

TÍNH TOÁN SO SÁNH VIỆC BỐ TRÍ CỐT KÉP TRONG DÀM BÊ TÔNG CỐT THÉP THEO CÁC TIÊU CHUẨN

CALCULATION AND COMPARISON OF DUAL REINFORCED LAYOUT IN BEAM REINFORCED CONCRETE IN ACCORDANCE WITH STANDARDS

Trương Hoài Chính¹, Võ Công Trứ²

¹Trường Đại học Bách khoa, Đại học Đà Nẵng, Email: thchinh@dut.udn.vn

²Sở Xây dựng thành phố Đà Nẵng

Tóm tắt: Hiện nay, có nhiều công trình xây dựng được nước ngoài đầu tư vào Việt Nam, việc thiết kế tính toán các công trình này đã sử dụng các tiêu chuẩn khác nhau. Bài báo này nghiên cứu dầm bê tông cốt thép chịu uốn đặt cốt kép theo các Tiêu chuẩn (Tiêu chuẩn Việt Nam TCVN 5574:2012; Tiêu chuẩn Châu Âu Eurocode 1992-1-1 và Tiêu chuẩn Mỹ ACI 318-2002), qua tính toán rút ra kết luận về ảnh hưởng của cốt kép và sự khác nhau giữa các tiêu chuẩn. Trong đó Tiêu chuẩn TCVN 5574:2012 có giá trị nhỏ nhất trong ba Tiêu chuẩn (TCVN 5574:2012; Eurocode 1992-1-1 và ACI 318-2002). Tuy nhiên nếu tính tổng diện tích cốt thép chịu lực vùng kéo và nén thì giá trị xấp xỉ gần bằng nhau. Việc bố trí cốt thép chịu nén làm tăng độ cứng chống uốn của dầm, do đó làm giảm độ võng, tuy nhiên hiệu quả là không quá lớn so với lượng thép chịu nén phải bố trí.

Từ khóa: Xây dựng; Dầm; Bê tông cốt thép; Cốt kép; Độ võng; Vùng nén bê tông

1. Đặt vấn đề

Hiện nay, có nhiều công trình nước ngoài đầu tư vào Việt Nam được tính toán thiết kế theo các tiêu chuẩn khác nhau, việc tính toán bố trí cốt thép ở vùng nén của dầm bê tông cốt thép có thể do cấu tạo hoặc được tính toán theo cấu kiện chịu uốn đặt cốt kép.

Theo yêu cầu kiến trúc, cần phải giảm chiều cao dầm, khi đó có thể bố trí cốt kép để đảm bảo khả năng chịu lực của dầm, tuy nhiên cần lưu ý đến việc kiểm tra điều kiện làm việc của cấu kiện trong giai đoạn sử dụng.

Cốt thép được đặt vào vùng nén với các lý do sau:

+ Nhằm mục đích tăng khả năng chịu lực của dầm BTCT trong điều kiện tiết diện dầm bị hạn chế do yêu cầu kiến trúc.

+ Giảm co ngót và từ biến của bê tông trong dầm và tăng tính dẻo của bê tông vùng chịu nén.

Dầm có bố trí cốt thép ở vùng nén có thể chuyển từ phá hoại giòn sang phá hoại dẻo.

Vấn đề đặt ra cần nghiên cứu cách tính toán, so sánh kết quả và đánh giá ảnh hưởng của cốt thép ở vùng nén trong dầm giữa các tiêu chuẩn và giúp cho các nhà tư vấn thiết kế lưu ý khi sử dụng tiêu chuẩn của các nước để tính toán và kiểm tra.

2. Cơ sở lý thuyết tính toán của các Tiêu chuẩn

2.1. Tiêu chuẩn Việt Nam TCVN 5574:2012

Trong khi tính toán cốt thép đơn, nếu $\alpha_m = M/R_b \cdot b \cdot h^2_0 > \alpha_R$ tức là điều kiện hạn chế về phá hoại dẻo không được đảm bảo thì có thể đặt cốt thép với diện tích cốt kép A'_s vào vùng nén. Trong tiết diện vừa có cốt thép chịu kéo với

Abstract: Currently, there are many buildings invested by foreign investors in Vietnam. The design calculations of these works have been based on different standards. This paper studies reinforced concrete beams of reinforced bending double under the Standard (TCVN 5574:2012; 1992-1-1 Eurocode Standard and American Standard ACI 318-2002). Through calculations, the conclusions on the impact of dual core and the differences between standards will be drawn. Of the three standards (TCVN 5574:2012; Eurocode 1992-1-1 and ACI 318-2002), the TCVN 5574:2012 has the smallest value. However, the total reinforced area of the pull and the compression forces are of approximately equal value. The compression reinforcement layout increases the bending stiffness of the beam, thereby reducing deflection, but the effect is not too high compared with a compression steel layout.

