 (29,45\text{cm}^2)$. Kiểm tra khả năng chịu lực của cầu kiện với nội lực tính toán $M = 250\text{kNm}$; $N = 250\text{kN}$?

Đáp số: Cầu kiện đủ khả năng chịu lực.

Bài 14. Cầu kiện chịu kéo lệch tâm có tiết diện chữ nhật $b = 35\text{cm}$, $h = 60\text{cm}$ 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 $F'_a = 2\phi 16 (4,02\text{cm}^2)$ $F_a = 4\phi 22 (15,2\text{cm}^2)$. Kiểm tra khả năng chịu lực của cầu kiện với nội lực tính toán $M = 16\text{kNm}$; $N = 80\text{kN}$?

Đáp số: Cầu kiện đủ khả năng chịu lực.

Chương 5: TÍNH TOÁN THEO TRẠNG THÁI GIỚI HẠN THỨ HAI

Bài 1. Dầm chịu uốn, tiết diện ngang chữ nhật $b = 25\text{cm}$; $h = 60\text{cm}$. Tại vùng chịu kéo đặt $3\phi 14$ ($4,62\text{cm}^2$); vùng chịu nén đã đặt $3\phi 10$ ($2,36\text{cm}^2$). Tầng bảo vệ dày $a = a' = 3\text{cm}$. Vật liệu bê tông mác M200, cốt thép nhóm CI. Dầm thuộc công trình cấp II, 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 $M^e = 23,5\text{kNm}$ dầm có bị nứt không?

Đáp số: 1) $M_n = 287504,5 \text{ daNm}$
2) $n_c \cdot M^e = 235000 \text{ daNm}$. Vậy, không bị nứt.

Bài 2. Dầm chịu uốn, tiết diện ngang chữ nhật có $b = 25\text{cm}$; $h = 50\text{cm}$, 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 $3\phi 10$ ($2,36\text{cm}^2$), vùng kéo đã đặt $3\phi 20$ ($9,42\text{cm}^2$) $a = a' = 4\text{cm}$. Mô men do tải trọng tiêu chuẩn tác dụng tại mặt cắt tính toán $M^e = 40\text{kNm}$. Hãy kiểm tra tại mặt cắt trên dầm có bị nứt không?

Đáp số: $M_n = 255000 \text{ daNm}$.
 $n_c \cdot M^e = 360000 \text{ daNm}$. Vậy dầm bị nứt.

Bài 3. Cấu kiện chịu nén lệch tâm tiết diện chữ I có các kích thước như sau: $b = 40\text{cm}$; $h = 60\text{cm}$; $b_c = b'_c = 80\text{cm}$; $h_c = h'_c = 20\text{cm}$; vật liệu dùng bê tông mác M200, cốt thép nhóm AII. Miền kéo đặt $2\phi 22 + 3\phi 16$; miền nén đặt $5\phi 22$. Tầng bảo vệ $a = a' = 4\text{cm}$. Hãy xác định khả năng chống nứt của cấu kiện.

Đáp số: $N_n = 45160,04 \text{ daN}$.

Bài 4. Cấu kiện chịu nén lệch tâm tiết diện chữ T có các kích thước như sau: $b = 40\text{cm}$; $h = 60\text{cm}$; $b'_c = 80\text{cm}$; $h'_c = 20\text{cm}$; Vật liệu dùng bê tông mác M200, cốt thép nhóm AII. Miền kéo đặt $2\phi 22 + 3\phi 16$; miền nén đặt $5\phi 22$. Tầng bảo vệ $a = a' = 4\text{cm}$. Hãy xác định khả năng chống nứt của cấu kiện.

Đáp số: $N_n = 33236,96 \text{ daN}$.

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: $l = 6\text{m}$, $b \times h = 30 \times 60\text{cm}$, $a = 7\text{cm}$, $a' = 3\text{cm}$, dùng vật liệu bê tông M300, cốt thép nhóm CII. Tại vùng chịu kéo của dầm đã đặt $6\phi 28$, tại vùng chịu nén đã đặt $3\phi 12$. Cho biết: tải trọng phân bố tác dụng dài hạn $q^e = 26 \text{ kN/m}$; tải trọng phân bố tác dụng ngắn hạn $p^e = 38 \text{ kN/m}$; $f_{gh} = l/300$; $a_{ngh} = 0,3\text{mm}$;

Đáp số: Độ võng tổng cộng $f = 1,98 \text{ cm}$.

Bề rộng khe nứt $a_n = 0,102\text{cm}$.

Kết luận: Dầm đảm bảo điều kiện biến dạng.

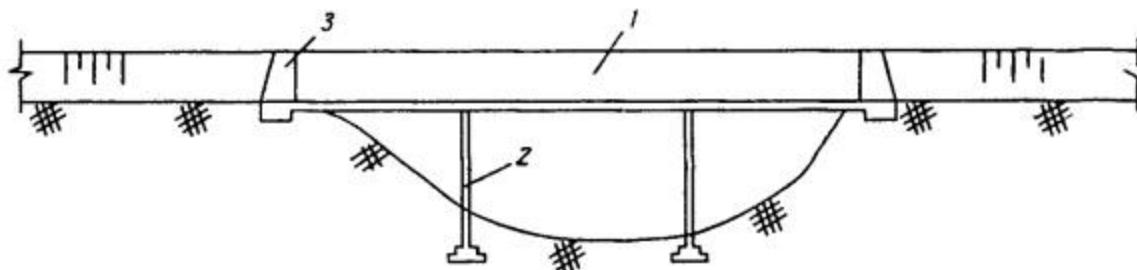
PHẦN 4

ĐỒ ÁN MÔN HỌC
KẾT CẤU BÊ TÔNG CỐT THÉP

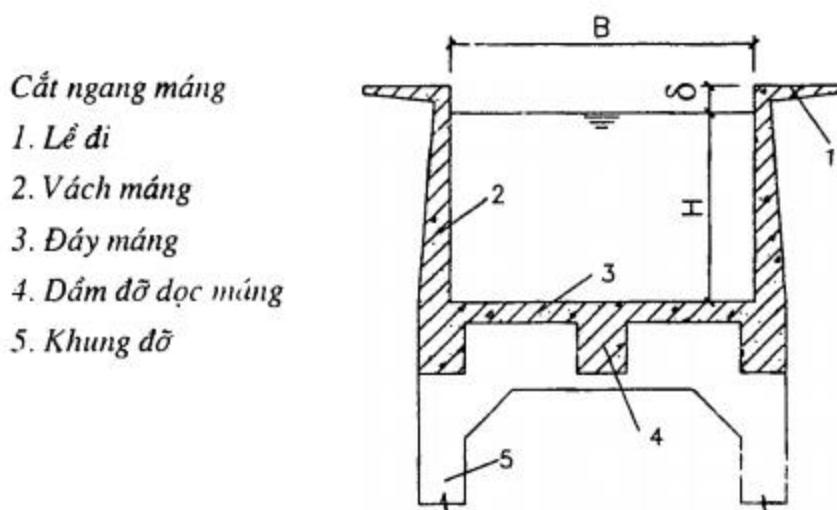
A. TÀI LIỆU THIẾT KẾ

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: $L = 30 \text{ m.}$
- Bề rộng máng: $B = 3,2 \text{ m.}$
- Cột nước lớn nhất trong máng: $H_{\max} = 2,2 \text{ m.}$



Sơ đồ cầu máng
1. *Thân máng*; 2. *Trụ đỡ*; 3. *Nối tiếp*



Vùng xây dựng công trình có cường độ gió $q_g = 1,2 \text{ kN/m}^2$, hệ số $k_{\text{gió đáy}} = 0,8$, hệ số $k_{\text{gió hút}} = 0,6$. Cầu máng thuộc công trình cấp III. Dùng bê tông mác M200, cốt thép nhóm CII. Dung trọng bê tông $\gamma_f = 25 \text{ kN/m}^3$.

Tra các phụ lục trong giáo trình Kết cấu Bê tông cốt thép được các số liệu sau:

$$k_n = 1,15; R_n = 90 \text{ daN/cm}^2; R_{k_i} = 7,5 \text{ daN/cm}^2; R_k^c = 11,5 \text{ daN/cm}^2; R_n^c = 11,5 \text{ daN/cm}^2; R_a = R'_a = 2700 \text{ daN/cm}^2; m_{b4} = 0,9; \alpha_0 = 0,6; A_0 = 0,42; E_a = 2,1 \cdot 10^6 \text{ daN/cm}^2; E_b = 2,4 \cdot 10^5 \text{ daN/cm}^2; n = \frac{E_a}{E_b} = 8,75; \mu_{min} = 0,1\%; a_{n, gh} = 0,24 \text{ mm}; \left[\frac{f}{1} \right] = \frac{1}{500}.$$

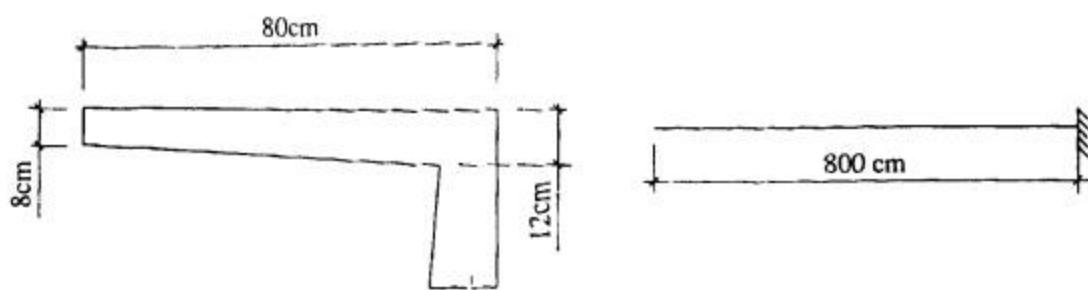
B. TÍNH TOÁN KẾT CẤU CÁC BỘ PHẬN CẦU MÁNG

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 đầm công xôn ngầm tại đầu vách máng. Chọn bề rộng lề $L_1 = 0,8 \text{ m}$. Chiều dày lề thay đổi dần $h_1 = 8 \div 12 \text{ cm}$. Trong tính toán lấy chiều dày trung bình $h = 10 \text{ cm}$.



