

TIÊU CHUẨN NGÀNH

14TCN 181 : 2006

CÔNG TRÌNH THỦY LỢI – CẦU MÁNG VỎ MỎNG XI MĂNG LƯỚI THÉP – HƯỚNG DẪN TÍNH TOÁN THIẾT KẾ KẾT CẤU

(ban hành theo Quyết định số 3879/QĐ-BNN-KHCN ngày 19 tháng 12 năm 2006 của Bộ trưởng Bộ Nông nghiệp và Phát triển nông thôn)

1. QUY ĐỊNH CHUNG

1.1. Đối tượng của tiêu chuẩn

Tiêu chuẩn hướng dẫn tính toán thiết kế cầu máng xi măng lưới thép (XMLT) dùng thiết kế các kết cấu cầu máng XMLT dẫn nước trong công trình thủy lợi và các ngành có liên quan. Những cầu máng có yêu cầu đặc biệt chưa đề cập tới trong tiêu chuẩn này, khi thiết kế cần xem xét từng trường hợp cụ thể để sử dụng các tổ chức có liên quan.

1.2. Phạm vi áp dụng

1.2.1. Tiêu chuẩn được sử dụng để tính toán thiết kế cầu máng XMLT dẫn nước có chiều dày không quá 35mm, làm việc với môi trường nhiệt độ không vượt quá 50°C.

1.2.2. Kết cấu cầu máng XMLT được áp dụng thường lệ trong môi trường không xâm thực.

1.2.3. Khi thiết kế kết cấu cầu máng XMLT làm việc trong điều kiện nhiệt độ lớn hơn 50°C, trong môi trường xâm thực cần phải tính đến các yêu cầu bổ sung phù hợp với các tiêu chuẩn hiện hành.

1.2.4. Chọn các giải pháp kết cấu cầu máng cần phải xuất phát từ điều kiện kinh tế kỹ thuật về vật liệu, về thi công, giá thành công trình trong điều kiện xây dựng cụ thể.

1.2.5. Khi chọn các giải pháp kết cấu cầu máng XMLT cần tính đến phương pháp chế tạo, lắp ghép, vận chuyển và điều kiện sử dụng. Chọn hình dạng và kích thước của cấu kiện phải xuất phát từ việc tính toán một cách đầy đủ đến tính chất của kết cấu XMLT, khả năng chế tạo công nghiệp hóa, thuận tiện vận chuyển và lắp ráp kết cấu.

1.2.6. Kết cấu cầu máng XMLT và các cấu kiện riêng lẻ của chúng cần có độ bền, độ cứng, độ ổn định, khả năng chống nứt ở tất cả các giai đoạn chế tạo, vận chuyển, lắp ráp và khai thác.

1.2.7. Khi thiết kế các kết cấu cầu máng XMLT lắp ghép cần đặc biệt chú ý đến công nghệ liên kết. Các mối liên kết và các đầu mối của các kết cấu lắp ráp phải thỏa mãn các yêu cầu riêng cho từng loại cấu kiện (đảm bảo truyền lực cho các phân tử chịu lực, không rò rỉ nước, tính dễ biến dạng ở khe co giãn...)

1.3. Tiêu chuẩn viện dẫn

TCVN 4116:1985 – Kết cấu bê tông và bê tông cốt thép thủy công – Tiêu chuẩn thiết kế.

TCVN 2737:1995 – Tải trọng và tác động – Tiêu chuẩn thiết kế.

TCXD 85:1998 – Móng cọc – Tiêu chuẩn thiết kế.

TCVN 2682:1989 – Xi măng poóc lăng.

TCVN 127:1985 – Cát mịn để làm bê tông và vữa xây dựng – Hướng dẫn sử dụng.

TCVN 4506:1987 – Nước cho bê tông và vữa - Yêu cầu kỹ thuật.

TCVN 1651:1985 – Thép cốt bê tông cán nóng.

1.4. Thuật ngữ, đơn vị đo và ký hiệu

1.4.1. Thuật ngữ

1. Kết cấu xi măng lưới thép: Xi măng lưới thép (XMLT) là loại vật liệu hỗn hợp gồm vữa xi măng, các lưới thép được đan dệt từ các sợi thép và cốt thép để làm khung xương chịu lực. Cốt thép sử dụng trong kết cấu cầu máng XMLT có thể là:

- Lưới thép sợi dệt hoặc hàn phân bố đều trên tiết diện cấu kiện.

- Lưới thép sợi dệt hoặc hàn phân bố đều trên tiết diện cấu kiện phối hợp với cốt thép thanh.

2. Lớp bảo vệ: Lớp vữa xi măng có chiều dày tính từ mặt ngoài cấu kiện đến bề mặt gần nhất của sợi thép.

3. Cốt thép cấu tạo: Cốt thép đặt theo yêu cầu cấu tạo mà không tính toán.

4. Cốt thép chịu lực: Cốt thép đặt theo tính toán.

5. Hàm lượng lưới thép: Tỷ lệ diện tích tiết diện của lưới thép trên diện tích tiết diện ngang của cấu kiện.

6. *Trạng thái giới hạn*: Trạng thái mà khi vượt quá kết cấu không còn thỏa mãn các yêu cầu sử dụng đề ra đối với nó khi thiết kế.

7. *Lực giới hạn*: Lực lớn nhất mà cấu kiện có thể chịu được.

8. *Điều kiện sử dụng bình thường*: Là điều kiện mà độ võng hoặc biến dạng không làm ảnh hưởng đến việc sử dụng bình thường của con người.