Key words: Construction; Beam; Reinforced concrete; Rebars; Flexions; Concrete compressive area

diện tích cốt thép A_s vừa có cốt thép chịu nén A'_s nên gọi là tiết diện có đặt cốt kép.

2.2. Tiêu chuẩn Châu Âu Eurocode 1992-1-1

Trong khi tính toán cốt thép đơn, nếu $K > K_{bal} = 0,167$ tức là điều kiện hạn chế về phá hoại dẻo không được đảm bảo thì có thể đặt cốt thép A'_s vào vùng bê tông chịu nén. Trong tiết diện vừa có cốt thép chịu kéo A_s vừa có cốt thép chịu nén A'_s nên gọi là tiết diện có đặt cốt kép.

2.2.1. Ảnh hưởng của cốt kép đến độ cứng cấu kiện

a. Ảnh hưởng đến khả năng chống nứt của dầm:

Mômen kháng nứt của tiết diện:

$$M_{cr} = f_{ctm} \frac{bh^2}{6}$$

b. Ảnh hưởng đến độ võng của dầm trong trường hợp có khe nứt trong vùng kéo:

Độ cong của dầm tương ứng với tiết diện không bị nứt như sau:

$$\left(\frac{1}{r} \right)_{uc} = \frac{M}{E_{c,eff} I_{uc}}$$

Khi có tính cốt kép thì mômen quán tính của tiết diện không bị nứt được tính như sau:

$$I_{uc} = \frac{bh^3}{3} + \alpha_e A_s (d-x)^2 + \alpha_e A'_s (x-a')^2$$

Độ cong của dầm với tiết diện bị nứt được xác định như sau:

$$\left(\frac{1}{r}\right)_{cr} = \frac{M}{E_{c,eff} I_{cr}}$$

Khi có tính cốt kép thì mômen quán tính của tiết diện bị nứt được tính như sau:

$$I_{cr} = \frac{bx^3}{3} + a_e A_s (d-x)^2 + a_e A_s' (x-a')^2$$

Độ cong trung bình của cầu kiện được xác định dựa trên độ cong tại tiết diện có khe nứt trong vùng kéo bị nứt và tiết diện không bị nứt:

$$\frac{1}{r} = \zeta \left(\frac{1}{r}\right)_{cr} + (1-\zeta) \left(\frac{1}{r}\right)_{uc}$$

Độ cong của cầu kiện là tổng của độ cong do các tải trọng dài hạn và độ cong do co ngót:

$$\frac{1}{r_b} = \frac{1}{r} + \frac{1}{r_{cs}}$$

Độ võng lớn nhất của dầm:

$$\Delta = k \cdot L^2 \frac{1}{r_b}$$

Khi có cốt kép thì mômen quán tính của tiết diện tăng, do đó độ võng của dầm sẽ giảm.

2.3. Tiêu chuẩn Mỹ ACI 318-2002

Các giá trị ứng suất biến dạng của sơ đồ dầm trong tính toán cầu kiện chịu uốn cốt thép đơn có giá trị như sau: biến dạng bê tông vùng chịu nén ε_{cu} bằng 0,003, cốt thép vùng kéo A_s đạt cường độ f_y , cốt thép vùng nén A_s' đạt cường độ f_y , biến dạng của cốt thép chịu kéo ε_s lấy theo ứng suất của thép và bằng f_s/E_s . Ứng suất bê tông đạt giá trị $0,85f_c$,

2.3.1. - Ảnh hưởng của cốt kép đến độ cứng cầu kiện:

