

TÍNH TOÁN KHẢ NĂNG CHỊU CẮT CỦA DÀM BÊ TÔNG CỐT THÉP THEO TCVN 5574:2012

TS. NGUYỄN ĐẠI MINH, ThS. NGUYỄN MẠNH CƯỜNG

Viện KHCN Xây dựng

ThS. NGÔ QUANG HƯNG

Trường Đại học Kiến trúc Hà Nội

Tóm tắt: Hiện nay, tính toán khả năng chịu cắt của dầm bê tông cốt thép theo TCVN 5574:2012 tương đối phức tạp đối với cả bài toán thiết kế và kiểm tra. Để lập thuật toán đưa vào các phần mềm thiết kế kết cấu đòi hỏi các bước và các công thức tính toán chịu cắt đơn giản, dễ hiểu hơn. Vì vậy, bài báo này xây dựng quy trình tính toán dầm chịu cắt theo TCVN 5574: 2012 với các bước và công thức đơn giản, dễ sử dụng. Quy trình này có thể dễ dàng tích hợp vào các phần mềm thiết kế kết cấu như ETABS, SAP 2000,... áp dụng rất tốt cho cả bài toán thiết kế và kiểm tra.

Abstract: At present, shear analysis of reinforced concrete beams based on the Vietnamese standard TCVN 5574:2012 is considerably complicated for both of the design and verification works. To establish the calculation algorithm of the shear design integrated into the structural analysis software, it is required the computational steps and formulation in the simple way and easy application. Therefore, this paper presents the procedure for the analysis of reinforced concrete beams under shear based on TCVN 5574:2012 with simple formulations that are easily understandable and applicable. This procedure can be well integrated in structural analysis software such as ETABS, SAP 2000 etc., and be a good applications for both the design and verification works.

Từ khóa: Dầm BTCT, khả năng chịu cắt, TCVN 5574:2012, tính toán chịu cắt.

Key word: RC beams, shear analysis, shear strength, TCVN 5574:2012.

Tính toán và cấu tạo dầm bê tông cốt thép (BTCT) chịu cắt theo TCVN 5574:2012 được trình bày trong các tài liệu, giáo trình [1, 2], song còn phức tạp và khó áp dụng nếu không nắm kỹ quy trình tính toán. Chính vì vậy, bài báo này trình bày tính toán chịu

cắt của dầm BTCT, chỉ bố trí cốt đai không bố trí cốt xiên, bê tông sử dụng là loại bê tông thông thường (hay bê tông nặng như cách phân loại trong TCVN 5574: 2012). Các loại dầm cao, dầm có tiết diện thay đổi, khu vực thay đổi độ cứng với tiết diện dầm thay đổi đột ngột từ tiết diện nhỏ sang tiết diện lớn hơn..., không thuộc phạm vi khảo sát của bài báo này.

1. Kiểm tra điều kiện cần đối với tiết diện dầm

Xét dầm BTCT chịu cắt như mô tả trong hình 1. Đầu tiên, dầm cần được thiết kế để đảm bảo độ bền trên dải nghiêng giữa các vết nứt xiên, cụ thể phải thỏa mãn điều kiện sau (điều 6.2.3.2, TCVN 5574: 2012):

$$Q \leq 0.3\phi_{w1}\phi_{b1}R_b b h_0 = 0.3(1 - 0.01R_b)R_b b h_0 \quad (1)$$

trong đó: Q - lực cắt tác dụng lên tiết diện (ngoại lực);

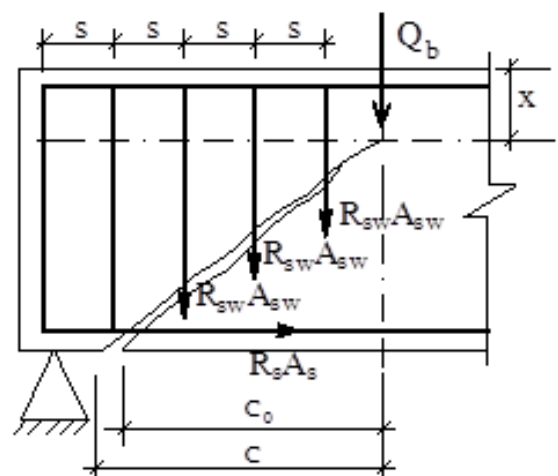
b, h_0 - chiều rộng và chiều cao hiệu dụng (làm việc) của tiết diện dầm;

R_b - cường độ tính toán chịu nén của bê tông;

ϕ_{w1} - thường do bài toán thiết kế chưa biết cốt đai, thiên về an toàn lấy hệ số $\phi_{w1} = 1$;

ϕ_{b1} - hệ số phụ thuộc vào loại bê tông, với bê tông thông thường thì $\phi_{b1} = 1 - 0.01R_b$

Khi không thỏa mãn điều kiện (1), bắt buộc phải tăng kích thước tiết diện hoặc cường độ bê tông. Sau đó, tiến hành tính toán cốt đai.



Hình 1. Sơ đồ tính toán cốt đai

2. Tính toán khả năng chịu cắt của dầm

Khả năng chịu cắt của dầm đảm bảo độ bền theo vết nứt xiên cần tính toán với tiết diện nghiêng nguy hiểm nhất theo điều kiện sau (điều 6.2.3.3, TCVN 5574:2012): $Q \leq Q_b + Q_{sw}$ (2)

trong đó: Q_b - khả năng chịu cắt (lực cắt) do bê tông chịu; Q_{sw} - lực cắt do cốt đai chịu.

Lực cắt Q_b do bê tông chịu, được xác định theo công thức sau [2]:

$$Q_b = \frac{\varphi_{b2}(1 + \varphi_f + \varphi_n)R_{bt}bh_0^2}{c} = \frac{2R_{bt}bh_0^2}{c} = \frac{M_b}{c} \quad (3)$$

$$\text{trong đó: } M_b = 2R_{bt}bh_0^2 \quad (4)$$

c - chiều dài hình chiếu của tiết diện nghiêng nguy hiểm nhất lên phương trục dầm; $\varphi_{b2} = 2$ đối với bê tông thông thường; φ_f - hệ số xét đến ảnh hưởng của cánh tiết diện chữ T và chữ I khi cánh nằm trong vùng nén, thiên về an toàn lấy $\varphi_f = 0$; φ_n - hệ số kể đến ảnh hưởng của lực dọc, để đơn giản cũng lấy $\varphi_n = 0$; R_{bt} - cường độ chịu kéo tính toán của bê tông.

Lực cắt Q_{sw} , do cốt đai chịu, được xác định như sau: $Q_{sw} = q_{sw}c_0$ (5)

trong đó: q_{sw} - nội lực trong cốt đai tính trên một đơn vị chiều dài dầm, xác định theo (7);

c_0 - chiều dài của hình chiếu vết nứt xiên nguy hiểm lên trục dọc dầm (hình 1), c_0 lấy luôn nhỏ hơn hoặc bằng c .

Điều 6.2.3.3, TCVN 5574: 2012 quy định: “Trong công thức xác định Q_b thay giá trị c bằng c_0 và giá trị c_0 lấy không lớn hơn $2h_0$ và không lớn hơn giá trị c , đồng thời c_0 không nhỏ hơn h_0 nếu $c > h_0$.”

(Chú thích: Trong TCVN 5574: 2012 thì c_0 không nhỏ hơn $2h_0$, nhưng trong tiêu chuẩn gốc của Nga SNiP 2.03.01-84* [3] mà TCVN 5574: 2012 tham khảo khi biên soạn thì c_0 không nhỏ hơn h_0 . Bài báo này đã thay lại cho đúng với tiêu chuẩn Nga gốc “где в значение Q_b вместо сподставляется c_0 ; полученное значение c_0 принимается не более $2h_0$ и не более значения c , а также не менее h_0 , если $c > h_0$ ”).

$$\text{Theo (8) thì } Q_b = c_0 q_{sw} > 2h_0 q_{sw}, \text{ lấy } Q_b = 2h_0 q_{sw} \quad (13)$$

$$\text{Theo (5) thì } Q_{sw} = q_{sw} c_0 > 2h_0 q_{sw}, \text{ lấy } Q_{sw} = 2h_0 q_{sw} \quad (14)$$

Như vậy: $Q_b + Q_{sw} = Q$ sẽ tương đương với $4h_0 q_{sw} = Q$

Có thể đơn giản hóa điều kiện xác định c_0 và c như sau:

a) Trường hợp $c_0 \leq 2h_0$ thì lấy $c = c_0$ khi tính Q_b và lấy c_0 để tính Q_{sw} ;

b) Trường hợp $c_0 > 2h_0$, lấy $c = c_0$ khi tính Q_b và lấy $c_0 = 2h_0$ khi tính Q_{sw} .

Đối với dầm chỉ bố trí cốt đai vuông góc với trục dầm, có bước đai s không đổi trong khoảng tiết diện nghiêng đang xét c (hình 1), giá trị c_0 ứng với cực tiểu của biểu thức $(Q_b + Q_{sw})$ (vế phải của (2)) xác định theo công thức [2]:

$$c_0 = \sqrt{\frac{2R_{bt}bh_0^2}{q_{sw}}} = \sqrt{\frac{M_b}{q_{sw}}} \quad (6)$$

$$\text{trong đó: } q_{sw} = \frac{R_{sw} \cdot A_{sw}}{s} \quad (7)$$

với R_{sw} - cường độ chịu cắt tính toán của cốt đai; A_{sw} - diện tích tiết diện ngang của cốt đai (bao gồm tất cả các nhánh đai).

Thế $c = c_0$ (c_0 tính theo (6)) vào (3) để xác định Q_b :

$$Q_b = \sqrt{M_b q_{sw}} = c_0 q_{sw} \quad (8)$$

Thế c_0 từ (6) vào (5) để tính Q_{sw} :

$$Q_{sw} = \sqrt{M_b q_{sw}} \quad (9)$$

Để tính toán khả năng chịu cắt của dầm thì lực cắt do ngoại lực Q lấy bằng $(Q_b + Q_{sw})$, thay (8) và (9) vào (2), dẫn đến:

$$Q = 2\sqrt{M_b q_{sw}} \quad (10)$$

$$\text{Suy ra: } q_{sw} = \frac{Q^2}{4M_b} \quad (11)$$

Thay (11) vào (6) để xác định c_0 :

$$c_0 = \frac{2M_b}{Q} \quad (12)$$

Trường hợp 1: với $c_0 \leq 2h_0$ hay $\frac{M_b}{h_0} \leq Q$. Lấy

c bằng c_0 , c_0 xác định theo (12) và q_{sw} theo (11).

Trường hợp 2: với $c_0 > 2h_0$ hay $\frac{M_b}{h_0} > Q$.

$$\text{hay } q_{sw} = \frac{Q}{4h_0} \quad (15)$$

3. Đề xuất công thức đơn giản tính toán cốt đai dầm BTCT

Căn cứ cơ sở lý thuyết và các công thức đã trình bày ở mục 2 trong bài báo này, khả năng chịu cắt của dầm BTCT theo TCVN 5574: 2012 chỉ bố trí cốt đai vuông góc với trục dầm với bước đai s không đổi, có thể được xác định thiên về an toàn như sau:

$$\begin{aligned} &+ \text{ Trường hợp 1: nếu } \frac{M_b}{h_0} \leq Q \text{ thì} \\ q_{sw} &= \frac{Q^2}{4M_b} \end{aligned} \quad (16)$$

$$\begin{aligned} &+ \text{ Trường hợp 2: nếu } \frac{M_b}{h_0} > Q \text{ thì} \\ q_{sw} &= \frac{Q}{4h_0} \end{aligned} \quad (17)$$

Ngoài ra giá trị q_{sw} cũng phải thỏa mãn điều kiện quy định trong TCVN 5574: 2012, cụ thể như sau:

$$q_{sw} \geq 0.3R_{bt} b \quad (18)$$

Sau khi xác định được q_{sw} , lựa chọn bước đai s , đường kính cốt đai, số nhánh cốt đai theo các yêu cầu cấu tạo quy định trong TCVN 5574:2012.

4. Ví dụ tính toán

Tính toán cốt đai cho đối với dầm BTCT có tiết diện (bxb) = 200x450mm, $h_0 = 420$ mm, bê tông nặng B15, cốt đai nhóm A-I có $R_{sw} = 175$ MPa, chịu lực cắt $Q = 96$ kN, lấy giống như ví dụ trong [1].

Cường độ chịu nén và chịu kéo tính toán của bê tông: $R_b = 8.5$ MPa; $R_{bt} = 0.75$ MPa.

a) Kiểm tra điều kiện cần đối với tiết diện dầm:

$$Q \leq 0.3(1 - 0.01R_b)R_{bt}bh_0 = 196kN$$

Đảm bảo điều kiện độ bền trên dải nghiêng giữa các vết nứt p xiên.

b) Tính toán cốt đai:

$$M_b = 2 \cdot 0.75 \cdot 200 \cdot 420^2 = 52920000 \text{ (Nmm)} = 52.9 \text{ (kNm)}.$$

$M_b/h_0 = 52.9/0.420 = 125.95 \text{ (kN)} > Q = 96 \text{ (kN)}$
nên q_{sw} được xác định theo công thức (17).

$$q_{sw} = \frac{Q}{4h_0} = \frac{96000}{4 \cdot 420} = 57.14 \text{ (N/mm)}$$

Kiểm tra điều kiện (18): $0.3R_{bt}b = 0.3 \cdot 0.75 \cdot 200 = 45 \text{ (N/mm)} < q_{sw} = 57.14 \text{ (N/mm)}$.

Chọn $q_{sw} = 57.14 \text{ (N/mm)}$, chọn đai D6, 2 nhánh, $A_{sw} = 3.14 \cdot 3^2 = 28.26 \text{ (mm}^2\text{)}$, bước đai $s = 2 \cdot 175 \cdot 28.26 / 57.14 = 173 \text{ mm}$.

Đối với ví dụ này, kết quả tính toán theo kiến nghị của bài báo sẽ là $q_{sw} = 57.14 \text{ (N/mm)}$, theo [1] là 37.4 (N/mm) và theo kết quả tính đúng theo TCVN 5574: 2012 bằng phần mềm EXCEL là 52 (N/mm) . (Chú thích: kết quả lấy theo [1] là kết quả tính toán với biểu đồ lực cắt chịu tải trọng phân bố đều với $Q_{max} = 96$ kN tại vị trí đầu dầm). Kết quả tính toán theo ACI 318-02m [4], thì trị số V_s/d tương đương với $q_{sw} = 113.10 \text{ (N/mm)}$ đối với dầm tiết diện 200×450 bê tông B15 ($f_c = 12$ MPa) chịu lực cắt tính toán 96 kN. Như vậy, kết quả tính toán theo kiến nghị an toàn hơn so với kết quả tính đúng theo tiêu chuẩn nhưng thấp hơn so với kết quả tính toán chịu cắt theo ACI 318-02m. Do phá hoại về cắt là phá hoại giòn nên thiết kế khả năng chịu cắt theo hướng thiên về an toàn với các hệ số an toàn riêng lớn hơn so với chịu uốn là dạng phá hoại dẻo (có báo trước để có thể chống đỡ hay sơ tán), vì thế kiến nghị theo bài báo là có thể chấp nhận được khi thiết kế dầm BTCT chịu cắt.

5. Kết luận

Bài báo này đã trình bày quy trình tính toán dầm BTCT chịu cắt theo TCVN 5574: 2012 với các công thức đơn giản, theo hướng thiên về an toàn, dễ sử dụng. Các công thức tính toán này có thể dễ dàng tích hợp vào các phần mềm thiết kế kết cấu như ETABS, SAP 2000,... để áp dụng trong thực hành thiết kế và kiểm tra. Các kết quả của bài báo có thể là tài liệu tham khảo tốt cho các sinh viên, các kỹ sư xây dựng.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Phan Quang Minh, Ngô Thế Phong, Nguyễn Đình Cống (2013), Kết cấu bê tông cốt thép - phần cấu kiện cơ bản, NXB Khoa học và kỹ thuật, Hà Nội, Việt Nam.
- [2] TCVN 5574:2012, Kết cấu bê tông và bê tông cốt thép - Tiêu chuẩn thiết kế - NXB Xây dựng, Hà Nội, Việt Nam.
- [3] SNiP 2.03.01-84* (1989), Kết cấu bê tông và bê tông cốt thép, SNiP, Moskva, Nga (СНиП 2.03.01-84* Бетонные и Железобетонные конструкции, Строительные нормы и правила).
- [4] ACI 318-02m Building Code Requirements for Structural Concrete (ACI 318M-02) and Commentary, American Concrete Institute, Detroit, USA.

Ngày nhận bài: 8/6/2017.

Ngày nhận bài sửa lần cuối: 27/6/2017