1.4.2. Đơn vị đo

Trong tiêu chuẩn này sử dụng hệ đơn vị đo SI

1.4.3. Ký hiệu và các thông số

1. Các đặc trưng hình học

a – bề rộng tai máng.

b – chiều rộng tiết diện chữ nhật.

b_g – chiều rộng thanh giằng.

b_s – bề rộng của sườn.

b_o – chiều cao trung bình tai máng.

f – chiều cao toàn bộ của phần vách máng thẳng đứng.

f_{max} – độ võng lớn nhất của cầu máng XMLT chịu uốn khi chưa bị nứt.

h – chiều cao của tiết diện chữ nhật.

h_g – chiều cao thanh giằng.

h_s – chiều cao của sườn (đai).

h_1 – chiều cao từ tâm cung tròn của phần đáy máng đến đường mặt nước.

h_2 – chiều cao từ mặt nước đến đường trục thanh giằng ngang.

$h' = h_1 + h_2$ – chiều cao từ tâm cung tròn đến đường trục thanh giằng ngang.

J – mômen quán tính của mặt cắt ngang thân máng đối với trục trung tâm.

J_{qd} – mômen quán tính của tiết diện quy đổi với hàm lượng cốt thép tương đương.

k – khoảng cách từ tâm cung tròn của phần đáy máng tới trục trung tâm tiết diện.

L_g – khoảng cách giữa các thanh giằng.

R – bán kính trung bình của cung tròn đáy máng.

R_o – bán kính trong của cung tròn đáy máng.

R_1 – bán kính ngoài của cung tròn đáy máng.

S – diện tích tiếp xúc tổng cộng của tất cả các sợi thép trong một đơn vị diện tích $1m^2$.

S – đặc trưng hình học của tiết diện cấu kiện.

t – bề dày của thành máng.

y – tung độ của mặt cắt tính toán được tính từ đường trục thanh giằng.

y_1 – khoảng cách từ đỉnh máng đến trục trung tâm của tiết diện ngang của máng.

W – môđun chống uốn của tiết diện.

W_{qd} – môđun chống uốn của tiết diện quy đổi với hàm lượng cốt thép tương đương.

- góc hợp bởi đường nằm ngang đi qua tâm cung tròn và bán kính của cung tròn đi qua điểm tính toán.

2. Các đặc trưng cốt thép trong tiết diện ngang của cấu kiện

F – diện tích tiết diện ngang của cấu kiện.

F_1 – diện tích tiết diện của lưới thép.

μ – hàm lượng lưới thép.

μ_{td} – hàm lượng cốt thép tương đương.

3. Ngoại lực và nội lực

g – trọng lượng bản thân của máng.

k_n – hệ số độ tin cậy, phụ thuộc vào cấp công trình và tổ hợp tải trọng.

N – nội lực tính toán.

n_c – hệ số tổ hợp tải trọng.

$\overline{M}_1, \overline{Q}_1, \overline{N}_1$ – mômen, lực cắt, lực dọc do $X_1=1$ sinh ra trong hệ cơ bản.

M_p^o, Q_p^o, N_p^o – mômen, lực cắt, lực dọc do tải trọng ngoài sinh ra trong hệ cơ bản.

p_n – cường độ áp lực nước.

P_o, M_o – lực tập trung và mômen tập trung do các tải trọng phía trên đỉnh máng tính chuyển về tâm đỉnh vách máng.

X_1 – lực dọc trong thanh giằng.

- hệ số phụ thuộc liên kết và dạng tải trọng, với dầm đơn $=5/48$.

- lực cắt không cân bằng.

$\sigma_{0,01}$ – cường độ tính toán của vật liệu hỗn hợp XMLT khi bắt đầu xuất hiện nứt.

$\sigma_{0,05}$ – cường độ tính toán của vật liệu hỗn hợp XMLT khi vết nứt có bề rộng 0,05mm.

4. Các đặc trưng vật liệu

B – độ cứng.

E_b – môđun đàn hồi ban đầu của vữa xi măng.

G – môđun đàn hồi trượt.

k_t – hệ số diện tích tiếp xúc.

m – hệ số điều kiện làm việc.

R_i, R_a – cường độ tính toán của lưới thép và thép thanh.

R_k^o – cường độ chịu kéo tiêu chuẩn của vữa xi măng.

R_a – cường độ chịu nén tính toán của vữa xi măng.

ν – hệ số Poisson của vữa xi măng

- trọng lượng riêng của nước.

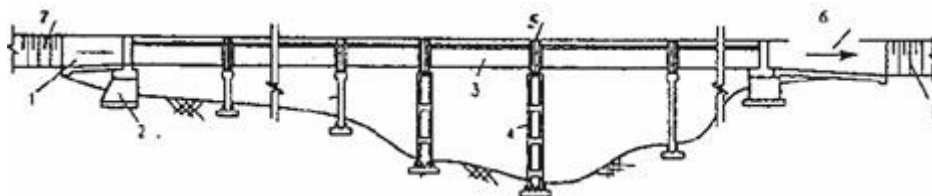
ρ_c - trọng lượng riêng của xi măng lưới thép.

γ_1 – hệ số dẻo, phụ thuộc vào hình dạng tiết diện thanh, lấy như kết cấu bê tông cốt thép (TCVN 1651 – 1985).

1.5. Chỉ dẫn chung

1.5.1. Cấu tạo cầu máng

Kết cấu cầu máng gồm các bộ phận sau đây: cửa vào, cửa ra, thân máng và trụ đỡ (xem hình 1). Kết cấu thân máng thường dùng kiểu dầm đơn, nhịp thường không vượt quá 12m. Khi cần vượt qua các khẩu độ lớn hơn 12m có thể dùng cầu máng bê tông cốt thép ứng suất trước hoặc xi măng lưới thép ứng suất trước.