- Ảnh hưởng đến khả năng chống nứt của dầm:
- Mômen kháng nứt của tiết diện:

$$M_{cr} = \frac{I_g f_r}{y_t}$$

- Ảnh hưởng đến độ võng của dầm trong trường hợp có khe nứt trong vùng kéo:

Độ võng của dầm được xác định theo công thức :

$$\Delta_{max} = k \frac{M I_n^2}{E_c I_e}$$

Trong đó: I_e - mômen hiệu quả của tiết diện

$$I_e = I_{cr} + \left(\frac{M_{cr}}{M_a}\right)^3 (I_g - I_{cr})$$

Với:

$$I_{cr} = \frac{bc^3}{3} + nA_s(d-c)^2 + (n-1)A_s'(c-d')^2$$

Độ võng tăng thêm do chịu lực cùng với các yếu tố thời gian bằng việc nhân thêm hệ số như sau:

$$\lambda = \frac{T}{1 + 50\rho'}$$

Tổng độ võng theo thời gian sẽ là:

$$\Delta_{LT} = \Delta_L + \lambda_{\infty} \Delta_D + \lambda_i \Delta_{LS}$$

Trong đó:

Δ_L - độ võng ban đầu do hoạt tải gây ra trên cầu kiện;

Δ_D - độ võng ban đầu do tĩnh tải gây ra trên cầu kiện;

Δ_{LS} - độ võng ban đầu do hoạt tải tác dụng thực tế gây ra (một phần của Δ_L xác định theo tải trọng thực tế này);

λ_{∞} - hệ số nhân cho thời gian vô cùng của tải trọng tác dụng dài hạn;

λ_i - hệ số nhân cho thời gian tác dụng có thời hạn của tải trọng.

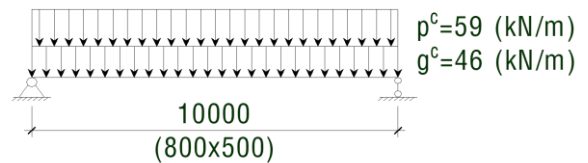
Khi có xét đến cốt kép trong dầm thì giá trị I_{cr} sẽ tăng, do đó độ võng của dầm sẽ giảm.

3. Ví dụ tính toán

3.1. Ví dụ 1

Xét dầm đơn giản chịu tải trọng phân bố đều với các số liệu như sau: nhịp $l = 10$ m; $b = 80$ cm; $h = 50$ cm; Tĩnh tải tiêu chuẩn $g^c = 46$ kN/m, hoạt tải tiêu chuẩn $p^c = 59$ kN/m. Cấp bền của bê tông là B30, nhóm cốt thép AIII.

Xác định diện tích cốt thép của dầm.



Hình 3.1. Sơ đồ tải trọng

3.1.1. Tiêu chuẩn Việt Nam TCVN 5574:2012

Căn cứ vào cấp bền của bê tông và nhóm cốt thép ta có:

$$R_b = 17 \text{ MPa}; R_{sc} = R_s = 365 \text{ MPa}.$$

Tĩnh tải tính toán: $g^t = n \cdot g^c = 1,3 \times 46 = 59,8$ kN/m (với $n = 1,2 - 1,3$);

Hoạt tải tính toán: $p^t = n \cdot p^c = 1,2 \times 59 = 70,8$ kN/m (với $n = 1,1 - 1,2$);

Tổng tải trọng tính toán: $q^t = g^t + p^t = 59,8 + 70,8 = 130,6$ kN/m.

Momen lớn nhất do tổng tải trọng gây ra:

$$M = \frac{q^t l^2}{8} = \frac{130,6 \times 10^2}{8} = 1632,5 (\text{kN.m})$$

Tính α_R :

$$\alpha_R = \xi_R(1 - 0,5\xi_R) = 0,541(1 - 0,541 \times 0,5) = 0,395$$

Tính α_m :

$$\alpha_m = \frac{M}{R_b b h_0^2} = \frac{1632,5 \times 10^6}{17 \times 800 \times 430^2} = 0,649 > \alpha_R = 0,395$$

Do đó phải đặt cốt thép kép

3.1.2. Tiêu chuẩn Châu Âu Eurocode 1992-1-1

Căn cứ vào cấp bền của bê tông và nhóm cốt thép, ta có:

$$f_{ck} = 25 \text{ MPa}; f_{yd} = 347,8 \text{ MPa.}$$

Tĩnh tải tính toán: $g^t = n \cdot g^c = 1,5 \times 46 = 69 \text{ kN/m}$ (với $n = 1,5$);

Hoạt tải tính toán: $p^t = n \cdot p^c = 1,35 \times 59 = 79,65 \text{ kN/m}$ (với $n = 1,35$);

Tổng tải trọng tính toán: $q^t = g^t + p^t = 69 + 79,65 = 148,65 \text{ kN/m}$.