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

$$q_{ng}^c = 2 \cdot 1m = 2 \text{ kN/m}$$

Tải trọng tính toán tổng cộng tác dụng lên lề người đi:

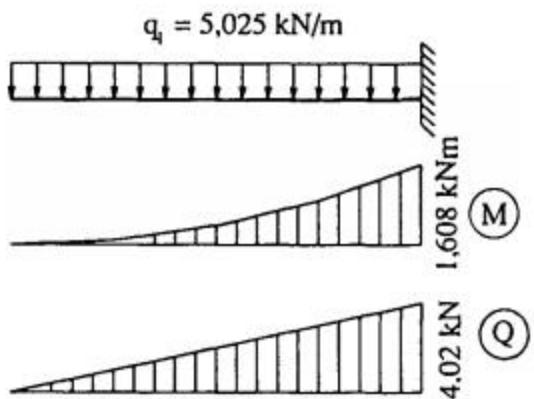
$$q_{tc} = n_{bt} q_{bt} + n_{ng} q_{ng}$$

Trong đó: $n_{bt} = 1,05$; $n_{ng} = 1,1$ là các hệ số vượt tải.

$$q_{tc} = 1,05 \cdot 2,5 + 1,1 \cdot 2 = 5,025 \text{ kN/m}$$

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 ngầm): $M = 1,608 \text{ kNm}$.

Tiết diện chữ nhật $b = 100 \text{ cm}$, $h = 10 \text{ cm}$. Chọn $a = 2 \text{ cm}$, $h_0 = 8 \text{ cm}$.

$$A = \frac{k_n n_c M}{m_b R_n b h_0^2} = \frac{1,15 \cdot 1 \cdot 16080}{1,90 \cdot 100 \cdot 8^2} = 0,032 \rightarrow \alpha = 0,033.$$

$$F_s = \frac{m_b R_n b h_0 \alpha}{m_a R_a} = \frac{1,90 \cdot 100 \cdot 8 \cdot 0,033}{1,1 \cdot 2700} = 0,79 \text{ cm}^2$$

Bố trí $5\phi 8/1\text{m}$ ($2,51 \text{ cm}^2$). Bố trí thép cầu tạo vuông góc $4\phi 6/1\text{m}$.

- Kiểm tra điều kiện cường độ theo lực cắt Q (tính với $Q_{\max} = 402 \text{ daN}$)

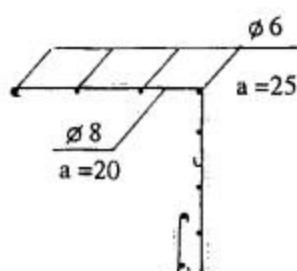
$$k_1 m_{b4} R_k b h_0 = 0,8 \cdot 0,9 \cdot 7,5 \cdot 100 \cdot 8 = 4320 \text{ daN}.$$

$$k_n n_c Q = 1,15 \cdot 1 \cdot 402 = 462,3 \text{ daN}.$$

$$k_n n_c Q < k_1 m_{b4} R_k b h_0. \text{ Không cần đặt cốt ngang.}$$

- Bố trí thép lề người đi.

Hình 1-3. Bố trí thép lề người đi

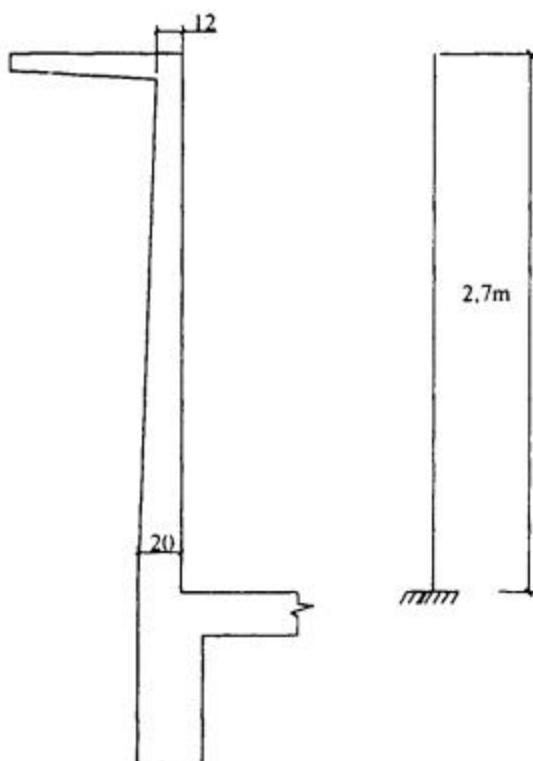


2. Vách máng

2.1. Sơ đồ tính toán

Cắt 1m dài dọc theo chiều dài máng. Vách máng được tính toán như một đầm công xôn ngầm tại đáy máng và dầm dọc. Sơ bộ chọn các kích thước vách máng:

- 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} .

$$M_l^c = \frac{q_l L_l^2}{2} = \frac{2,5 \cdot 0,8^2}{2} = 0,8 \text{ kNm} ; M_l = n_l M_l^c = 1,05 \cdot 0,8 = 0,84 \text{ kNm.}$$

$$q_{gd}^c = k_{gd} q_g 1m = 0,8 \cdot 1,2 \cdot 1 = 0,96 \text{ kN/m} ; q_{gd} = n_g q_{gd}^c = 1,3 \cdot 0,96 = 1,248 \text{ kN/m}$$

- Các tải trọng gây căng trong: M_l , M_{ng} , q_n , q_{gh} :

$$M_l^c = 0,8 \text{ kNm} ; M_l = 0,84 \text{ kNm.}$$

$$M_{ng}^c = \frac{q_{ng} L_1^2}{2} = \frac{2.0,8^2}{2} = 0,64 \text{ kNm};$$

$$M_{ng} = n_{ng} M_{ng}^c = 1,2.0,64 = 0,768 \text{ kNm}.$$

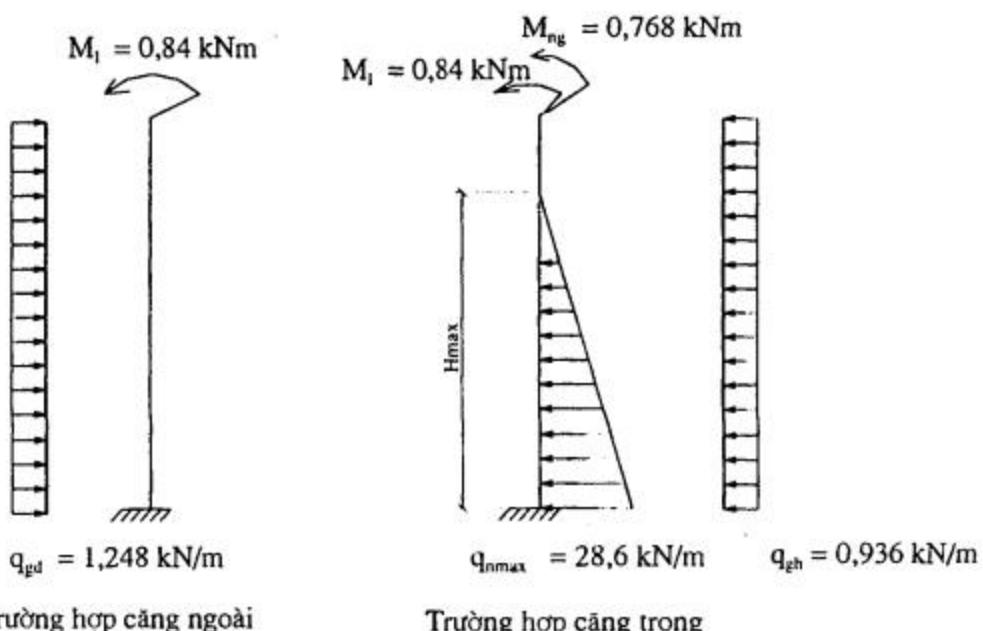
Biểu đồ áp lực nước có dạng hình tam giác:

$$q_{nmax}^c = k_d \gamma_n H_{max} l = 1,3.10.2,2.1 = 28,6 \text{ kN/m};$$

$$q_{nmax} = n_n q_{nmax}^c = 1.28,6 = 28,6 \text{ kN/m}$$

Trong đó: k_d là hệ số động

$$q_{gh}^c = k_{gh} \cdot q_g \cdot 1 = 0,6.1,2.2.1 = 0,72 \text{ kN/m}; q_{gh} = n_g q_{gh}^c = 1,3.0,72 = 0,936 \text{ kN/m}$$

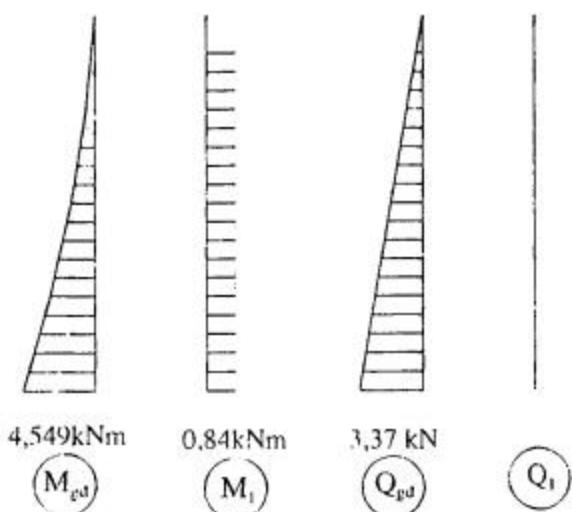


Hình 2-2. Tải trọng tác dụng lên vách máng.

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)



Xét mặt cắt nguy hiểm nhất (mặt cắt ngầm).

$$M = M_l + M_{gd}$$

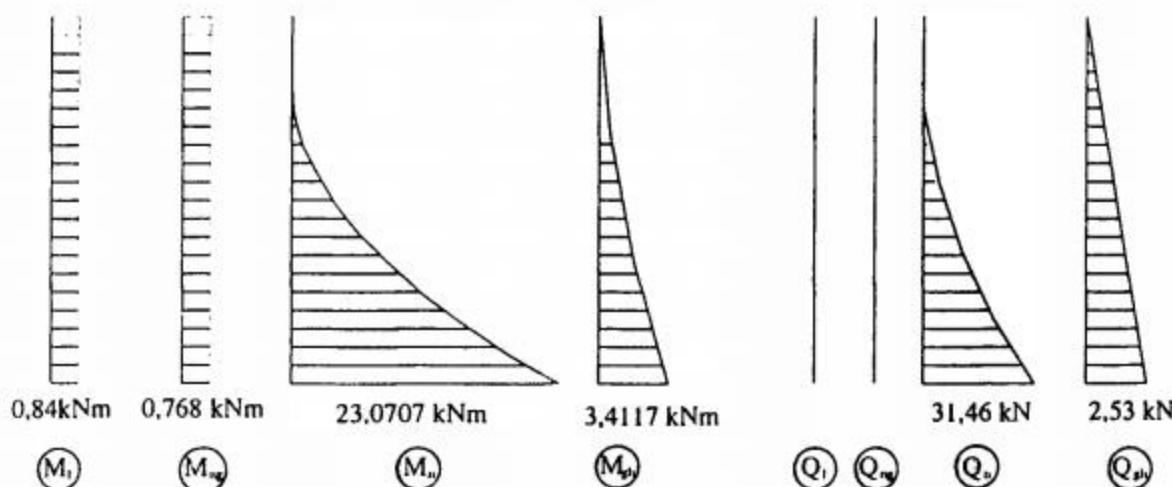
$$M_l^c = 0,8 \text{ kNm} ; M_l = 0,84 \text{ kNm.}$$

$$M_{gd}^c = \frac{q_{gd}^c \cdot H_v^2}{2} = \frac{0,96 \cdot 2,7^2}{2} = 3,4992 \text{ kNm;}$$

$$M_{gd} = n_g M_{gd}^c = 1,3 \cdot 3,4992 = 4,549 \text{ kNm}$$

$$M = 4,549 - 0,84 = 3,709 \text{ kNm}$$

I 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 ngầm).

$$M = M_l + M_{ng} + M_n + M_{gh}.$$

$$M_l^c = 0,8 \text{ kNm} ; M_l = 0,84 \text{ kNm.}$$

$$M_{ng}^c = 0,64 \text{ kNm}; M_{ng} = 0,768 \text{ kNm.}$$

$$M_n^c = \frac{q_{n,max}^c H_{max}^2}{6} = \frac{28,6 \cdot 2,2^2}{6} = 23,0707 \text{ kNm;}$$

$$M_n = n_n M_n^c = 1 \cdot 23,0707 = 23,0707 \text{ kNm}$$

$$M_{gh}^c = \frac{q_{gh}^c \cdot H_v^2}{2} = \frac{0,72 \cdot 2,7^2}{2} = 2,6244 \text{ kNm;}$$

$$M_{gh} = n_g M_{ng}^c = 1,3 \cdot 2,6244 = 3,4117 \text{ kNm}$$

$$M = 0,84 + 0,786 + 23,0707 + 3,4117 = 28,1084 \text{ kNm.}$$

$$Q = Q_l + Q_{ng} + Q_n + Q_{gh}$$

$$Q_l = 0 ; Q_{ng} = 0$$

$$Q_n = \frac{q_{max} H_{max}}{2} = \frac{28,6.2,2}{2} = 31,46 \text{ kN.}$$

$$Q_{gh} = q_{gh} H_v = 0,936.2,7 = 2,53 \text{ kN.}$$

$$Q = 31,46 + 2,53 = 33,99 \text{ kN}$$

2.4. Tính toán, bố trí cốt thép

Tiết diện tính toán hình chữ nhật $b = 100 \text{ cm}$, $h = 20 \text{ cm}$.

Chọn $a = 2 \text{ cm}$, $h_0 = h - a = 18 \text{ cm}$.

2.4.1. Trường hợp căng ngoài. ($M = 3,7090 \text{ kNm}$):

$$A = \frac{k_n n_c M}{m_b R_n b h_0^2} = \frac{1,15.1.37090}{1.90.100.18^2} = 0,015 \rightarrow \alpha = 0,015.$$

$$F_a = \frac{m_b R_n b h_0 \alpha}{m_a R_a} = \frac{1.90.100.18.0,015}{1,15.2700} = 0,78 \text{ cm}^2$$

Chọn $5\phi 8/1\text{m}$ ($2,51 \text{ cm}^2$).

2.4.2. Trường hợp căng trong ($M = 28,1084 \text{ kNm}$):

$$A = \frac{k_n n_c M}{m_b R_n b h_0^2} = \frac{1,15.1.281084}{1.90.100.18^2} = 0,11 \rightarrow \alpha = 0,11$$

$$F_a = \frac{m_b R_n b h_0 \alpha}{m_a R_a} = \frac{1.90.100.18.0,11}{1,15.2700} = 5,73 \text{ cm}^2.$$

Chọn $F_a = 5\phi 12/\text{m}$ ($5,65 \text{ cm}^2$).

Kiểm tra điều kiện cường độ theo lực cắt Q

Kiểm tra cho trường hợp căng trong:

$$k_l m_{b4} R_k b h_0 = 0,8.0,9.7,5.100.18 = 9720 \text{ daN.}$$

$$k_n n_c Q = 1,15.1. 3399 = 3910 \text{ daN}$$

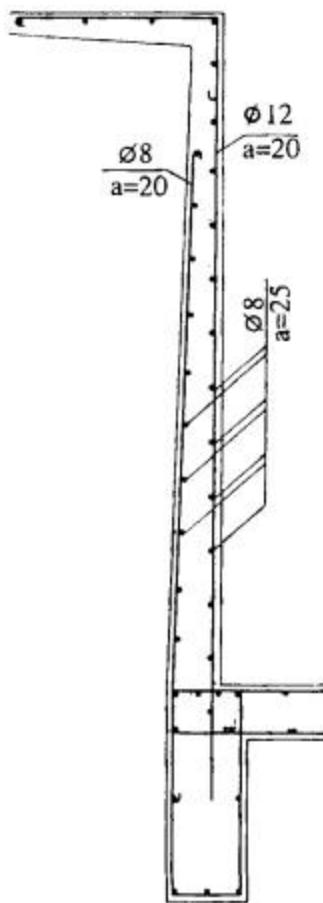
$k_n n_c Q < k_l m_{b4} R_k b h_0$. Không cần đặt cốt ngang.

Bố trí cốt thép

Lớp trong: $5\phi 12/1\text{m}$

Lớp ngoài: $5\phi 8/1\text{m}$

Dọc theo phương dòng chảy bố trí 2 lớp thép cátu tạo 4Ø8/1m.



Hình 2-5. Bố trí thép vách móng.

2.5. Kiểm tra nút

Kiểm tra cho trường hợp căng trong

$$M^c = M_i^c + M_{ng}^c + M_n^c + M_{gh}^c = 0,8 + 0,64 + 23,0707 + 2,6244 = 27,1351 \text{ kNm}$$

Điều kiện để cấu kiện không bị nứt:

$$n_c M^c \leq M_n = \gamma_1 R_k^c W_{qd}$$

$$\gamma_1 = m_h \gamma = 1.1,75 = 1,75 \quad (\text{ở đây } m_h = 1; \gamma = 1,75)$$

$$W_{qd} = \frac{J_{qd}}{h - x_n}$$

$$x_n = \frac{\frac{bh^2}{2} + nF_a h_0 + nF'_a a'}{bh + n(F_a + F'_a)} = \frac{\frac{100.20^2}{2} + 8,75.5,65.18 + 8,75.2,51.2}{100.20 + 8,75.(5,65 + 2,51)}$$

$$x_n = 10,1 \text{ cm.}$$

$$J_{qd} = \frac{bx_n^3}{3} + \frac{b(h - x_n)^3}{3} + nF_a(h_0 - x_n)^2 + nF'_a(x_n - a')^2$$

$$J_{qd} = \frac{100 \cdot 10,1^3}{3} + \frac{100 \cdot (20 - 10,1)^3}{3} + 8,75 \cdot 5,65 \cdot (18 - 10,1)^2 + 8,75 \cdot 2,51 \cdot (10,1 - 2)^2$$

$$J_{qd} = 71213,02 \text{ cm}^4$$

$$W_{qd} = \frac{J_{qd}}{h - x_n} = \frac{71213,02}{20 - 10,1} = 7193,23 \text{ cm}^3$$

$$M_n = \gamma_l R_k^c W_{qd} = 1,75 \cdot 11,5 \cdot 7193,23 = 144763,84 \text{ daNm.}$$

$$n_c M^c = 1.271351 = 271351 \text{ daNm} > M_n.$$

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.