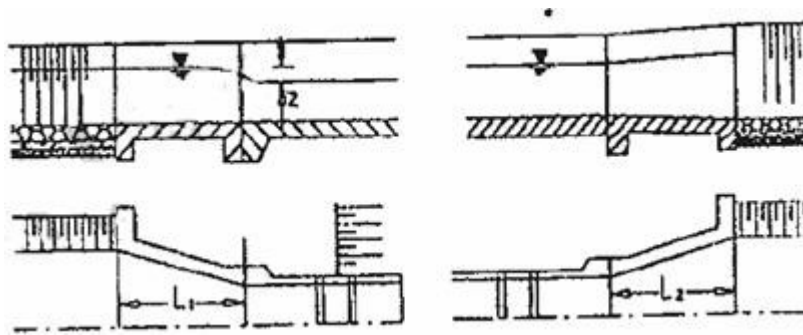
Hình 1 - Mặt cắt dọc cầu máng

1. Cửa vào; 2. Mổ biên; 3. Thân máng; 4. Trụ giữa; 5. Khe co giãn; 6. Cửa ra; 7. Kênh

1.5.1.1. Kết cấu cửa vào cửa ra

Cửa vào và cửa ra của cầu máng là đoạn nối tiếp thân máng với kênh dẫn nước thượng hạ lưu, kết cấu cửa vào cửa ra phải đảm bảo dòng chảy vào máng thuận, giảm bớt tổn thất do mặt cắt ngang bị thu hẹp gây ra và dòng nước ở máng chảy ra không làm xói lở bờ và đáy kênh hạ lưu.

Tường cánh cửa vào và cửa ra có thể làm theo hai kiểu: kiểu lượn cong hay kiểu phẳng thu hẹp dần ở cửa vào, mở rộng dần ở cửa ra. Góc mở rộng của tường cánh có ảnh hưởng đến dòng chảy vào và ra khỏi máng, thường lấy tỷ số giữa chiều rộng và chiều dài là $1/4 \sim 1/3$. Chiều dài đoạn cửa ra sơ bộ lấy bằng 4 lần chiều sâu cột nước trong kênh (hình 2).

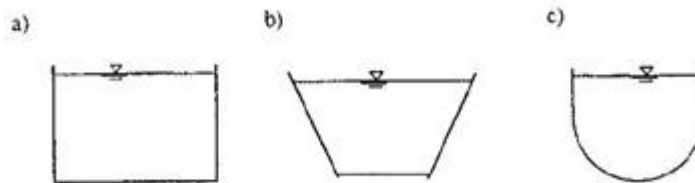


Hình 2 - Kết cấu cửa vào, cửa ra

1.5.1.2. Kết cấu thân máng

Thân máng có dạng vỏ trụ mỏng, mặt cắt ngang của thân máng thường dùng nhất là hình chữ nhật, hình thang, hình chữ U (hình 3). Cầu máng có mặt cắt hình chữ nhật, hình thang có cấu tạo đơn giản, dễ thi công, dễ nối tiếp với đoạn cửa vào, cửa ra. Máng chữ U có trạng thái thủy lực tốt hơn máng chữ nhật, khả năng chịu lực của cầu máng mặt cắt chữ U cũng tương đối tốt, trọng lượng của cầu máng này khá nhẹ, thuận tiện cho việc đúc sẵn và lắp ghép.

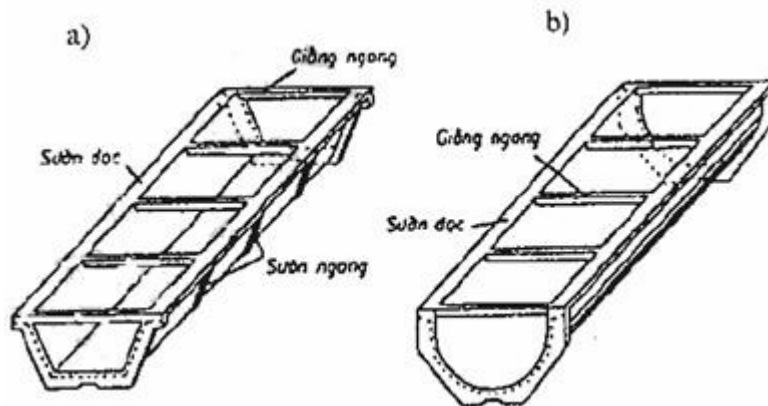
Chọn hình thức mặt cắt ngang thân máng phải dựa vào tính toán thủy lực, vật liệu làm thân máng, hình thức kết cấu trụ đỡ, đoạn nối tiếp cửa vào cửa ra.



Hình 3 - Mặt cắt ngang thân máng

a. Hình chữ nhật; b. Hình thang; c. Hình chữ U

Cầu máng vỏ trụ mỏng có khả năng chịu lực theo phương dọc lớn hơn theo phương ngang rất nhiều, để tăng độ cứng theo phương ngang, tăng độ ổn định tổng thể và cục bộ của thân máng, cần bố trí các thanh giằng ngang, các sườn gia cường dọc (còn gọi là tai máng), tại hai đầu mỗi nhịp máng nên bố trí sườn ngang (hình 4a và b). Với cầu máng có mặt cắt ngang nhỏ, để dễ dàng cho việc thi công có thể không bố trí các thanh giằng ngang, song nếu cần có thể tăng thêm chiều dày thành máng.