Momen lớn nhất do tổng tải trọng gây ra:

$$M = \frac{q^t l^2}{8} = \frac{148,65 \times 10^2}{8} = 1858,13 (\text{kN.m})$$

Kiểm tra điều kiện hạn chế:

$$K = \frac{M}{bd^2 f_{ck}} = \frac{1858,13 \times 10^6}{800 \times 430^2 \times 25} = 0,502 > K_{bal} = 0,167$$

Do đó phải đặt cốt thép kép.

3.1.3. Tiêu chuẩn Mỹ ACI 318-2002

Chuyển đổi đơn vị từ hệ SI sang US ta có:

$b = 80 \text{ cm} = 31,76 \text{ in}$; $h = 50 \text{ cm} = 19,85 \text{ in}$; $l = 10 \text{ m} = 397 \text{ in}$.

$w_D^c = 46 \text{ kN/m} = 263 \text{ lb/in}$; $w_L^c = 59 \text{ kN/m} = 337 \text{ lb/in}$.

$$d = 43 \text{ cm} = 17,07 \text{ in}; d' = 7 \text{ cm} = 1,99 \text{ in.}$$

$f'_c = 17/1,2 \text{ MPa} = 2,054 \text{ ksi}$; $f_y = 60 \text{ ksi}$; $E_s = 29000 \text{ ksi}$.

Tĩnh tải tính toán: $w_D^t = n \cdot w_D^c = 1,2 \times 263 = 315,6 \text{ lb/in}$ (với $n = 1,2$);

Hoạt tải tính toán: $w_L^t = n \cdot w_L^c = 1,6 \times 337 = 539,2 \text{ lb/in}$ (với $n = 1,6$);

Tổng tải trọng tính toán: $w^t = w_D^t + w_L^t = 315,6 + 539,2 = 854,8 \text{ lb/in}$.

Momen lớn nhất do tổng tải trọng gây ra:

$$M = \frac{w^t l^2}{8} = \frac{854,8 \times 397^2}{8} = 16840521 (\text{lb-in}) = 16840,5 (\text{k-in})$$

Giả thiết hàm lượng cốt thép $\rho = \rho_{max} = 0,75 \rho_b$

$$\rho_{max} = 0,75 \left[0,85 \frac{f'_c}{f_y} \beta_1 \left(\frac{87}{87 + f_y} \right) \right]$$

$$\rho_{max} = 0,75 \left[0,85 \frac{2,054}{60} 0,85 \left(\frac{87}{87 + 60} \right) \right] = 0,011$$

Diện tích cốt thép (cốt đơn) lớn nhất:

$$A_{smax} = \rho_{max} b d = 0,011 \times 31,76 \times 17,07 = 5,95 \text{ in}^2.$$

Tính a:

$$a = \frac{A_s f_y}{0,85 f'_c b} = \frac{5,95 \times 60}{0,85 \times 2,054 \times 31,76} = 6,44 \text{ in}$$

Tính mômen do phần bê tông vùng nén có thể chịu được:

$$M_{ns} = A_s f_y \left(d - \frac{a}{2} \right) = 5,95 \times 60 \left(17,07 - \frac{6,44}{2} \right) = 4947 \text{ k-in}$$

Tính mômen còn lại, tập trung cho thép chịu nén:

$$M_{nc} = M_u - M_{ns} = 16840,5 - 4947 = 11893,5 \text{ k-in.}$$

Tính C_s :

$$C_s = \frac{M_{nc}}{d - d'} = \frac{11893,5}{17,07 - 1,99} = 788,38 \text{ kips}$$

Tính ϵ'_s :

$$\epsilon'_s = 0,03 \frac{c - d'}{c} = 0,03 \frac{7,57 - 1,99}{7,57} = 0,0022 > \epsilon_y = 0,0013$$

Vậy thép vùng nén chảy dẻo.

