



AT.0000026650

TS. TRẦN MẠNH TUẤN
VŨ THỊ THU THỦY
GUYỄN THỊ THUYẾT
TRẦN VĂN CÔNG

ĐC THỦY LỢI



Bài tập và đồ án môn học

KẾT CẤU BÊ TÔNG CỐT THÉP



NHÀ XUẤT BẢN XÂY DỰNG

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

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

(Tái bản)

NHÀ XUẤT BẢN XÂY DỰNG
HÀ NỘI - 2014

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 Thủy 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 Thủy 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 Thủy 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 Thủy 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 Thủy 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

PHẦN I

TÓM TẮT LÝ THUYẾT*

Chương 3: CẤU KIỆN CHỊU UỐN

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

1. Tiết diện chữ nhật cốt đơn

1.1. Các công thức cơ bản

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

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

- 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.

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

$$\mu = \frac{F_a}{bh_0} \leq \alpha_0 \frac{m_b R_n}{m_a R_a} = \mu_{\max} \quad (3-5)$$

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}

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

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

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

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

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

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

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

Từ (3-8) ta có:

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

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:

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

- 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:

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

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

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

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

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

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, ...

Điều kiện tính cốt kép: $A_0 < A = \frac{k_n n_c M}{m_b R_n b h_0^2} \leq 0,5$ (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:
$$\alpha = \frac{m_a R_a F_a - m_a R'_a F'_a}{m_b R_n b h_0} \quad (3-31)$$

- 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 hòa 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 hòa 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 lại. Hoặc đặt cốt thép F'_a vào vùng nén 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 hòa:

- 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 trục dầm:

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

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

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

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 trục trung hòa ($x = h'_c$ và $F'_a = 0$), ta có:

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

- Nếu $k_n n_c M \leq M_c$ thì trục trung hòa 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 hòa 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:

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