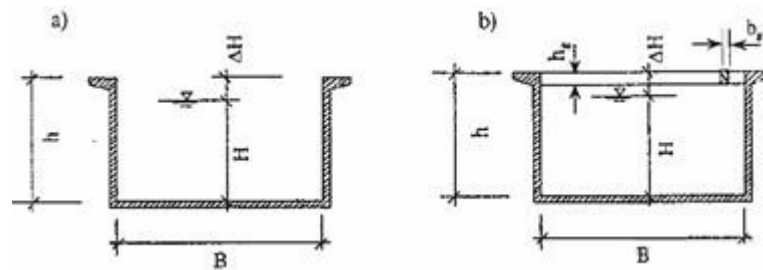
Hình 4 - Kết cấu thân máng hình thang và chữ U có giằng ngang

Khi có nhu cầu đi lại trên mặt máng, có thể bố trí đường cho người đi, trường hợp này các cấu kiện cầu máng cần được kiểm tra thêm với tải trọng 250 daN/m^2 .

1. Thân máng có mặt cắt hình chữ nhật

a) Máng chữ nhật không có thanh giằng ngang (hình 5a) – Thành bên của loại cầu máng này dưới tác dụng của áp lực nước sẽ chịu lực như một bản công xôn. Khi thành máng cao thì mômen uốn ở đáy vách máng sẽ lớn, do đó lượng thép dùng trong thân máng sẽ lớn. Nhưng loại máng này có kết cấu đơn giản, dễ thi công, nên vẫn được dùng trong các cầu máng loại nhỏ

b) Máng chữ nhật có thanh giằng ngang (hình 5b) – Đối với cầu máng loại vừa và lớn cần bố trí thêm các thanh giằng ngang trên đỉnh máng để tăng khả năng chịu lực theo phương ngang của máng, khoảng cách giữa các thanh giằng ngang từ 1~3m. Sự có mặt của các thanh giằng ngang cải thiện được điều kiện chịu lực của thành bên và đáy máng, do đó có thể giảm bớt được lượng cốt thép.



Hình 5 - Mặt cắt ngang máng chữ nhật

a. Không thanh giằng; b. Có thanh giằng

c) Kích thước mặt cắt ngang của cầu máng chữ nhật – Chọn sơ bộ như sau:

- Chiều cao thành máng: $h = H + \Delta H$ (m)

Trong đó H là chiều cao cột nước tính toán, $H = 0,1 \sim 0,2$ m là độ vượt cao an toàn để tránh nước trào ra khi có sóng gió, được chọn phụ thuộc vào cấp công trình.

- Chiều rộng đáy máng thường chọn $B = (1,5 \sim 1,7)H$ để bảo đảm điều kiện thủy lực.

- Mặt cắt thanh giằng có chiều cao $h_g = (10 \sim 20)$ cm, bề rộng $b_g = (8 \sim 15)$ cm, khoảng cách giữa các thanh giằng $L_g = 1 \sim 3$ m.

- Mặt cắt sườn ngang trong thân máng có chiều cao $h_s = 15 \sim 30$ cm, bề rộng $b_s = 12 \sim 20$ cm, sườn ngang tại gối chọn kích thước lớn hơn.

2. Thân máng có mặt cắt ngang hình chữ U

Hình dạng máng chữ U thường dùng hiện nay có đáy là nửa trụ tròn, có thêm hai thành bên thẳng đứng (hình 6). Cũng tương tự như máng chữ nhật, để tăng độ cứng theo phương ngang và phương dọc, thân máng thường được gia cường bằng các sườn dọc (tai máng) và các thanh giằng ngang. Do đó máng chữ U cũng được phân thành hai loại: loại không có thanh giằng ngang (hình 6a) và loại có thanh giằng ngang (hình 6b).

Chọn sơ bộ kích thước mặt cắt ngang thân máng hình chữ U theo các số liệu sau đây:

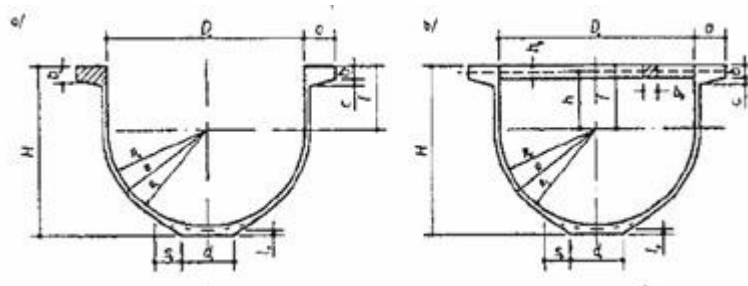
- Bề dày của thành máng thường chọn $t = 2,5 \sim 3,5$ cm.

- Chiều cao đoạn thẳng đứng của thành máng $f = (0,1 \sim 0,3)D_0$.

- Kích thước tai máng thường chọn như sau: $a = (3,5 \sim 5,5)t$, $b = (0,4 \sim 0,5)a$, $c = (0,2 \sim 0,4)a$.

- Kích thước mặt cắt của thanh giằng có chiều cao $h_g = 10 \sim 20$ cm, bề rộng $b_g = 8 \sim 15$ cm, khoảng cách giữa các thanh giằng $L_g = 1 \sim 3$ m.

- Mặt cắt của các sườn ngang (đai) có chiều cao $h_s = (4 \sim 5)t$, bề rộng $b_s = 8 \sim 15$ cm.



Hình 6 - Mặt cắt ngang máng chữ U không thanh giằng và có thanh giằng

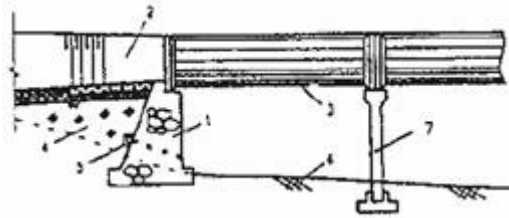
Sườn ngang tại vị trí gối tựa có kích thước lớn hơn sườn ngang ở trong nhịp, đường viền ngoài thường có dạng đường gấp khúc tạo thành kết cấu gối tựa cho thân máng.