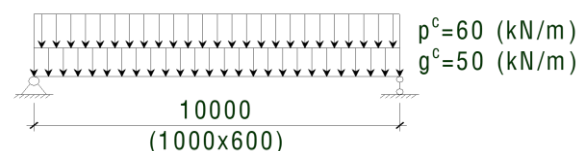
Bảng 3.1. Kết quả tính toán cốt thép chịu kéo và chịu nén

Tiêu chuẩn	A_s (c m ²)	A'_s (c m ²)	A_{s+} A'_s (cm ²)
TCVN 5574-2012	14 6,92	51, 3	198,2 2
Eurocode 1992-1-1	14 4,22	93, 87	238,0 9
ACI 318- 2002	12 3,15	87, 29	210,4 4

3.2. Ví dụ 2

Xét dầm đơn giản chịu tải trọng phân bố đều với các số liệu như sau: $l = 10 \text{ m}$; $b = 100 \text{ cm}$; $h = 60 \text{ cm}$; Cốt thép chịu kéo $A_s = 195 \text{ cm}^2$; Cốt thép chịu nén $A'_s = 105 \text{ cm}^2$; $h_0 = 93 \text{ cm}$; $a' = 5 \text{ cm}$; Tĩnh tải tiêu chuẩn $g^c = 50 \text{ kN/m}$, hoạt tải tiêu chuẩn $p^c = 60 \text{ kN/m}$. Cấp bền của bê tông là B30, nhóm cốt thép AIII.

Xác định khả năng chống nứt và độ võng của dầm.



Hình 3.2. Sơ đồ tải trọng

3.2.1. Tiêu chuẩn Việt Nam TCVN 5574:2012

Căn cứ vào cấp bền của bê tông và nhóm cốt thép ta có:

$$R_{b,ser} = 22 \text{ MPa}; R_{bt,ser} = 1,8 \text{ MPa.}$$

$$E_b = 32,5 \times 10^3 \text{ MPa}; E_a = 20 \times 10^4 \text{ MPa.}$$

$$R_{sc} = R_s = 330 \text{ MPa.}$$

Momen lớn nhất do tổng tải trọng gây ra:

$$M = \frac{(g^{tc} + p^{tc})l^2}{8} = \frac{(50 + 60) \times 10^2}{8} = 1375 (\text{kN.m})$$

Momen lớn nhất do tĩnh tải gây ra:

$$M = \frac{g^{tc}l^2}{8} = \frac{50 \times 10^2}{8} = 625 (\text{kN.m})$$

a. Tính khả năng chống nứt:

$$M_{crc} = R_{bt,ser} W_{pl}$$

$$M_{crc} = 1,8 \times 1,68 \times 10^8 = 302,31 \text{ kNm.}$$

$$M_{crc} < M^c = 1375 \text{ kNm.}$$

Do đó dầm bị nứt.

b. Tính độ cong ở giữa nhịp do tác dụng ngắn hạn của toàn bộ tải trọng 1/r₁:

$$\frac{1}{r_1} = \frac{M}{h_0 z} \left(\frac{\psi_s}{E_s A_s} + \frac{\psi_b}{\nu E_b A_{b,red}} \right) = 2,73 \times 10^{-6} \text{ (1/mm).}$$

c. Tính độ cong ở giữa nhịp do tác dụng ngắn hạn của tải trọng dài hạn 1/r₂:

Tính tương tự như trên với giá trị $M = 625 \text{ kNm}$.

$$\frac{1}{r_2} = \frac{M}{h_0 z} \left(\frac{\psi_s}{E_s A_s} + \frac{\psi_b}{\nu E_b A_{b,red}} \right) = 1,04 \times 10^{-6} \text{ (1/mm).}$$

d. Tính độ cong ở giữa nhịp do tác dụng dài hạn của tải trọng dài hạn 1/r₃:

Với giá trị $M = 625 \text{ kNm}$.

$$\frac{1}{r_3} = \frac{M}{h_0 z} \left(\frac{\psi_s}{E_s A_s} + \frac{\psi_b}{\nu E_b A_{b,red}} \right) = 1,53 \times 10^{-6} \text{ (1/mm).}$$

e. Tính độ cong toàn phần 1/r:

$$\frac{1}{r} = \frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} + \frac{1}{r_3} = (2,73 - 1,04 + 1,53) \times 10^{-6} = 3,21 \times 10^{-6} \text{ (1/mm)}$$

f. Tính độ võng của dầm ở tiết diện giữa nhịp:

$$f = \frac{5}{48} \left(\frac{1}{r} \right) l^2 = \frac{5}{48} \times 3,21 \times 10^{-6} \times (10 \times 10^3)^2 = 33,48 \text{ mm}$$

3.2.2. Tiêu chuẩn Châu Âu Eurocode 1992-1-1

Căn cứ vào cấp bền của bê tông C25/30 và nhóm cốt thép S400, ta có:

$$f_{ck} = 25 \text{ MPa}; f_{yd} = 347,8 \text{ MPa}; f_{ctm} = 2,6 \text{ MPa.}$$

$$E_{cm} = 31000 \text{ MPa}; E_s = 20.10^4 \text{ MPa.}$$

a. Tính khả năng chống nứt:

Mômen kháng nứt của tiết diện:

$$M_{cr} = f_{ctm} \frac{bh^2}{6} = 2,6 \times \frac{1000 \times 600^2}{6 \times 10^6} = 121,72 \text{ kNm}$$

$$M_{cr} < M^c = 1375 \text{ kNm.}$$

Do đó dầm bị nứt.

b. Tính độ cong trung bình của dầm 1/r:

Tính độ cong trung bình của cầu kiện 1/r:

$$\frac{1}{r} = \zeta \left(\frac{1}{r} \right)_{cr} + (1 - \zeta) \left(\frac{1}{r} \right)_{uc} = 1,34 \times 10^{-6} \text{ 1/mm.}$$

c. Tính độ cong trung bình của dầm do co ngót 1/r_{cs}:

Biến dạng do co ngót tự do $\epsilon_{cs} = 0,0004$.

Tính độ cong trung bình của dầm do co ngót 1/r_{cs}:

$$\frac{1}{r_{cs}} = \zeta \left(\frac{1}{r_{cs}} \right)_{cr} + (1 - \zeta) \left(\frac{1}{r_{cs}} \right)_{uc} = 1,34 \times 10^{-6} \text{ 1/mm}$$

d. Độ cong của dầm 1/r_b:

$$\frac{1}{r_b} = \frac{1}{r} + \frac{1}{r_{cs}} = (1,34 + 1,34) \times 10^{-6} = 2,69 \times 10^{-6} \text{ (1/mm)}$$

e. Độ võng lớn nhất của dầm Δ:

Với $L = 10 \text{ m}$ ta có:

$$\Delta = \frac{L^2}{8} \frac{1}{r_b} = 0,125 \times (10 \times 10^6)^2 \times 2,69 \times 10^{-6} = 33,63 \text{ mm}$$

3.2.3. Tiêu chuẩn Mỹ ACI 318-2002:

Chuyển đổi đơn vị từ hệ SI sang US ta có:

Momen lớn nhất do tĩnh tải gây ra:

$$M = \frac{w_D^c l_n^2}{8} = \frac{286 \times 397^2}{8} = 5629596 (\text{in} - \text{lb})$$

Momen lớn nhất do hoạt tải gây ra:

$$M = \frac{w_L^c l_n^2}{8} = \frac{343 \times 397^2}{8} = 6755515 (\text{in} - \text{lb})$$

$$h_{\min} = \frac{l_n}{16} = \frac{397}{16} = 24,81 \text{ in} > h = 23,62 \text{ in}$$

Do đó cần tính độ võng.

Mômen kháng nứt:

$$M_{cr} = \frac{I_g f_r}{y_t} = \frac{43244 \times 386,7}{11,81} = 1415838 \text{ in} - \text{lb}$$

$$M_{cr} < M = 6755515 \text{ in} - \text{lb.}$$

Do đó dầm bị nứt.