$$M_{dh}^c = M_l^c + M_n^c = 0,8 + 23,0707 = 23,8707 \text{ kNm} = 238707 \text{ daNm.}$$

$$M_{ng,h}^c = M_{ng}^c + M_{gh}^c = 0,64 + 2,6244 = 3,2644 \text{ kNm} = 32644 \text{ daNm.}$$

Tính bề rộng khe nứt a_n theo công thức kinh nghiệm

$$a_{n1} = k c_1 \eta \frac{\sigma_{a1} - \sigma_0}{E_a} \cdot 7 \cdot (4 - 100 \cdot \mu) \cdot \sqrt{d}$$

$$a_{n2} = k c_2 \eta \frac{\sigma_{a2} - \sigma_0}{E_a} \cdot 7 \cdot (4 - 100 \cdot \mu) \cdot \sqrt{d}$$

$$\sigma_{a1} = \frac{M_{dh}^c}{F_a Z_l} = \frac{238707}{5,65 \cdot 15,3} = 2761,4 \text{ daN/cm}^2$$

$$\sigma_{a2} = \frac{M_{ng,h}^c}{F_a Z_l} = \frac{32644}{5,65 \cdot 15,3} = 377,63 \text{ daN/cm}^2.$$

$$(Z_l = \eta \cdot h_0 = 0,85 \cdot 18 = 15,3 \text{ cm}; \eta: \text{Tra bảng 5-1}).$$

$$a_{n1} = 1,1 \cdot 3,1 \cdot \frac{2761,4 - 200}{2,1 \cdot 10^6} \cdot 7 \cdot (4 - 100 \cdot 0,0031) \cdot \sqrt{12} = 0,14 \text{ mm.}$$

$$a_{n2} = 1,1 \cdot 1 \cdot \frac{377,63 - 200}{2,1 \cdot 10^6} \cdot 7 \cdot (4 - 100 \cdot 0,0031) \cdot \sqrt{12} = 0,01 \text{ mm}$$

$$a_n = 0,15 \text{ mm} < a_{n,gh}$$

Kết luận: Vậy bề rộng khe nứt đảm bảo yêu cầu thiết kế.

3. Đáy móng

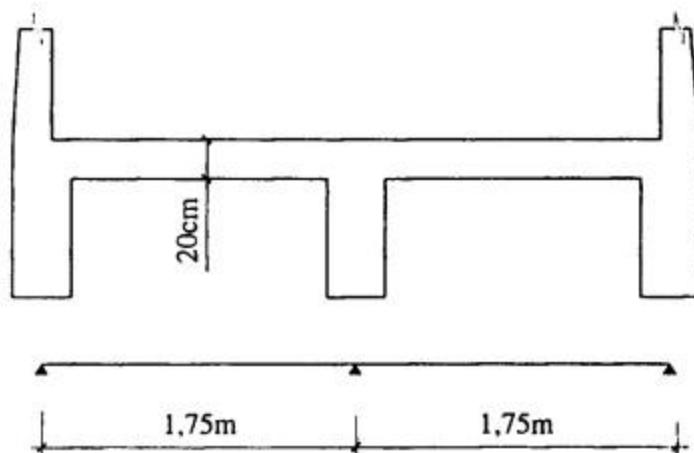
3.1. Sơ đồ tính toán

Cắt 1m dài vuông góc với chiều dòng chảy, đáy móng được tính như một đầm liên tục 2 nhịp có gối đỡ là các đầm dọc.

Sơ bộ chọn kích thước đáy móng như sau:

- Chiều dày bản đáy $h_d = 25$ m
- Bề rộng đáy móng $B = 3,4$ m.
- Chiều dài nhịp $l = 1,75$ m.

(Chọn bề rộng đầm $b_d = 30$ cm).



Hình 3-1. Sơ đồ tính toán đáy móng.

3.2 Tải trọng tác dụng

- Tải trọng bản thân:

$$q_d^c = \gamma_b h_d \cdot l = 25 \cdot 0,25 \cdot 1 = 6,25 \text{ kN/m};$$

$$q_d = n_d q_d^c = 1,05 \cdot 6,25 = 6,56 \text{ kN/m}.$$

- Tải trọng nước ứng với cột nước H_{max} :

$$q_{max}^c = k_d \gamma_n H_{max} \cdot l = 1,3 \cdot 10 \cdot 2,2 \cdot 1 = 28,6 \text{ kN/m};$$

$$q_{max} = n_n q_{max}^c = 1,28 \cdot 28,6 = 28,6 \text{ kN/m}$$

$$M_{max}^c = 23,0707 \text{ kNm}; M_{max} = 23,0707 \text{ kNm}.$$

- Tải trọng nước ứng với mực nước cột nước nguy hiểm (H_{ngh})

$$H_{ngh} = \frac{l_d}{\sqrt{2}} = \frac{1,75}{\sqrt{2}} = 1,24 \text{ m}$$

$$M_{ngh}^c = k_d \gamma_n H_{ngh} \cdot 1 = 1,3 \cdot 10 \cdot 1,24 \cdot 1 = 16,12 \text{ kN/m};$$

$$q_{ngh} = n_n \cdot q_{ngh}^c = 1.16,12 = 16,12 \text{ kN/m}$$

$$M_{ngh}^c = \frac{k_d \gamma_n H_{ngh}^3 \cdot 1}{6} = \frac{1,3 \cdot 10 \cdot 1,24^3 \cdot 1}{6} = 4,13 \text{ kNm};$$

$$M_{ngh} = 4,13 \text{ kNm}$$

- *Tải trọng gió:*

$$M_{gd}^c = 3,4992 \text{ kNm}; M_{gd} = 4,5490 \text{ kNm.}$$

$$M_{gh}^c = 2,6244 \text{ kNm}; M_{gh} = 3,4117 \text{ kNm.}$$

- *Tải trọng do người:*

$$M_{ng}^c = 0,64 \text{ kNm}; M_{ng} = 0,768 \text{ kNm.}$$

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 mó men căng u ên tại mặt cắt sát vách.

$$M_1 = M_I + M_{II} + M_{IV} + M_{VII} = 0,84 + 23,0707 + 0,768 + 3,4117 = 28,0904 \text{ kNm.}$$

$$M_1 = 280904 \text{ daNm.}$$

Tiết diện tính toán hình chữ nhật: $b = 100 \text{ cm}, h = 25 \text{ cm}$.

Chọn $a = 3 \text{ cm} \rightarrow h_0 = 22 \text{ cm}$.

$$A = \frac{k_n n_c M}{m_b R_n b h_0^2} = \frac{1,15 \cdot 1 \cdot 280904}{1,90 \cdot 100 \cdot 22^2} = 0,074 \rightarrow \alpha = 0,077$$

$$A = 0,074 < A_0 \rightarrow \text{Tính } F_a:$$

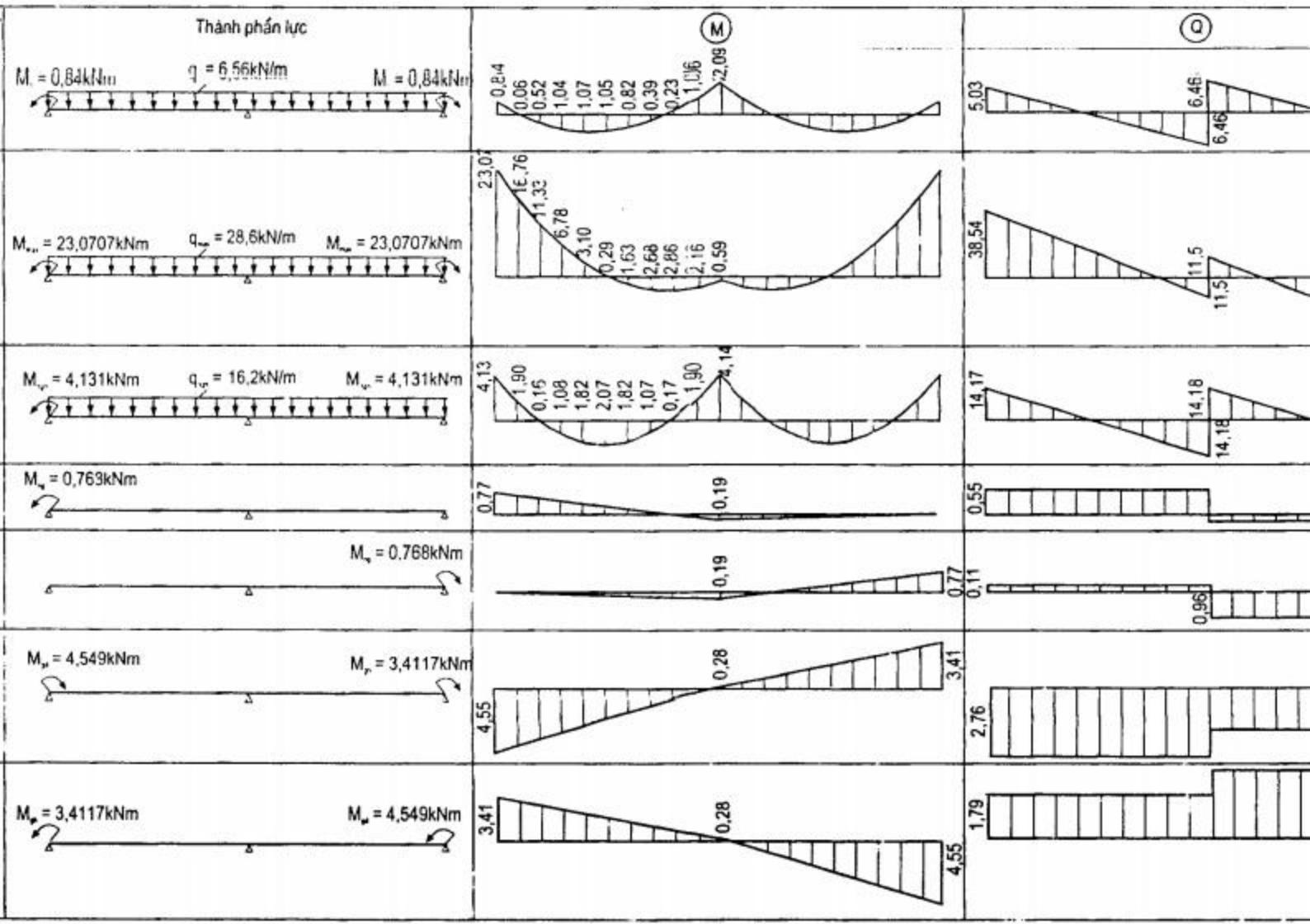
$$F_a = \frac{m_b R_n b h_0 \alpha}{m_a R_a} = \frac{1,90 \cdot 100 \cdot 22 \cdot 0,077}{1,15 \cdot 2700} = 4,92 \text{ cm}^2$$

Chọn $F_a = 5\phi 12/1m (5,65 \text{ cm}^2)$.

3.4.2. Trường hợp gây mó men căng dưới tại mặt cắt giữa nhịp.

$$M_2 = M_I + M_{III} + M_V + M_{VII} = 1,0456 + 2,0674 + 0,096 + 2,1323 = 5,3413 \text{ kNm.}$$

$$M_2 = 53413 \text{ daNm.}$$



Hình 3-2. Biểu đồ nội lực dây mảng

Tiết diện tính toán hình chữ nhật: $b = 100 \text{ cm}$, $h = 25 \text{ cm}$.

Chọn $a = 3 \text{ cm} \rightarrow h_0 = 22 \text{ cm}$.

$$A = \frac{k_n \cdot n_c \cdot M}{m_b \cdot R_n \cdot b \cdot h_0^2} = \frac{1,15 \cdot 1,53413}{1,90 \cdot 100 \cdot 22^2} = 0,014 \rightarrow \alpha = 0,014.$$

$A = 0,014 < A_0 \rightarrow$ Tính F_a

$$F_a = \frac{m_b \cdot R_n \cdot b \cdot h_0 \cdot \alpha}{m_a \cdot R_a} = \frac{1,90 \cdot 100 \cdot 22 \cdot 0,014}{1,15 \cdot 2700} = 0,9 \text{ cm}^2$$

Chọn $F_a = 5\phi 10/1\text{m}$ ($3,93 \text{ cm}^2$).

3.4.3. Trường hợp mố men căng trên tại gối giữa.

$$M_3 = M_I + M_{III} + M_{VI} = 2,0913 + 4,136 + 0,2843 = 6,5116 \text{ kNm.}$$

$$M_3 = 65116 \text{ daNcm.}$$

Tiết diện tính toán hình chữ nhật: $b = 100 \text{ cm}$, $h = 25 \text{ cm}$.

Chọn $a = 3 \text{ cm} \rightarrow h_0 = 22 \text{ cm}$.

$$A = \frac{k_n n_c M}{m_b R_n b h_0^2} = \frac{1,15 \cdot 1,65116}{1,90 \cdot 100 \cdot 22^2} = 0,017 \rightarrow \alpha = 0,017.$$

$A = 0,017 < A_0$

$$F_a = \frac{m_b R_n b h_0 \alpha}{m_a R_a} = \frac{1,90 \cdot 100 \cdot 22 \cdot 0,017}{1,15 \cdot 2700} = 1,1 \text{ cm}^2$$

Chọn $F_a = 5\phi 12/1\text{m}$ ($5,65 \text{ cm}^2$).

Kiểm tra cường độ trên mặt cắt nghiêng

Kiểm tra tại mặt cắt sát vách máng.

$$Q = Q_I + Q_{II} + Q_{IV} + Q_V + Q_{VII} = 5,03 + 38,54 + 0,55 + 0,11 + 1,79 = 46,02 \text{ kN.}$$

$$k_1 m_{b4} R_k b h_0 = 0,8 \cdot 0,9 \cdot 7,5 \cdot 100 \cdot 22 = 11880 \text{ daN.}$$

$$k_n n_c Q = 1,15 \cdot 4602 = 5292,3 \text{ daN.}$$

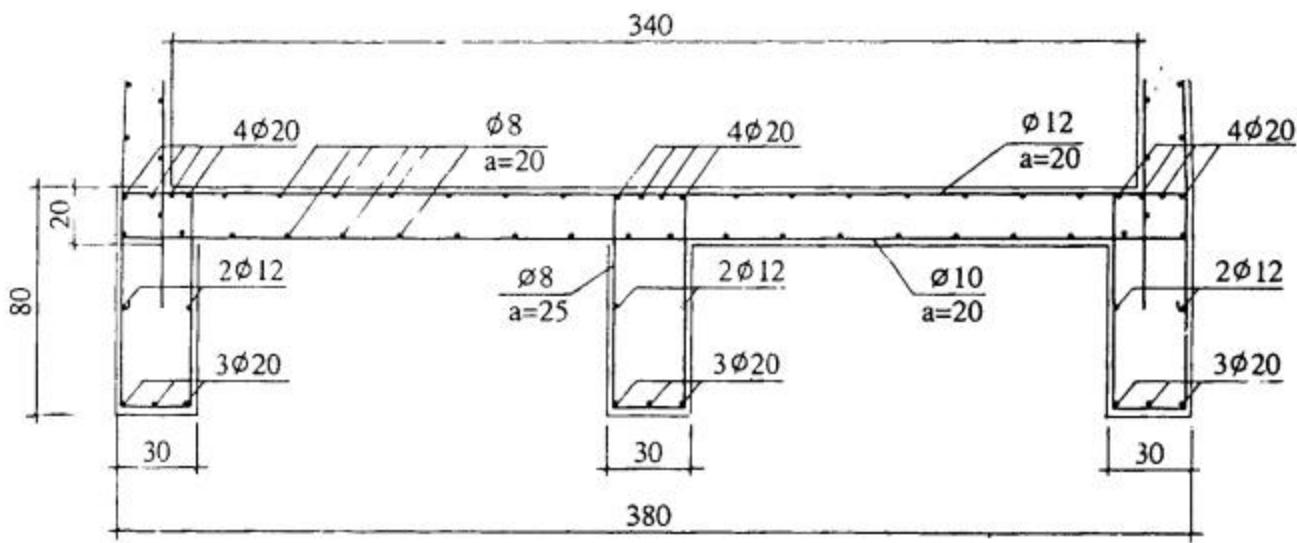
$k_n n_c Q < k_1 m_{b4} R_k b h_0 \rightarrow$ Không cần tính cốt ngang.

Bố trí thép toàn đáy máng

- Lớp trên: $5\phi 12/1\text{m}$ dài.

- Lớp dưới: $5\phi 10/1\text{m}$ dài.

Dọc theo chiều dòng chảy bố trí cấu tạo $5\phi 8/1\text{m}$ dài.



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:

$$n_c \cdot M^c \leq M_n = \gamma_1 \cdot R_k^c \cdot W_{qd}$$

$$\gamma_1 = m_h \cdot \gamma = 1 \cdot 1,75 = 1,75$$

$$W_{qd} = J_{qd} / (h - x_n)$$

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

$$x_n = \frac{\frac{bh^2}{2} + nF_a h_0 + nF'_a a'}{bh + n(F_a + F'_a)} = \frac{\frac{100 \cdot 25^2}{2} + 8,75 \cdot 5,65 \cdot 22 + 8,75 \cdot 3,93 \cdot 3}{100 \cdot 25 + 8,75 \cdot (5,65 + 3,93)} = 12,6\text{cm}$$

$$x_n = 12,6\text{ cm}$$

$$J_{qd} = \frac{bx_n^3}{3} + \frac{b(h - x_n)^3}{3} + nF_a(h_0 - x_n)^2 + nF'_a(x_n - a')^2$$

$$J_{qd} = \frac{100 \cdot 12,6^3}{3} + \frac{100 \cdot (25 - 12,6)^3}{3} + 8,75 \cdot 5,65(22 - 12,6)^2 + 8,75 \cdot 3,93(12,6 - 3)^2$$

$$J_{qd} = 137770,78 \text{ cm}^4$$

$$W_{qd} = \frac{J_{qd}}{h - x_n} = \frac{137770,78}{25 - 12,6} = 11110,55 \text{ cm}^3$$

$$M_n = \gamma_1 \cdot R_k^c \cdot W_{qd} = 1,75 \cdot 11,5 \cdot 11110,55 = 223599,76 \text{ daNm.}$$

$$n_c \cdot M^c = 1.271351 = 271351 \text{ daNcm} > M_n$$

→ Mặt cắt sát vách máng bị nứt.

Tính toán bề rộng khe nứt:

$$a_n = a_{n1} + a_{n2}$$

$$M_{dh}^c = M_l^c + M_n^c = 0.8 + 23,0707 = 23,8707 \text{ kN} = 238707 \text{ daNcm.}$$

$$M_{ngh}^c = M_{ng}^c + M_{gh}^c = 0,64 + 2,6244 = 3,2644 \text{ kN} = 32644 \text{ daNcm.}$$

Tính bề rộng khe nứt a_n theo công thức kinh nghiệm:

$$a_{n1} = k \cdot c_1 \cdot \eta \frac{\sigma_{a1} - \sigma_0}{E_a} \cdot 7 \cdot (4 - 100 \cdot \mu) \cdot \sqrt{d}$$

$$a_{n2} = k \cdot c_2 \cdot \eta \frac{\sigma_{a2} - \sigma_0}{E_a} \cdot 7 \cdot (4 - 100 \cdot \mu) \cdot \sqrt{d}$$

$$\sigma_{a1} = \frac{M_{dh}^c}{F_a \cdot Z_l} = \frac{238707}{5,65 \cdot 18,7} = 2259,3 \text{ daN/cm}^2$$

$$\sigma_{a2} = \frac{M_{ngh}^c}{F_a \cdot Z_l} = \frac{32644}{5,65 \cdot 18,7} = 308,97 \text{ daN/cm}^2$$

($Z_l = \eta \cdot h_0 = 0,85 \cdot 22 = 18,7 \text{ cm}$; η : Tra bảng 5-1).

$$a_{n1} = 1.1.3.1. \frac{2259,3 - 200}{2,1 \cdot 10^6} \cdot 7 \cdot (4 - 100 \cdot 0,0026) \cdot \sqrt{12}$$

$$a_{n2} = 1.1.1. \frac{309 - 200}{2,1 \cdot 10^6} \cdot 7 \cdot (4 - 100 \cdot 0,0026) \cdot \sqrt{12}$$

Thay số được $a_{n1} = 0,12 \text{ mm}$; $a_{n2} = 0,005 \text{ mm}$

$$a_n = 0,125 \text{ mm} < a_{ngh}$$

Kết luận: Vậy bề rộng khe nứt đảm bảo yêu cầu thiết kế.

3.5.2. Đối với mặt cắt giữa nhịp

$M^c = 4,7834 \text{ kNm}$. Tiết diện chữ nhật: $b = 100 \text{ cm}$, $h = 25 \text{ cm}$, $a = a' = 3 \text{ cm}$, $h_0 = 22 \text{ cm}$, $F_a = 3,93 \text{ cm}^2$, $F'_a = 5,65 \text{ cm}^2$

$$x_n = \frac{\frac{b \cdot h^2}{2} + n \cdot F_a \cdot h_0 + n \cdot F'_a \cdot a'}{b \cdot h + n(F_a + F'_a)} = \frac{\frac{100 \cdot 25^2}{2} + 8,75 \cdot 3,39 \cdot 22 + 8,75 \cdot 5,65 \cdot 3}{100 \cdot 25 + 8,75 \cdot (3,39 + 5,65)}$$

$$x_n = 12,4 \text{ cm}$$

$$J_{qd} = \frac{b \cdot x_n^3}{3} + \frac{b \cdot (h - x_n)^3}{3} + n \cdot F_a (h_0 - x_n)^2 + n \cdot F'_a \cdot (x_n - a')^2$$

$$J_{qd} = \frac{100 \cdot 12,4^3}{3} + \frac{100 \cdot (25 - 12,4)^3}{3} + 8,75 \cdot 3,93(22 - 12,4)^2 + 8,75 \cdot 5,65(12,4 - 3)^2$$

$$J_{qd} = 137770,78 \text{ cm}^4$$

$$W_{qd} = \frac{J_{qd}}{h - x_n} = \frac{137770,78}{25 - 12,4} = 10934,19 \text{ cm}^3$$

$$M_n = \gamma_1 R_k^c W_{qd} = 1,75 \cdot 11,5 \cdot 10934,19 = 220050,56 \text{ daNm.}$$

$$n_c \cdot M^c = 1.47834 = 47834 \text{ daNm} < M_n. \text{ Mật cắt giữa nhịp không bị nứt.}$$

4. Dầm đỡ giữa

4.1. Sơ đồ tính toán

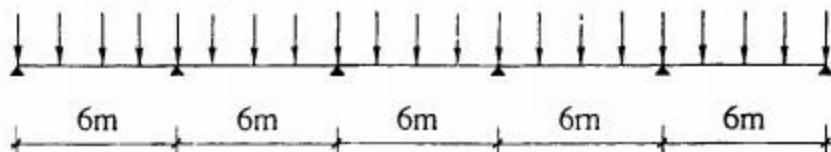
Đáy máng bố trí 3 dầm (2 dầm bên, 1 dầm giữa). Hai dầm bên chịu tải trọng từ vách máng và phần lề người đi truyền xuống nhưng chịu tải trọng nước và tải bản thân ít hơn dầm giữa. Tính toán dầm giữa, 2 dầm bên bố trí thép tương tự.

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.

$$\text{Chiều dài nhịp } l_{nhip} = \frac{L}{5} = \frac{30}{5} = 6 \text{ m.}$$

Chọn kích thước dầm.

- Chiều cao dầm: $h_d = 80 \text{ cm}$.
- Bề rộng sườn: $b = 30 \text{ cm}$.
- Bề rộng cánh dầm: $B/2 = 3,2/2 = 1,6 \text{ m} = 160 \text{ cm}$.



Hình 4.1. Sơ đồ tính toán dầm đỡ giữa.

4.2. Tải trọng tác dụng

- Tải trọng bản thân

$$q_d^c = \gamma_b F_d \cdot 1 = 25 \cdot (0,8 \cdot 0,3 + 1,3 \cdot 0,25) = 14,13 \text{ kN/m}$$

$$q_d = n_d q_d^c = 1,05 \cdot 12,5 = 14,83 \text{ kN/m.}$$

- *Tải trọng nước* (tương ứng với cột nước H_{\max})

$$q_n^c = k_d \gamma_n (B/2) H_{\max} = 1,3 \cdot 10 \cdot 1,6 \cdot 2,2 = 45,76 \text{ kN/m}$$

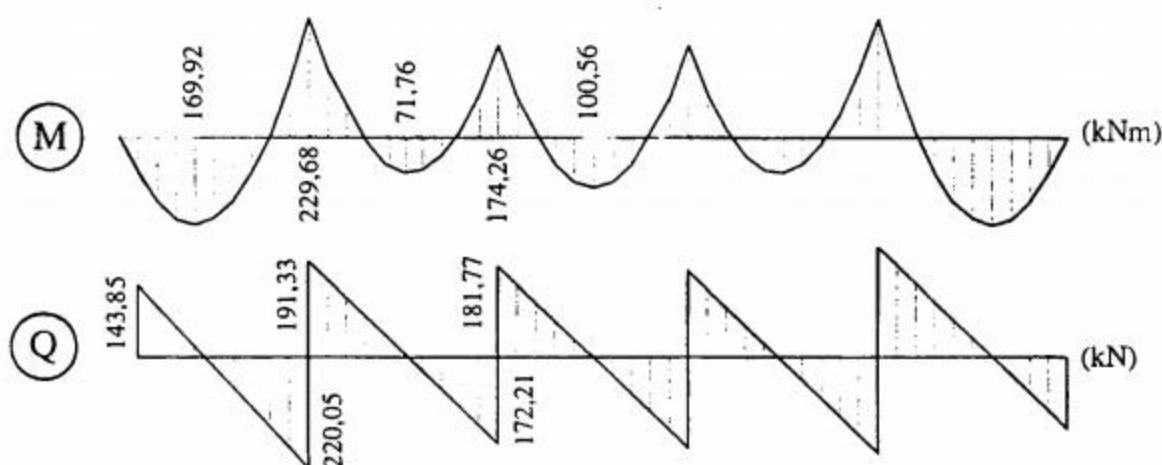
$$q_n = n_n q_n^c = 1.45,76 = 45,76 \text{ kN/m.}$$

- *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 đầm.



Hình 4-2. Biểu đồ nội lực của đầm.

4.4. Tính toán cốt thép

Tính thép cho 2 mặt cắt có mõ men cảng trên và cảng dưới lớn nhất.

4.4.1. Trường hợp cảng trên

$$M_{\max} = 2296846 \text{ daNcm.}$$

Tiết diện chữ T cánh kéo. Tính toán như đối với tiết diện chữ nhật $b \times h = 30 \times 80 \text{ cm}$

Chọn $a = a' = 4 \text{ cm}$, $h_0 = 76 \text{ cm}$

$$A = \frac{k_n n_c M}{m_b R_n b h_0^2} = \frac{1,15 \cdot 1 \cdot 2296846}{1,90 \cdot 30 \cdot 76^2} = 0,169 \rightarrow \alpha = 0,186$$

$A < A_0 \rightarrow$ Tính F_a .

$$F_a = \frac{m_b R_n b h_0 \alpha}{m_a R_a} = \frac{1,90 \cdot 30 \cdot 76 \cdot 0,186}{1,1 \cdot 2700} = 12,85 \text{ cm}^2$$

Chọn $F_a = 4\phi 20 (12,56 \text{ cm}^2)$

4.4.2. Trường hợp cảng dưới

$$M_{\max} = 1699186 \text{ daNm.}$$

Tiết diện tính toán hình chữ T cánh nén:

$$b = 30 \text{ cm}, h = 80 \text{ cm}, b'_c = 160 \text{ cm}, h'_c = 25 \text{ cm.}$$

Chọn $a = a' = 4 \text{ cm} \rightarrow h_a = 76 \text{ cm.}$

Kiểm tra vị trí trục trung hoà.

$$M_c = m_b R_n b'_c h'_c \left(h_0 - \frac{h'_c}{2} \right) = 1.90.160.25. \left(76 - \frac{25}{2} \right) = 22860000 \text{ daNm}$$

$$k_n n_c M = 1,15.1.1699186 = 1954063,9 \text{ daNm}$$

$$k_n n_c M < M_c \rightarrow \text{Trục trung hoà đi qua cánh (}x \leq h_c\text{).}$$

Tính toán cốt thép tương tự như đối với tiết diện chữ nhật $b'_c \times h = 160 \times 80 \text{ cm.}$

$$A = \frac{k_n n_c M}{m_b R_n b'_c h'_c} = \frac{1,15.1.1699186}{1,15.90.160.76^2} = 0,02 \rightarrow \alpha = 0,02$$

$A < A_0 \rightarrow$ 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 $F_a = 3\phi 20 (9,42 \text{ cm}^2).$

Kiểm tra cường độ trên mặt cắt nghiêng và tính cốt thép ngang.

Kiểm tra cho mặt cắt có lực cắt lớn nhất ($Q_{\max} = 22005 \text{ daN}.$)

$$k_l m_{b4} R_k b h_0 = 0,6.0,9.7,5.30.76 = 9234 \text{ daN.}$$

$$k_n n_c Q = 1,15.22005 = 25305,75 \text{ daN.}$$

$$0,25 m_{b3} R_n b h_0 = 0,25.1.90.30.76 = 51300 \text{ daN.}$$

$$k_l m_{b4} R_k b h_0 < k_n n_c Q < 0,25 m_{b3} R_n b h_0 \rightarrow$$
 Bố trí cốt ngang.

Tính toán cốt dai:

Theo điều kiện cấu tạo chọn đường kính cốt dai $d = 8 \text{ mm} \rightarrow f_d = 0,503 \text{ cm}^2,$ số nhánh $n_d = 2.$

Tính khoảng cách giữa các thanh cốt dai:

$$u_{\max} = \frac{1,5 m_{b4} R_k b h_0^2}{k_n n_c Q} = \frac{1,5.0,9.7,5.30.76^2}{1,15.1.22005} = 69,3 \text{ cm}$$

$$u_{ct} = \frac{h}{3} = \frac{80}{3} = 26 \text{ cm}$$

$$u_u = m_a R_{ad} n_d f_d \frac{8m_b R_k b h_0^2}{(k_n n_c Q)^2} = 1,1.2150.2.0,503 \cdot \frac{8.0,9.7,5.30.76^2}{(1,15.1.22005)^2} = 34,8 \text{ cm.}$$

Chọn $u = 25 \text{ cm.}$

Tính toán cốt xiên.

$$Q_{db} = 2,8h_0 \sqrt{m_b R_k b q_d}$$

$$q_d = \frac{m_a R_{ad} n f_d}{u} = \frac{1,1.2150.2.0,503}{25} = 95,17 \text{ daN/cm.}$$

$$Q_{db} = 2,8.76 \cdot \sqrt{0,9.7,5.30.95,17} = 29541,61 \text{ daN}$$

$$k_n n_c Q = 1,15.1.22005 = 25305,75 \text{ daN} < Q_{db}. \text{ Không cần đặt cốt xiên.}$$

Bố trí cốt thép dầm (xem hình 3.3).

4.5. Kiểm tra nút và tính bê rộng khe nứt

Điều kiện để dầm không bị nứt:

$$n_c M_c^c \leq M_n = \gamma_l R_k^c W_{qd}$$

$$\gamma_l = m_h \gamma; W_{qd} = \frac{J_d}{h - x_n}$$

Kiểm tra cho 2 mặt cắt có mô men dương và âm lớn nhất.

4.5.1. Trường hợp căng dưới

$M_{max}^c = 1679555 \text{ daNm. Tiết diện chữ T: } b = 30 \text{ cm, } h = 80 \text{ cm, } b'_c = 160 \text{ cm, } h'_c = 25 \text{ cm, } a = a' = 4 \text{ cm, } h_0 = 76 \text{ cm, } F_a = 9,42 \text{ cm}^2, F'_a = 12,56 \text{ cm}^2.$

$$\gamma_l = m_h \gamma = 1,1,75 = 1,75.$$

$$x_n = \frac{\frac{bh^2}{2} + (b'_c - b) \frac{h'^2}{2} + nF_a h_0 + naF'_a}{bh + (b'_c - b)h'_c + n(F'_a + F_a)}$$

$$x_n = \frac{\frac{30.80^2}{2} + (160 - 30) \cdot \frac{25^2}{2} + 8,75.9,42.76 + 8,75.12,56.4}{30.80 + (160 - 30).25 + 8,75.(9,42 + 12,56)} = 24,5 \text{ cm}$$

$$J_{qd} = \frac{b'_c x_n^3}{3} + \frac{(b'_c - b)(h'_c - x_n)^3}{3} + \frac{b(h - x_n)^3}{3} + nF_a(h_0 - x_n)^2 + nF'_a(x_n - a')^2$$

$$J_{qd} = \frac{160.24,5^3}{3} + \frac{(160 - 30)(25 - 24,5)^3}{3} + \frac{30(80 - 24,5)^3}{3} + \\ + 8,75.9,42.(76 - 24,5)^2 + 8,75.12,56.(24,5 - 4)^2$$

$$J_{qd} = 2758668 \text{ cm}^4.$$

$$W_{qd} = \frac{J_{qd}}{h - x_n} = \frac{2758668}{80 - 24,5} = 49705,73 \text{ cm}^3$$

$$M_n = \gamma_1 R_k^c W_{qd} = 1,75.11,5.49705,73 = 1000327,82 \text{ (daNcm)}.$$

$$n_c M^c = 1.1679555 = 1679555 \text{ daNcm} > M_n$$

Kết luận: Tai mặt cắt trên đầm bị nứt.

Tính bể rộng khe nứt.

$$a_n = k.c.\eta \frac{\sigma_a - \sigma_0}{E_a} . 7.(4 - 100. \mu) . \sqrt{d}$$

$$\sigma_a = \frac{M^c}{F_a \cdot Z_l} = \frac{1679555}{9,42.64,6} = 2760 \text{ daN/cm}^2$$

$$(Z_l = \eta \cdot h_0 = 0,85.76 = 64,6 \text{ cm}; \eta: \text{Tra bảng 5-1}).$$

$$a_n = 1.1.3.1. \frac{2760 - 200}{2,1.10^6} . 7.(4 - 100.0,004) . \sqrt{20}$$

$$a_n = 0,18 \text{ mm} < a_{ngh}$$

Vậy bể rộng khe nứt đảm bảo yêu cầu thiết kế.

4.5.2. Trường hợp căng trên

$M_{max}^c = 2270310 \text{ daNcm}$, $F_a = 12,56 \text{ cm}^2$, $F'_a = 9,42 \text{ cm}^2$, Tiết diện chữ T: $b = 30 \text{ cm}$, $h = 80\text{cm}$, $b'_c = 160 \text{ cm}$, $h'_c = 25\text{cm}$, $a = a' = 4\text{cm}$, $h_0 = 76 \text{ cm}$, $F_a = 12,56\text{cm}^2$, $F'_a = 9,42\text{cm}^2$.

$$\gamma_1 = m_h \cdot \gamma = 1.1,75 = 1,75.$$

$$x_n = \frac{\frac{bh^2}{2} + (b_c - b)h_c \left(h - \frac{h_c}{2} \right) + nF_a h_0 + naF'_a}{bh + (b_c - b)h_c + n(F_a + F'_a)}$$

$$x_n = \frac{\frac{30.80^2}{2} + (160 - 30).25 \left(80 - \frac{25}{2} \right) + 8,75.12,56.76 + 8,75.9,42.4}{30.80 + (160 - 30).25 + 8,75(12,56 + 9,42)} = 55,5 \text{ cm}$$

$$J_{qd} = \frac{bx_n^3}{3} + \frac{(b_c - b)(h_c + x_n - h)^3}{3} + \frac{b_c(h - x_n)^3}{3} + n.F_a(h_0 - x_n)^2 + n.F'_a(x_n - a')^2$$

$$J_{qd} = \frac{30.55,5^3}{3} + \frac{(160 - 30).(25 + 55,5 - 80)^3}{3} - \frac{160.(80 - 55,5)^3}{3} + \\ + 8,75.12,56.(76 - 55,5)^2 + 8,75.9,42.(55,5 - 4)^2.$$

$$J_{qd} = 2758668 \text{ cm}^4$$

$$W_{qd} = \frac{J_{qd}}{h - x_n} = \frac{2758668}{80 - 55,5} = 112598,69 \text{ cm}^3$$

$$M_n = \gamma_l R_k^c W_{qd} = 1,75.11,5.112598,69 = 2266048,73 \text{ daNcm.}$$

$$n_c \cdot M^c = 1.2270310 = 2270310 \text{ daNcm} > M_n. \text{ Dầm bị nứt tại mặt cắt trên}$$

Tính bề rộng khe nứt.

$$a_n = kc\eta \frac{\sigma_a - \sigma_0}{E_a} \cdot 7.(4 - 100. \mu) \cdot \sqrt{d}$$

$$\sigma_a = \frac{M^c}{F_a Z_l} = \frac{2270310}{12,56.64,6} = 2798 \text{ daN/cm}^2$$

$$(Z_l = \eta h_0 = 0,85.76 = 64,6 \text{ cm}; \eta: \text{tra bảng 5-1}).$$

$$a_n = 1.1,3.1. \frac{2798 - 200}{2,1.10^6} \cdot 7.(4 - 100.0,0055) \cdot \sqrt{20}$$

$$a_n = 0,17 \text{ mm} < a_{ngb}$$

Vậy bề rộng khe nứt đảm bảo yêu cầu thiết kế.

4.6. Tính biến dạng dầm

Tính toán kiểm tra độ vông cho mặt cắt giữa nhịp dầm đầu tiên: $M^c = 1679555 \text{ daNcm}$

- Tính B_{dh} :

$$B_{dh} = \frac{B_{ngb}}{\delta}$$

$$B_{ngb} = \frac{E_a F_a Z_l (h_0 - \bar{x})}{\Psi_a}$$

- Tính \bar{x} theo quan hệ:

$$\varphi = \frac{x}{\bar{x}} = 1 - \frac{0,7}{100.\mu + 1}$$

$$\xi = \frac{x}{h_0} = \frac{1}{1,8 + \frac{1 + 5(L + T)}{10.\mu.n}}$$

$$L = \frac{M^c}{R_n^c b h_0^2} = \frac{1679555}{115.30.76^2} = 0,08$$

$$T = \gamma' \cdot (1 - \delta'/2)$$

$$\gamma' = \frac{(b_c' - b)h_c' + \frac{n}{v}F_a'}{bh_0} = \frac{(160 - 30).25 + \frac{8,75}{0,15}.12,56}{30.76} = 1,47.$$

$$\delta' = \frac{h_c'}{h_0} = \frac{25}{76} = 0,33$$

$$T = 1,75 \left(1 - \frac{0,33}{2} \right) = 1,46$$

$$\mu = \frac{F_a}{bh_0} = \frac{9,42}{30.76} = 0,004$$

Thay số liệu vào công thức tính ta có

$$\xi = \frac{x}{h_0} = \frac{1}{1,8 + \frac{1 + 5(0,08 + 1,96)}{10.0,004.10}} = 0,038$$

$$\xi = 0,038 < \frac{a'}{h_0} = \frac{4}{76} = 0,053. \text{Tính lại với điều kiện không kể đến } F_a'$$

$$\gamma' = \frac{(b_c' - b)h_c'}{b.h_0} = \frac{(160 - 30).25}{30.76} = 1,43.$$

$$T = \gamma' \left(1 - \frac{\delta'}{2} \right) = 1,43 \cdot \left(1 - \frac{0,33}{2} \right) = 1,19$$

$$\xi = \frac{x}{h_0} = \frac{1}{1,8 + \frac{1 + 5(L + T)}{10.\mu.n}} = \frac{1}{1,8 + \frac{1 + 5(0,08 + 1,19)}{10.0,004.8,75}} = 0,044$$

$$x = \xi h_0 = 0,044.76 = 3,33 \text{ cm}$$

$$\varphi = \frac{x}{\bar{x}} = 1 - \frac{0,7}{100.0,004 + 1} = 0,5$$

$$\bar{x} = 6,7 \text{ cm.}$$

- Tính Z_1

$$Z_1 = \left[1 - \frac{\delta' \gamma' + \xi^2}{2(\gamma' + \xi)} \right] h_0 = \left[1 - \frac{0,33 \cdot 1,43 + 0,044^2}{2(1,43 + 0,044)} \right] \cdot 76 = 63,8 \text{ cm.}$$

- Tính ψ_{adh} :

$$\psi_{adh} = \frac{2\psi_a + 1}{3}$$

$$\sigma_a = \frac{M^c}{F_a \cdot Z_l} = \frac{1679555}{9,42.63,8} = 2795 \text{ daN/cm}^2$$

Tra phụ lục 16 (với n. $\mu = 8,75 \cdot 0,004 = 0,035$, $\sigma_a = 2795 \text{ daN/cm}^2$) lấy $\psi_a = 0,4$.

$$\psi_{adh} = \frac{2\psi_a + 1}{3} = \frac{2 \cdot 0,4 + 1}{3} = 0,6$$

Thay các giá trị vào công thức tính độ cứng B_{ngh} của đầm ta có.

$$B_{ngh} = \frac{2,1 \cdot 10^6 \cdot 9,42.63,8 \cdot (76 - 6,7)}{0,6} = 145770 \cdot 10^6 \text{ daNcm}^2$$

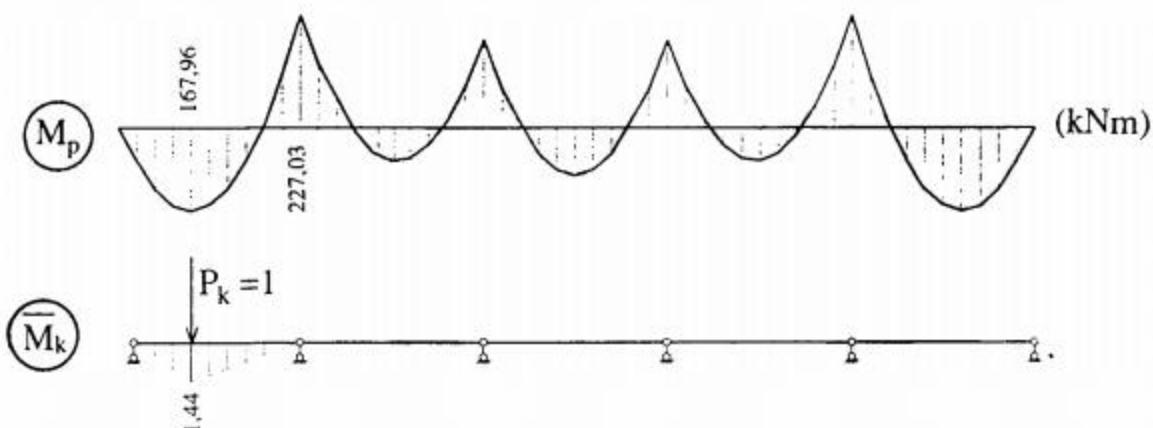
$$B_{dh} = \frac{B_{ngh}}{\delta} = \frac{145770}{1,5} = 97180 \text{ kNm}^2.$$

Tiến hành nhân biểu đồ tính toán được độ võng tại mặt cắt giữa nhịp đầm:

$$f = (M_p) \cdot (\bar{M}_k) = \frac{1}{B_{dh}} \Omega_p \bar{y}_k$$

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



$$f = 0,006 \text{ m}$$

$$\frac{f}{l} = \frac{0,006}{6} = \frac{0,5}{500} < \left[\frac{f}{l} \right] = \frac{1}{500}$$

Đầm thỏa mãn yêu cầu về độ võng.

MỤC LỤC

	<i>Trang</i>
<i>Lời nói đầu</i>	3
Phân 1: TÓM TẮT LÝ THUYẾT	5
<i>Chương 3. CẤU KIỆN CHỊU UỐN</i>	
A. Tính cường độ trên mặt cắt vuông góc với trục cầu 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 cầu kiện	13
6. Tính toán cường độ trên mặt cắt nghiêng theo phương pháp dàn hồi	13
7. Tính toán cường độ trên mặt cắt nghiêng theo trạng thái giới hạn	16
8. Biểu đồ bao vật liệu	20
<i>Chương 4. CẤU KIỆN CHỊU NÉN, CẤU KIỆN CHỊU KÉO</i>	
A. Cầu kiện chịu nén	21
1. Cầu kiện chịu nén đúng tâm	21
2. Hệ số uốn dọc của cầu kiện chịu nén lệch tâm.	22
3. Tính cầu kiện chịu nén lệch tâm tiết diện chữ nhật cốt thép không đối xứng ($F_a \neq F'_a$)	22
4. Tính cầu kiện chịu nén lệch tâm tiết diện chữ nhật cốt thép đối xứng ($F_a = F'_a$)	24
5. Kiểm tra cường độ cầu kiện chịu nén lệch tâm tiết diện chữ nhật	25
B. Cầu kiện chịu kéo	25
6. Cầu kiện chịu kéo đúng tâm	25
7. Tính cầu kiện chịu kéo lệch tâm tiết diện chữ nhật	26
<i>Chương 5. TÍNH TOÁN CẤU KIỆN BTCT THEO TRẠNG THÁI GIỚI HẠN THỨ HAI</i>	
A. Tính độ vồng của cầu kiện chịu uốn	28
1. Khái niệm chung	28
2. Độ cứng của đầm BTCT	28
3. Độ cứng của đầm 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 vồng toàn phần của đầm	31

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	
<i>Chương 3. CẤU KIỆN CHỊU UỐN</i>	
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
<i>Chương 4. CẤU KIỆN CHỊU NÉN, CHỊU KÉO</i>	
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
<i>Chương 5. TÍNH TOÁN CẤU KIỆN BTCT THEO TRẠNG THÁI GIỚI HẠN THỨ HAI</i>	
Phần 3: BÀI TẬP ÁP DỤNG	
<i>Chương 3. CẤU KIỆN CHỊU UỐN</i>	71
<i>Chương 4. CẤU KIỆN CHỊU NÉN, CHỊU KÉO</i>	73
<i>Chương 5. TÍNH TOÁN THEO TRẠNG THÁI GIỚI HẠN THỨ HAI</i>	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

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

Ché/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.