Để thỏa mãn điều kiện chống nứt theo phương ngang, đoạn đáy máng thường làm dày hơn, kích thước phần này có thể lấy như sau:

$$t_0 = (2,5 \sim 4,5)t, \quad d_0 = (0,5 \sim 0,6)R_0, \quad S_0 = (0,3 \sim 0,4)R_0$$

1.5.1.3. Kết cấu gối đỡ

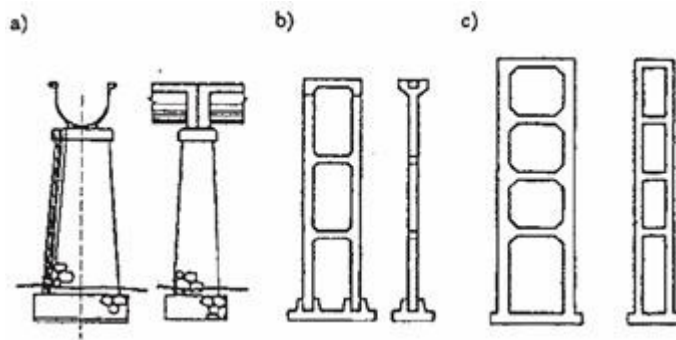
Gối đỡ thân máng gồm có gối đỡ ở bên (mố bên) và gối đỡ ở giữa (trụ giữa). Mố bên thường dùng kiểu trọng lực (hình 7), còn trụ giữa khi chiều cao trụ không lớn cũng hay dùng kiểu trọng lực, khi chiều cao của trụ lớn thường dùng kiểu khung hoặc kiểu hỗn hợp.



Hình 7 - Kết cấu gối đỡ

1. Mố biên kiểu trọng lực; 2. Cửa vào; 3. Thân máng; 4. Phần đất đắp; 5. Thiết bị thoát nước; 6. Mặt đất tự nhiên; 7. Trụ giữa

Trụ giữa kiểu trọng lực có thể bằng gạch xây, bằng đá xây hoặc bê tông, thường dùng có các trụ có chiều cao dưới 10m, trọng lượng bản thân của trụ kiểu trọng lực thường rất lớn, do đó đòi hỏi nền phải có sức chịu tải cao (hình 8a). Trụ đỡ kiểu khung có hai loại: khung đơn và khung kép, khung đơn thường dùng cho các trụ cao dưới 15m (hình 8b), còn trụ kép thường dùng khi các trụ có chiều cao từ 15 đến 20m (hình 8c). Móng của mố và trụ có thể đặt trực tiếp lên nền tự nhiên, khi nền yếu có thể đặt trên nền cọc.



Hình 8 - Các kiểu trụ đỡ

- a. Trụ kiểu trọng lực; b. Trụ kiểu khung đơn; c. Trụ kiểu khung kép

1.5.2. Tính toán kết cấu xi măng lưới thép

Trong kết cấu xi măng lưới thép, lưới thép phân bố đều trên toàn cấu kiện, đặc tính này được thể hiện qua hệ số diện tích tiếp xúc k_t , được xác định theo công thức sau:

$$k_t = \frac{S}{100 \cdot 100 t} \text{ cm}^2 / \text{cm}^3 \quad (1)$$

Trong đó:

S – diện tích tiếp xúc tổng cộng của tất cả các sợi thép trong một đơn vị diện tích 1m^2 .

t – chiều dày của tấm xi măng lưới thép (cm)

Tùy thuộc vào hệ số diện tích tiếp xúc có thể tính kết cấu xi măng lưới thép theo một trong hai phương pháp sau:

1. *Phương pháp thứ nhất (I)* – Tính toán theo giai đoạn đàn hồi coi xi măng lưới thép như một vật liệu hỗn hợp đồng chất khi hệ số diện tích tiếp xúc $k_t \geq 2\text{cm}^{-1}$. Theo phương pháp này thì trạng thái giới hạn của kết cấu được lấy là giai đoạn ngay trước khi khe nứt xuất hiện, biểu đồ ứng suất trong vùng nén và vùng kéo đều lấy là hình tam giác với góc nghiêng có thể lấy khác nhau.

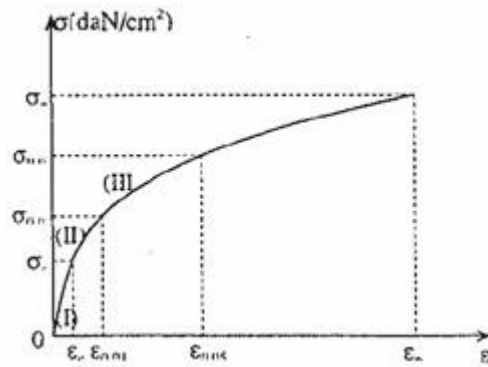
2. *Phương pháp thứ hai (II)* – Tính toán theo nguyên tắc chung về tính toán kết cấu bê tông cốt thép khi hệ số diện tích tiếp xúc $k_t < 2\text{cm}^{-1}$.

1.5.2.1. Tính toán cấu kiện xi măng lưới thép theo phương pháp I

1. Đặc trưng cơ học của xi măng lưới thép

Đường cong quan hệ giữa ứng suất – biến dạng của vật liệu hỗn hợp này có thể chia thành ba giai đoạn sau đây, xem hình 9.

a) *Giai đoạn I* ($0 \leq \epsilon \leq \epsilon_0$) – Vật liệu hỗn hợp xi măng lưới thép làm việc trong giai đoạn đàn hồi, quan hệ giữa ứng suất và biến dạng là tuyến tính.