- Trường hợp chịu tĩnh tải:

$$\frac{M_{cr}}{M_a} = \frac{1415837}{5629296} = 0,25$$

- Trường hợp chịu thêm 50% hoạt tải:

$$\frac{M_{cr}}{M_a} = \frac{1415837}{5629296 + 0,5 \times 6755515} = 0,16$$

- Trường hợp tĩnh tải và hoạt tải:

$$\frac{M_{cr}}{M_a} = \frac{1415837}{5629296 + 6755515} = 0,11$$

Độ võng ngắn hạn với $k = 5/48$:

$$\Delta = k \frac{Ml_n^2}{E_c I_e} = \frac{5 \times 397^2 M}{48 \times 2,94 \times 10^6 I_e} = 0,0055 \frac{M}{I_e} (in)$$

- Trường hợp chịu tĩnh tải: $I_e = 57435 \text{ in}^4$.

$$\Delta_D = 0,0055 \frac{5629596}{57435} = 0,55(in)$$

- Trường hợp chịu thêm 50% hoạt tải: $I_e = 57608 \text{ in}^4$.

$$\Delta_{LS} = 0,0055 \frac{5629596 + 0,5 \times 6755515}{57608} - 0,0055 \frac{5629596}{57435} = 0,33(in)$$

- Trường hợp tĩnh tải và hoạt tải: $I_e = 57642 \text{ in}^4$.

$$\Delta_L = 0,0055 \frac{5629596 + 6755515}{57642} - 0,0055 \frac{5629596}{57435} = 0,65(in)$$

Độ võng dài hạn:

$$\Delta_{LT} = \Delta_L + \lambda_{\infty} \Delta_D + \lambda_i \Delta_{LS}$$

$$\Delta_{LT} = \Delta_L + \lambda_{\infty} \Delta_D + \lambda_i \Delta_{LS} = 1,53 \text{ in} = 38,75 \text{ mm.}$$

Bảng 3.2. Kết quả tính toán mômen kháng nứt và độ võng:

Tiêu chuẩn	Mômen kháng nứt (kN.m)	Độ võng (mm)
TCVN 5574-2012	302,31	33,48
Eurocode 1992-1-1	121,72	33,63
ACI 318-2002	159,99	38,75

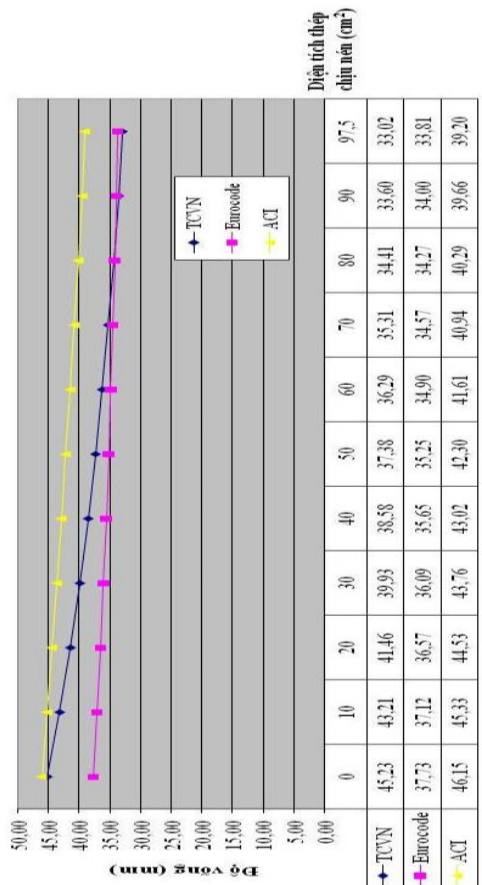
Tiến hành lập bảng tính độ võng với giá trị $A's$ thay đổi từ (0 – 50)% A_s . Kết quả tính toán được thể hiện trong Bảng 3.3

Bảng 3.3. Kết quả tính toán độ võng với diện tích cốt thép chịu nén thay đổi:

$A's$ (cm ²)	A_s (cm ²)	%($A's/A_s$)	Độ võng (mm)		
			TCVN 5574-2012	Euro code 1992-1-1	ACI 318-2002
0	195	0	45,23	37,73	46,15

10	195	5	43,21	37,12	45,33
20	195	10	41,46	36,57	44,53
30	195	15	39,93	36,09	43,76
40	195	21	38,58	35,65	43,02
50	195	26	37,38	35,25	42,30
60	195	31	36,29	34,90	41,61
$A's$ (cm ²)	A_s (cm ²)	%($A's/A_s$) (%)	Độ võng (mm)		
			TCVN 5574-2012	Eurocode 1992-1-1	ACI 318-2002
70	195	36	35,31	34,57	40,94
80	195	41	34,41	34,27	40,29
90	195	46	33,60	34,00	39,66
97,5	195	50	33,02	33,81	39,20

Từ Bảng 3.3 vẽ đồ thị thể hiện ảnh hưởng của cốt thép chịu nén đến độ võng của dầm trong Hình 3.3.



Hình 3.3. Đồ thị thể hiện ảnh hưởng của cốt thép chịu nén đến độ võng

Thông qua các ví dụ tính toán có thể rút ra những nhận xét sau đây:

- Về diện tích cốt thép chịu nén: Theo Tiêu chuẩn

TCVN 5574:2012 có giá trị nhỏ nhất trong ba Tiêu chuẩn (TCVN 5574:2012; Eurocode 1992-1-1 và ACI 318-2002). Tuy nhiên nếu tính tổng diện tích cốt thép chịu lực vùng kéo và nén thì giá trị xấp xỉ gần bằng nhau.

- Về khả năng chống nứt của dầm: Chỉ có Tiêu chuẩn TCVN 5574:2012 khi tính toán có xét đến diện tích cốt thép chịu nén.

- Về độ võng của dầm: Việc bố trí cốt thép chịu nén làm tăng độ cứng chống uốn của dầm, do đó làm giảm độ võng, tuy nhiên hiệu quả là không quá lớn so với lượng thép chịu nén phải bố trí.

4. Kết luận

- Khi bố trí cốt thép chịu nén cần quan tâm đến điều kiện đảm bảo sự làm việc đồng thời giữa bê tông vùng nén và cốt thép. Trong Tiêu chuẩn TCVN 5574:2012 chưa đề cập cụ thể đến hạn chế hàm lượng cốt thép chịu nén.

- Khi xét đến cốt thép đặt trong vùng nén của dầm thì độ cứng chống uốn của dầm được tăng lên và độ võng của dầm sẽ giảm, tuy nhiên hiệu quả là không quá lớn so với lượng thép chịu nén phải bố trí. Mức độ ảnh hưởng của

hàm lượng cốt thép chịu nén đến độ võng của dầm theo Tiêu chuẩn Eurocode 1992-1-1 và ACI 318-2002 là không đáng kể.

Tài liệu tham khảo

- [1] Tiêu chuẩn Việt Nam TCXDVN 356-2005 (2005), Nhà xuất bản Xây dựng, Hà Nội.
- [2] Nguyễn Đình Cống (2009), Tính toán thực hành cấu kiện bê tông cốt thép theo Tiêu chuẩn TCXDVN 356-2005, Nhà xuất bản Xây dựng, Hà Nội.
- [3] Phan Quang Minh, Ngô Thế Phong (2010), Kết cấu bê tông cốt thép thiết kế theo Tiêu chuẩn Châu Âu, Nhà xuất bản Khoa học kỹ thuật, Hà Nội.
- [4] Phan Quang Minh, Ngô Thế Phong, Nguyễn Đình Cống (2008), Kết cấu bê tông cốt thép – Phần cấu kiện cơ bản, Nhà xuất bản Khoa học kỹ thuật, Hà Nội.
- [5] Tiêu chuẩn Việt Nam TCVN 5574-2012: Kết cấu bê tông và bê tông cốt thép – Tiêu chuẩn thiết kế.
- [6] Trần Mạnh Tuấn (2009), Tính toán kết cấu bê tông cốt thép theo tiêu chuẩn ACI 318-2002, Nhà xuất bản Xây dựng, Hà Nội.
- [7] Nguyễn Trung Hoà (2006), Tiêu chuẩn Châu Âu Eurocode EN 1992-1-1 - Thiết kế kết cấu bê tông và bê tông cốt thép, Nhà xuất bản Xây dựng, Hà Nội.

(BBT nhận bài: 24/03/2014, phản biện xong: 22/04/2014)