Hình 9 - Biểu đồ quan hệ giữa ứng suất và biến dạng

b) *Giai đoạn II* ($\epsilon \leq \epsilon_{0,01}$) – Trong giai đoạn này xi măng lưới thép bắt đầu có biến dạng dẻo và xuất hiện vết nứt, giới hạn của giai đoạn này được quy định khi bề rộng vết nứt bằng 0,01mm. Biến dạng tương đối ứng với bề rộng vết nứt này ký hiệu là $\epsilon_{0,01}$ và ứng suất tương ứng được ký hiệu là $\sigma_{0,01}$.

c) *Giai đoạn III* ($\epsilon_{0,01} \leq \epsilon \leq \epsilon_{0,05}$) - Ở giai đoạn này các vết nứt xuất hiện tương đối nhiều, bề rộng vết nứt tăng, có thể lấy bề rộng vết nứt bằng 0,05mm làm giới hạn tính toán. Biến dạng tương đối, tương ứng với giai đoạn này có ứng suất là $\sigma_{0,05}$, được lấy như sau:

$\sigma_{0,05} = (20 \sim 40) \cdot 10^{-4}$ khi xi măng lưới thép có hàm lượng thép cao.

$\sigma_{0,05} = (15 \sim 20) \cdot 10^{-4}$ khi xi măng lưới thép có hàm lượng thép thấp.

Cường độ tính toán $\sigma_{0,01}$ và $\sigma_{0,05}$ của vật liệu hỗn hợp xi măng lưới thép lần lượt ứng với trường hợp bắt đầu xuất hiện vết nứt và trường hợp bề rộng vết nứt bằng 0,05mm phụ thuộc vào số hiệu vữa xi măng, loại thép và hàm lượng lưới thép. Với xi măng có mác lớn hơn M400, vữa xi măng có cát tỷ lệ pha trộn N:X:C=0.4:1:1.5, lưới thép có giới hạn bền lớn hơn 4500 daN/cm², lượng thép từ 200 đến 500 kg trong một mét khối xi măng lưới thép, có thể lấy theo bảng 1 và bảng 2.

Bảng 1. Cường độ tính toán $\sigma_{0,01}$ (daN/cm²) của vật liệu hỗn hợp xi măng lưới thép khi mới bắt đầu xuất hiện vết nứt.

Thứ tự	Trạng thái ứng suất	Lượng thép trong 1m ³ XMLT (kg/cm ³)			
		200	300	400	500
1	Cường độ chịu kéo	40	70	125	160
2	Cường độ chịu uốn	60	90	140	180

Chú thích: Môđun đàn hồi của xi măng lưới thép khi chưa bị nứt $E_{0,01} = 2,7 \cdot 10^5$ daN/cm².

Bảng 2. Cường độ tính toán $\sigma_{0,05}$ (daN/cm²) của vật liệu hỗn hợp xi măng lưới thép khi vết nứt có bề rộng 0.05mm.

Thứ tự	Trạng thái ứng suất	Lượng thép trong 1m ³ XMLT (kg/cm ³)			
		200	300	400	500
1	Cường độ chịu kéo	60	110	175	225
2	Cường độ chịu uốn	90	140	200	250

Chú thích: Môđun đàn hồi của XMLT khi vết nứt có bề rộng 0,05mm vào khoảng $E_{0,05} = 6,5 \cdot 10^4$ daN/cm².

Khi tính toán các cấu kiện cầu máng xi măng lưới thép thì tùy theo yêu cầu sử dụng của từng kết cấu cụ thể mà tiến hành tính toán theo các giai đoạn chịu lực I, II hoặc III:

$$k_n n_c N \leq \sigma_1 S R \quad (2)$$

trong đó:

N – nội lực tính toán.

S – đặc trưng hình học của tiết diện cấu kiện.

k_n – hệ số độ tin cậy phụ thuộc vào cấp công trình và tổ hợp tải trọng

n_c – hệ số tổ hợp tải trọng.

σ_1 – hệ số dẻo phụ thuộc vào hình dạng tiết diện mặt cắt ngang của cấu kiện, lấy như kết cấu bê tông cốt thép.

R – cường độ tính toán, khi tính theo giai đoạn I lấy $R = R_e$, với giai đoạn II lấy $R = R_{0,01}$, với giai đoạn III lấy $R = R_{0,05}$.

2. Tính toán về cường độ các cấu kiện chịu uốn

a) Tính theo giai đoạn I: ở giai đoạn này do vật liệu xi măng lưới thép làm việc trong giai đoạn đàn hồi, cho nên có thể dùng các công thức tính toán nội lực và ứng suất của vật thể đàn hồi đẳng hướng:

$$k_n n_c M \leq M_e = W_e \sigma_e \quad (3)$$

trong đó W là môđun chống uốn của tiết diện cấu kiện ứng với thứ chịu kéo, với tiết diện chữ nhật $W = bh^2/6$.

b) Tính theo giai đoạn II: Trong giai đoạn này do vật liệu xi măng lưới thép làm việc trong giai đoạn đàn dẻo, nên cần xét tới biến dạng dẻo, do đó ta có công thức tính toán sau đây:

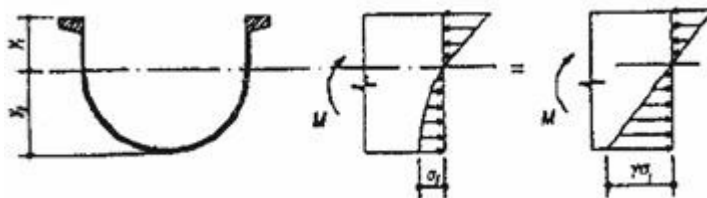
$$k_n n_c M \leq M_{f,0,01} = \gamma_1 W_{0,01} \sigma_{0,01} \quad (4)$$

c) Tính theo giai đoạn III: ở giai đoạn này do vật liệu xi măng lưới thép làm việc trong giai đoạn đàn hồi dẻo nhưng đã xuất hiện nhiều vết nứt, ta có công thức tính toán sau đây:

$$k_n n_c M \leq M_{0,05} = \gamma_2 W_{0,05} \sigma_{0,05} \quad (5)$$

trong đó γ_1, γ_2 là hệ số dẻo phụ thuộc hình dạng tiết diện, với tiết diện chữ nhật $\gamma_1 = 1,75$.

Với cấu kiện chịu uốn có chiều cao tính toán lớn, chẳng hạn như khi phân tích ứng suất theo phương dọc của máng tiết diện chữ U (hình 10) thì có thể lấy hệ số dẻo $\gamma_1 = 1,5 \sim 1,6$.



Hình 10 - Biểu đồ ứng suất pháp

3. Tính toán độ võng của cấu kiện chịu uốn

Độ võng tương đối lớn nhất của cấu kiện xi măng lưới thép khi chịu uốn do tải trọng tiêu chuẩn sinh ra khi chưa bị nứt được xác định theo công thức sau:

$$\frac{f_{\max}^c}{L} = \beta \frac{M_{\max}^c}{B} \leq \left[\frac{f}{L} \right] \quad (6)$$

Trong đó:

- hệ số phụ thuộc liên kết và dạng tải trọng tác dụng lên cấu kiện, ví dụ với dầm đơn chịu tải trọng phân bố đều có $\beta = 5/48$.

B – Độ cứng dầm xác định như sau:

Khi dầm chưa bị nứt: $B = E_{0,01} J$

Khi dầm bị nứt với vết nứt có bề rộng không quá 0,05mm: $B = E_{0,05} J$.

$E_{0,01}, E_{0,05}$ – môđun đàn hồi của xi măng lưới thép lần lượt ứng với trường hợp chưa xuất hiện vết nứt và trường hợp vết nứt có bề rộng không quá 0,05mm cho ở bảng 1 và 2.

$[f/L] = 1/600$ – độ võng tương đối giới hạn.

1.5.2.2. Tính toán cấu kiện xi măng lưới thép theo phương pháp II

1. Tính toán về cường độ trên tiết diện vuông góc

a) Tiết diện chữ nhật có đặt lưới thép và thép thanh

Khi tính toán cấu kiện xi măng lưới thép coi lưới thép phân bố đều với hàm lượng μ tính theo công thức:

$$\mu = F_1 / F \quad (7)$$

trong đó:

F_1 – diện tích tiết diện của lưới thép.

F – diện tích tiết diện ngang của cấu kiện.

Với cấu kiện có đặt cả thép thanh bố trí đều với khoảng cách không vượt quá 10 lần chiều dày của cấu kiện, thì trong tính toán có thể dùng hàm lượng cốt thép tương đương:

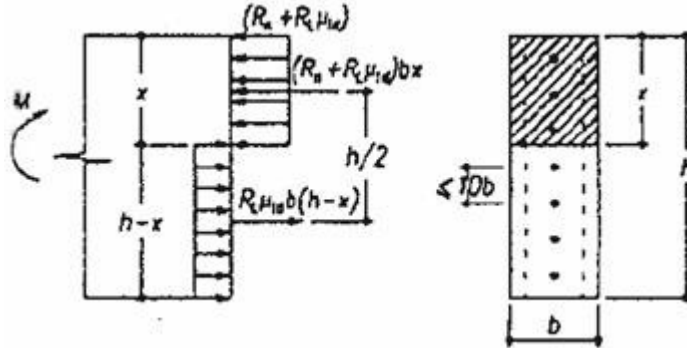
$$\mu_{td} = \mu + \mu_a \frac{R_a}{R_t} \quad (8)$$

trong đó:

μ_a – hàm lượng cốt thép thanh

R_t, R_a – cường độ tính toán của lưới thép và thép thanh.

Đối với cấu kiện chịu uốn, tương tự như trong kết cấu bê tông cốt thép, sơ đồ ứng suất làm cơ sở tính toán cho ở hình 11.



Hình 11 - Sơ đồ tính toán của tiết diện chữ nhật

Dựa vào phương trình mômen đối với trục đi qua trọng tâm vùng chịu nén, suy ra điều kiện về cường độ:

$$k_n n_c M \leq 0,5 R_t \mu_{td} (h-x) b h \quad (9)$$

và dựa vào phương trình hình chiếu xác định chiều cao vùng chịu nén:

$$(R_n + R_t \mu_{td}) b x \leq R_t \mu_{td} b (h-x) \quad (10)$$

trong đó:

R_n – cường độ chịu nén tính toán của vữa xi măng.

b, h – bề rộng và chiều cao tiết diện của cấu kiện.

Trong trường hợp cấu kiện chỉ có lưới thép thì trong các phương trình trên lấy: $\mu_{td} = \mu$

b) Tiết diện chữ I có đặt lưới thép và thép thanh:

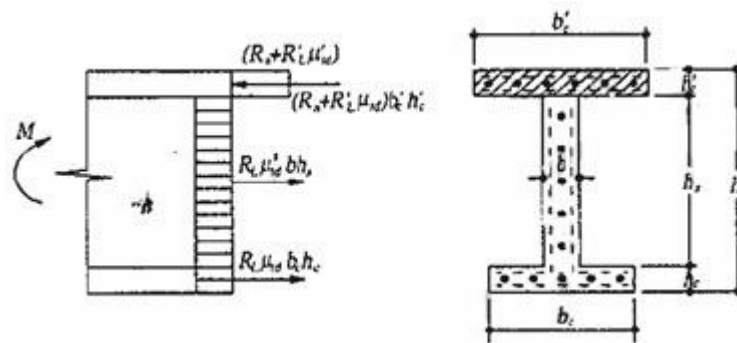
- Trường hợp trục trung hòa đi qua cánh nén $x \leq h_c$ (hình 12) khi:

$$(R_n + R_t') b_c h_c' \geq R_t \mu_{td}' b h_s + R_t \mu_{td} b_c h_c \quad (11)$$

trong đó:

$\mu_{td}', \mu_{td}, \mu_{td}$ - hàm lượng cốt thép tương đương của phần cánh chịu nén, sườn và cánh chịu kéo

$b_c', h_c', b_s, h_s, b_c, h_c$ - kích thước cánh nén, sườn và cánh kéo.

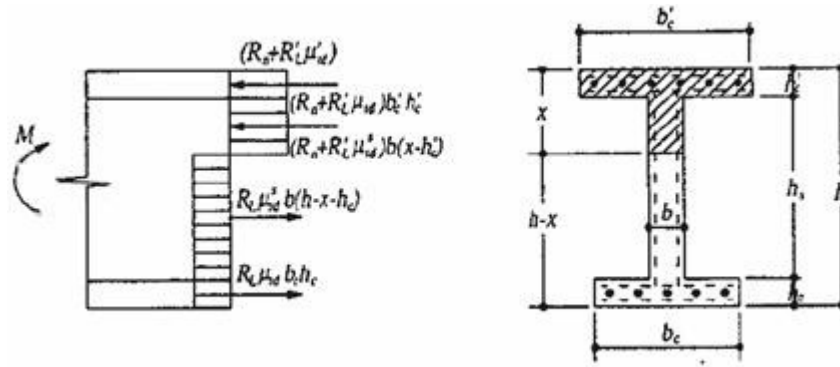


Hình 12 - Sơ đồ ứng suất xác định vị trí trục trung hòa của tiết diện chữ I

Khi $x \leq h_c'$ cho phép lấy $x = h_c'$ và dựa vào phương trình mômen lấy đối với trọng tâm của phần cánh nén suy ra điều kiện cường độ:

$$k_n n_c M \leq R_t \mu_{td}' b_c h_c' \left(h - \frac{h_c + h_c'}{2} \right) + R_t \mu_{td} b_c h_c \left(\frac{h_s + h_c}{2} \right) \quad (12)$$

c) Trường hợp trục trung hòa đi qua sườn $x > h_c'$ (hình 13):



Hình 13 - Sơ đồ ứng suất của tiết diện chữ I

Khi điều kiện (11) không thỏa mãn, trục trung hòa đi qua sườn, dựa vào phương trình mômen lấy với trọng tâm của phần cánh chịu kéo suy ra điều kiện về cường độ

$$k_x n_c M \leq (R_s + R'_s \mu'_s) b'_c h'_c \left(h - \frac{h_c + h'_c}{2} \right) + (R_s + R'_s \mu'_s) (x - h'_c) (x - h'_c) b \left(h - \frac{x + h_c + h'_c}{2} \right) + R_s \mu'_s b (h - x - h'_c) \left(\frac{h - x}{2} \right) \quad (13)$$

Dựa vào phương trình hình chiếu xác định được chiều cao vùng nén:

$$(R_s + R'_s \mu'_s) b'_c h'_c + (R_s + R'_s \mu'_s) (x - h'_c) b + R_s \mu'_s b h_c = R_s \mu'_s b (h - x - h'_c) + R_s \mu'_s b'_c h'_c \quad (14)$$

Các công thức trên chỉ được sử dụng khi thỏa mãn điều kiện $x \leq x_{oh}$. Trị số x_{oh} được xác định bằng thực nghiệm phụ thuộc vào vật liệu, với xi măng PC40, thép nhóm CI, CII, có thể lấy $x_{oh} = 0,45$

1.5.3.2. Tính toán về cường độ trên tiết diện nghiêng

Tính toán cấu kiện xi măng lưới thép trên mặt cắt nghiêng được tính toán theo phương pháp đàn hồi với ứng suất kéo chính được xác định theo công thức sau:

$$\sigma_1 = \tau_o = \frac{k_x n_c Q}{b z} \quad (15)$$

Trong đó:

b – bề rộng nhỏ nhất của sườn

$z = 0,9h$ với h là chiều cao tiết diện

$$N_u \leq 0,6 m_{b4} R_k \quad (16)$$

thì cường độ trên mặt cắt nghiêng đảm bảo, cốt thép chỉ đặt theo cấu tạo.

Nếu điều kiện (16) không thỏa mãn thì tính toán cốt thép theo điều kiện:

$$\mu_{td} R_s > \sigma_1 \quad (17)$$

1.5.2.3. Tính toán về nứt và biến dạng

1. Kiểm tra nứt cấu kiện xi măng lưới thép

Điều kiện để cấu kiện xi măng lưới thép không bị nứt:

$$n_c M^e \leq M_{ns} = \gamma_1 R_s^e W_{ns} \quad (18)$$

Trong đó:

n_c – hệ số biến dạng dẻo lấy như kết cấu bê tông cốt thép.

R_s^e – cường độ chịu kéo tiêu chuẩn của vữa xi măng.

W_{ns} – môđun chống uốn của tiết diện quy đổi với hàm lượng cốt thép tương đương μ_{td} tính theo công thức (8).

2. Tính toán độ võng của cấu kiện xi măng lưới thép

Độ võng lớn nhất của cấu kiện xi măng lưới thép chịu uốn được xác định theo công thức (6), trong đó B là độ cứng, khi cấu kiện xi măng lưới thép chưa bị nứt thì B được xác định theo công thức sau: