

KHẢO SÁT VÀ ĐÁNH GIÁ ĐỘ VÔNG DÀI HẠN CỦA DẦM BÊ TÔNG CỐT THÉP TÍNH TOÁN THEO TIÊU CHUẨN NGA SP 63.13330.2012 VÀ TCVN 5574:2012

Đinh Văn Tùng^{a,*}

^a*Khoa Xây dựng dân dụng và công nghiệp, Trường Đại học Xây dựng,
55 đường Giải Phóng, quận Hai Bà Trưng, Hà Nội, Việt Nam*

Lịch sử bài viết:

Nhận ngày 8/1/2018, Sửa xong 16/4/2018, Chấp nhận đăng 30/5/2018

Tóm tắt

Bài báo trình bày phương pháp tính toán độ võng của dầm bê tông cốt thép có kể đến hiện tượng từ biến của bê tông theo tiêu chuẩn Nga SP 63.13330.2012. Tiêu chuẩn này là cơ sở để soạn thảo tiêu chuẩn mới thay thế tiêu chuẩn hiện hành của Việt Nam TCVN 5574:2012 về thiết kế kết cấu bê tông và bê tông cốt thép (BTCT). Trong bài báo này, tác giả cũng đưa ra những so sánh, đánh giá phương pháp tính toán độ võng theo tiêu chuẩn SP 63.13330.2012 so với TCVN 5574:2012, từ đó, đưa ra những kiến nghị trong việc biên soạn TCVN mới và áp dụng tiêu chuẩn SP 63.13330.2012 trong tính toán độ võng dài hạn của dầm bê tông cốt thép ở Việt Nam hiện nay được đưa ra trong phần cuối của bài báo này.

Từ khoá: bê tông cốt thép; co ngót; độ võng dài hạn; từ biến; SP 63.13330.2012.

SURVEY AND ASSESSMENT OF LONG-TERM DEFLECTION OF REINFORCED CONCRETE BEAMS ACCORDING TO RUSSIAN STANDARD SP 63.13330.2012 AND TCVN 5574:2012

Abstract

This paper presents a method for calculating deflection of reinforced concrete beams under the effect of the creep phenomenon of concrete according to Russian Standard SP 63.13330.2012. This standard is the basis for composing new standards replacing Vietnam's current standard TCVN 5574: 2012 for the design of concrete and reinforced concrete (RC) structures. In this article, the author also makes comparisons and assesses the method for calculating deflection according to standard SP 63.13330.2012 compared with TCVN 5574: 2012, from which, recommendations for the compilation and application of SP 63.13330.2012 in the calculation of long-term deflection of reinforced concrete beams in Vietnam are given in the later part of the paper.

Keywords: reinforced concrete; shrinkage; long-term deflection; creep; SP 63.13330.2012.

[https://doi.org/10.31814/stce.nuce2018-12\(4\)-07](https://doi.org/10.31814/stce.nuce2018-12(4)-07) © 2018 Trường Đại học Xây dựng (NUCE)

1. Giới thiệu

Tiêu chuẩn về kết cấu bê tông và bê tông cốt thép (BTCT) hiện hành của Việt Nam TCVN 5574:2012 [1] (cũ là TCXDVN 356:2005) được ban hành trên cơ sở tiêu chuẩn СНИП2.03.01.84 xuất bản năm 1998 của Cộng hòa Liên bang Nga. Quan điểm tính toán độ võng dài hạn của dầm trong tiêu chuẩn là tính toán theo các phương pháp của cơ học kết cấu, trong đó phải thay độ cứng đàn hồi bằng độ cứng có xét đến biến dạng dẻo của bê tông, xét đến sự có mặt của cốt thép trong tiết diện và

*Tác giả chính. Địa chỉ e-mail: tungnhnd@gmail.com (Tùng, Đ. V.)

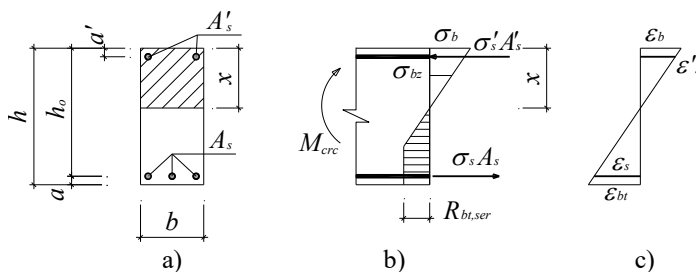
sự xuất hiện khe nứt trong vùng kéo của tiết diện ở một đoạn nào đó trên trục dọc của dầm. Đối với những đoạn dầm mà trên đó không xuất hiện khe nứt trong vùng kéo, độ võng của dầm được tính toán như đối với vật thể đàn hồi. Một số tiêu chuẩn nước ngoài như ACI 318 [2], Eurocode [3] hoặc AS 3600 [4] đã đưa ra các phương pháp khác nhau dự báo độ võng của cầu kiện chịu uốn chịu tác dụng của tải trọng dài hạn từ nhiều thập kỷ trước dựa trên những nghiên cứu lý thuyết kết hợp thực nghiệm của các tác giả. Những nghiên cứu về đặc trưng theo thời gian như từ biến và co ngót của bê tông đòi hỏi nhiều công sức, thời gian và chi phí, vì vậy, ở Việt Nam có khá ít nghiên cứu về độ võng dài hạn của dầm bê tông cốt thép, các nghiên cứu mới chỉ đưa ra kết quả cho một vài cầu kiện dầm bê tông cốt thép đơn lẻ trong một điều kiện môi trường cụ thể.

Thời gian gần đây, Bộ Xây dựng đang tiến hành biên soạn tiêu chuẩn mới về thiết kế kết cấu bê tông và BTCT thay thế [1] trên cơ sở [5]. Tiêu chuẩn này đưa ra nhiều sự thay đổi trong việc tính toán kết cấu bê tông và BTCT so với tiêu chuẩn cũ của Nga CHИП2.03.01.84. Phương pháp tính toán độ võng dài hạn của cầu kiện chịu uốn BTCT theo [5] cũng có nhiều điểm mới chi tiết hơn cần được tìm hiểu và làm rõ. Do đó, nghiên cứu phương pháp tính toán độ võng dài hạn của dầm BTCT theo [5] mang tính cấp thiết. Trong bài báo này, tác giả tiến hành so sánh, đánh giá phương pháp tính độ võng theo [5] so với tiêu chuẩn hiện hành của Việt Nam [1]. Từ đó, tác giả đưa ra những kiến nghị trong việc biên soạn áp dụng tiêu chuẩn [5] trong tính toán độ võng dài hạn của dầm bê tông cốt thép ở Việt Nam hiện nay.

2. Phương pháp xác định độ võng dài hạn của dầm theo [5]

2.1. Mô men kháng nứt M_{crc} của tiết diện dầm [5, 6]

Khi tính mô men kháng nứt của tiết diện, tiêu chuẩn [5] dựa trên các giả thiết sau: Tiết diện phẳng, nghĩa là sau khi biến dạng tiết diện vẫn được coi là phẳng; Biểu đồ ứng suất trong vùng bê tông chịu nén có dạng tam giác, biểu đồ ứng suất trong vùng bê tông chịu kéo có dạng hình thang với ứng suất lớn nhất bằng cường độ chịu kéo của bê tông $R_{bt,ser}$; Biến dạng tương đối tại thớ bê tông chịu kéo ngoài cùng lấy bằng giá trị cực hạn $\varepsilon_{bt,u} = 0,00015$; Khi tính M_{crc} , quan hệ ứng suất biến dạng trong cốt thép theo lý thuyết đàn hồi tuyến tính. Với các giả thiết này, sơ đồ ứng suất và biến dạng tại tiết diện chuẩn bị nứt được thể hiện như Hình 1:



Hình 1. Sơ đồ ứng suất biến dạng tại tiết diện chuẩn bị nứt theo SP 63.13330.2012

a) Tiết diện ngang; b) Sơ đồ ứng suất; c) Sơ đồ biến dạng

Mô men nứt của cầu kiện chịu uốn BTCT được xác định theo Công thức (1):

$$M_{crc} = W_{pl} R_{bt,ser} \quad (1)$$

trong đó $R_{bt,ser}$ là cường độ chịu kéo dọc trục của bê tông; W_{pl} là mô men kháng uốn đàn dẻo của tiết diện, đối với tiết diện chữ nhật W_{pl} được xác định như sau:

$$W_{pl} = 1,3W_{red}; \quad W_{red} = \frac{I_{red}}{y_t} \quad (2)$$

trong đó W_{red} là mô men kháng uốn đàn hồi của tiết diện quy đổi; I_{red} là mô men quán tính của tiết diện quy đổi đối với trục trung hòa; y_t là khoảng cách từ mép bê tông chịu kéo ngoài cùng đến trục trung hòa của tiết diện quy đổi, giá trị I_{red} , y_t được xác định theo Công thức (3)

$$I_{red} = I + \alpha I_s + \alpha I'_s; \quad y_t = \frac{S_{t,red}}{A_{red}}; \quad \alpha = E_s/E_b \quad (3)$$

trong đó I , I_s , I'_s lần lượt là mô men quán tính của tiết diện bê tông vùng nén, tiết diện cốt thép chịu kéo và tiết diện cốt thép chịu nén đối với trục trung hòa; A_{red} và $S_{t,red}$ lần lượt là diện tích tiết diện ngang quy đổi và mô men tĩnh đối với mép bê tông chịu kéo nhiều hơn.

2.2. Độ cong của dầm bê tông cốt thép của đoạn không có khe nứt trong vùng kéo [5]

Độ cong của đoạn dầm không có khe nứt trong vùng kéo được xác định theo (4)

$$\left(\frac{1}{r}\right)_1 = \frac{M_1}{D_1} \quad (4)$$

trong đó M_1 là mô men trung bình trong đoạn dầm không có khe nứt trong vùng kéo; D_1 là độ cứng chống uốn của tiết diện ngang quy đổi trong đoạn không có khe nứt xác định theo (5)

$$D_1 = E_{b1}I_{red} \quad (5)$$

trong đó E_{b1} là mô đun biến dạng của bê tông vùng nén theo thời gian tác dụng của tải trọng và mức độ nứt của tiết diện; I_{red} là mô men quán tính của tiết diện quy đổi đối với trục trung hòa xác định theo (3) với $\alpha = E_s/E_{b1}$. Khi tải trọng tác dụng dài hạn E_{b1} xác định theo (6):

$$E_{b1} = E_{b\tau} = \frac{E_b}{1 + \Phi_{b,cr}} \quad (6)$$

trong đó $\Phi_{b,cr}$ là hệ số từ biến của bê tông được giả định theo Bảng 1.

Bảng 1. Hệ số từ biến của bê tông nặng theo [5]

Độ ẩm tương đối của môi trường (%)	Hệ số từ biến $\Phi_{b,cr}$ đối với bê tông nặng chịu nén										
	B10	B15	B20	B25	B30	B35	B40	B45	B50	B55	B60-B100
Lớn hơn 75	2,8	2,4	2,0	1,8	1,6	1,5	1,4	1,3	1,2	1,1	1,0
40-75	3,9	3,4	2,8	2,5	2,3	2,1	1,9	1,8	1,6	1,5	1,4
Ít hơn 40	5,6	4,8	4,0	3,6	3,2	3,0	2,8	2,6	2,4	2,2	2,0

Chú ý: Độ ẩm tương đối của môi trường được giả định là giá trị độ ẩm trung bình hàng tháng ẩm nhất đối với khu vực xây dựng.

Bảng 1 cho thấy khác với [1] khi đưa ra hệ số từ biến của bê tông nặng tiêu chuẩn [5] có xét đến ảnh hưởng của cấp bền bê tông.

2.3. Độ cong của dầm bê tông cốt thép trong đoạn có khe nứt trong vùng kéo [5]

Độ cong của đoạn dầm có khe nứt trong vùng kéo được xác định dựa trên các giả thiết sau: Tiết diện được coi là phẳng sau khi biến dạng; Ứng suất trong bê tông vùng nén được xác định theo lý thuyết đàn hồi tuyến tính; Bỏ qua khả năng chịu kéo của bê tông tại tiết diện có khe nứt; và Sự làm việc của bê tông vùng kéo trong đoạn giữa các khe nứt được xem xét với hệ số ψ_s .

Với các giả thiết trên, độ cong của đoạn dầm có khe nứt trong vùng kéo được xác định theo (7):

$$\left(\frac{1}{r}\right)_2 = \frac{M_2}{D_2} \quad (7)$$

trong đó M_2 là mô men trung bình trong đoạn dầm có khe nứt; D_2 là độ cứng chống uốn của tiết diện ngang quy đổi trong đoạn có khe nứt xác định theo (8)

$$D_2 = E_{s,red} A_s z (h_0 - x_m) \quad (8)$$

trong đó z là khoảng cách từ trọng tâm vùng cốt thép chịu kéo đến điểm đặt hợp lực của bê tông vùng nén; x_m là chiều cao trung bình của bê tông vùng nén có xét đến ảnh hưởng của bê tông vùng kéo giữa các khe nứt. Đối với tiết diện chữ nhật có cốt thép vùng kéo và nén, x_m được xác định theo (9)

$$x_m = h_0 \left[\sqrt{(\mu_s \cdot \alpha_{s2} + \mu'_s \cdot \alpha_{s1})^2 + 2 \cdot \left(\mu_s \cdot \alpha_{s2} + \mu'_s \cdot \alpha_{s1} \frac{a'}{h_0} \right)} - (\mu_s \cdot \alpha_{s2} + \mu'_s \cdot \alpha_{s1}) \right] \quad (9)$$

trong đó $\mu_s; \mu'_s$ là hàm lượng cốt thép ở vùng chịu kéo và nén của tiết diện; $\mu_s = \frac{A_s}{bh_0}; \mu'_s = \frac{A'_s}{bh_0}; \alpha_{s1}; \alpha_{s2}$ là hệ số quy đổi của cốt thép vùng nén và vùng kéo xác định theo (10);

$$\alpha_{s1} = \frac{E_s}{E_{b,red}}; \quad \alpha_{s2} = \frac{E_{s,red}}{E_{b,red}}; \quad E_{b,red} = \frac{R_{b,ser}}{\varepsilon_{b1,red}} \quad (10)$$

$\varepsilon_{b1,red}$ là biến dạng tương đối giới hạn đàn hồi của bê tông vùng nén lấy theo Bảng 2.

Bảng 2. Biến dạng tương đối $\varepsilon_{b1,red}$ của bê tông nặng theo [5]

Độ ẩm tương đối của môi trường (%)	Biến dạng tương đối $\varepsilon_{b1,red}$ đối với bê tông nặng
Lớn hơn 75	0,0024
40-75	0,0028
Ít hơn 40	0,0034

Chú ý: Độ ẩm tương đối của môi trường được giả định là giá trị độ ẩm trung bình hàng tháng ẩm nhất đối với khu vực xây dựng.

Đối với tiết diện chữ nhật khi bỏ qua cốt thép vùng nén: $z = (h_0 - \frac{1}{3}x_m)$; đối với tiết diện chữ nhật, chữ T (cánh trong vùng nén) và tiết diện chữ I có thể giả định: $z = 0,8h_0$; $E_{s,red}$ là mô đun biến dạng quy đổi của cốt thép vùng kéo có xét đến ảnh hưởng của sự làm việc của bê tông vùng kéo giữa các khe nứt được xác định theo (11)

$$E_{s,red} = \frac{E_s}{\psi_s} \quad (11)$$

Hệ số ψ_s kể đến sự phân bố không đều của biến dạng cốt thép vùng kéo giữa các khe nứt xác định theo Công thức (12)

$$\psi_s = 1 - 0,8 \frac{M_{crc}}{M_2} \quad (12)$$

2.4. Độ võng dài hạn của dầm do ảnh hưởng của hiện tượng từ biến [2, 3]

Độ võng dài hạn tại tiết diện giữa dầm được xác định theo Công thức (13):

$$f_m = \int_0^{l_1} M_1 \left(\frac{1}{r} \right)_1 dx + \int_0^{l_2} M_2 \left(\frac{1}{r} \right)_2 dx \quad (13)$$

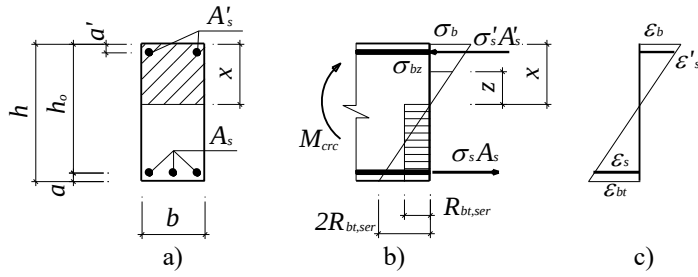
trong đó $l_1; l_2$ lần lượt là chiều dài đoạn dầm không có và có khe nứt trong vùng kéo.

3. Phương pháp xác định độ võng dài hạn của dầm theo [1, 7]

3.1. Mô men kháng nứt M_{crc} của tiết diện dầm [1, 7]

Khi tính toán mô men kháng nứt của tiết diện, sử dụng các giả thiết sau: Tiết diện được coi là phẳng trước và sau khi biến dạng; Biến dạng tương đối lớn nhất của thớ bê tông chịu kéo ngoài cùng bằng $\frac{2R_{bt,ser}}{E_b}$, ứng suất trong bê tông vùng kéo phân bố đều và có giá trị $R_{bt,ser}$; và ứng suất bê tông vùng nén có dạng hình tam giác.

Từ đó, sơ đồ ứng suất biến dạng trên tiết diện thẳng góc khi bê tông chuẩn bị nứt như Hình 2.



Hình 2. Sơ đồ ứng suất để tính M_{crc}
a) Tiết diện ngang; b) Sơ đồ ứng suất; c) Sơ đồ biến dạng

Hai phương trình cân bằng và quan hệ dựa trên giả thiết tiết diện phẳng:

$$\int_{A_b} \sigma_{bz} dA + \sigma'_s A'_s = R_{bt,ser} A_{bt} + \sigma_s A_s \quad (14)$$

$$M_{crc} = \sigma'_s A'_s (x - a') + \int_{A_b} \sigma_{bz} z dA + R_{bt,ser} A_{bt} \frac{S_{bt}}{A_{bt}} + \sigma_s A_s (h_0 - x) \quad (15)$$

$$\begin{cases} \sigma_b = 2R_{bt,ser} \frac{x}{h-x}; & \sigma'_s = 2R_{bt,ser} n \frac{x-a'}{h-x}; \\ \sigma_s = 2R_{bt,ser} n \frac{h_0-x}{h-x}; & \sigma_{bz} = \sigma_b \frac{z}{x}; \quad dA = b dz \end{cases} \quad (16)$$

trong đó A_b, A_{bt} tương ứng là diện tích của bê tông vùng nén và vùng kéo.

Từ đó xác định được chiều cao vùng nén x và mô men kháng nứt M_{crc} :

$$x = \frac{\frac{bh^2}{2} + n(A'_s a' + A_s h_0)}{n(A_s + A'_s) + bh}; \quad M_{crc} = R_{bt,ser} \left[\frac{2(I_{b0} + nI_{s0} + nI_{s'0})}{h-x} + S_{b0} \right] \quad (17)$$

trong đó $n = \frac{E_s}{E_b}$; I_{b0} ; I_{s0} ; $I_{s'0}$ lần lượt là hệ số quy đổi, mô men quán tính đối với trục trung hòa của diện tích vùng bê tông chịu nén, diện tích cốt thép chịu kéo và chịu nén; S_{b0} là mômen tĩnh đối với trục trung hòa của diện tích vùng bê tông chịu kéo. Với tiết diện chữ nhật, ta có:

$$I_{b0} = \frac{bx^3}{3}; \quad I_{s0} = A_s(h_0 - x)^2; \quad I_{s'0} = A'_s(x - a')^2; \quad S_{b0} = \frac{b(h - x)^2}{2} \quad (18)$$

3.2. Độ cong của đoạn dầm không có khe nứt trong vùng kéo [1, 7]

Trên các đoạn dầm mà ở đó không hình thành vết nứt thẳng góc với trục dọc cầu kiện, giá trị độ cong do tác dụng của tải trọng dài hạn xác định theo Công thức (19):

$$\left(\frac{1}{r}\right)_1 = \frac{M_1 \varphi_{b2}}{\varphi_{b1} E_b I_{red}} \quad (19)$$

trong đó M_1 là mô men trung bình trong đoạn dầm không bị nứt; I_{red} là mô men quán tính của tiết diện quy đổi đối với trục trung hòa; φ_{b1} là hệ số xét đến ảnh hưởng của từ biến ngắn hạn của bê tông, với bê tông nặng, $\varphi_{b1} = 0,85$; φ_{b2} là hệ số xét đến ảnh hưởng của từ biến dài hạn của bê tông đến biến dạng của cầu kiện không có khe nứt trong vùng kéo. Khi tác dụng của tải trọng là ngắn hạn $\varphi_{b2} = 1$. Khi tác dụng của tải trọng là dài hạn: $\varphi_{b2} = 2,0$ với độ ẩm của môi trường từ 40–75%; $\varphi_{b2} = 3,0$ với độ ẩm của môi trường dưới 40%; $\varphi_{b2} = 1,6$ với độ ẩm của môi trường trên 75%.

3.3. Độ cong của đoạn dầm có khe nứt trong vùng kéo [1, 7]

Trên đoạn dầm có hình thành vết nứt thẳng góc với trục dọc của dầm trong vùng chịu kéo, độ cong do tác dụng của tải trọng dài hạn xác định theo Công thức (20):

$$\left(\frac{1}{r}\right)_2 = \frac{M_2}{h_0 z} \left[\frac{\psi_s}{E_s A_s} + \frac{\psi_b}{E_b \nu A_{bred}} \right] \quad (20)$$

trong đó M_2 là mô men trung bình trong đoạn dầm bị nứt; A_{bred} là diện tích quy đổi của của bê tông vùng nén có xét đến biến dạng dẻo của bê tông;

$$A_{bred} = A_b + \frac{\alpha}{\nu} A'_s = (\varphi_f + \xi) b h_0 \quad (21)$$

Đối với dầm chịu uốn tiết diện chữ nhật:

$$\xi = \frac{x}{h_0} = \frac{1}{\beta + \frac{1 + 5(\delta + \lambda)}{10\mu\alpha}} \quad (22)$$

trong đó hệ số $\beta = 1,8$ với bê tông nặng;

Các hệ số khác xác định theo Công thức (23):

$$\delta = \frac{M_2}{b h_0^2 R_{b,ser}}; \quad \varphi_f = \frac{\alpha A'_s}{2 \nu b h_0}; \quad \lambda = \varphi_f \left(1 - \frac{h'_f}{2 h_0} \right); \quad \mu = \frac{A_s}{b h_0}; \quad \alpha = \frac{E_s}{E_b} \quad (23)$$

trong đó hệ số ν là hệ số đặc trưng trạng thái đàn dẻo của bê tông vùng chịu nén xác định theo Bảng 3; z là cánh tay đòn của nội ngẫu lực, là khoảng cách từ trọng tâm cốt thép chịu kéo A_s đến điểm đặt của hợp lực bê tông và cốt thép vùng nén xác định theo Công thức (24):

$$z = \left[1 - \frac{\frac{h'_f}{h_0} \varphi_f + \xi^2}{2(\varphi_f + \xi)} \right] h_0 \quad (24)$$

trong đó ψ_b là hệ số xét đến sự phân bố không đều của ứng suất của thớ bê tông chịu nén ngoài cùng trên phần nằm giữa hai khe nứt. Với bê tông nặng: $\psi_b = 0,9$; ψ_s là hệ số xét đến sự phân bố không đều của ứng suất của cốt thép chịu kéo nằm giữa hai khe nứt. Với cấu kiện chịu uốn ψ_s xác định theo (25)

$$\psi_s = 1,25 - \varphi_{ls} \frac{M_{crc}}{M_2}; \quad 0,2 \leq \psi_s \leq 1 \quad (25)$$

trong đó φ_{ls} là hệ số xét đến hình dáng cốt thép, tính chất dài hạn của tải trọng và cấp độ bền của bê tông. Khi cấp độ bền bê tông cao hơn B7,5 đối với tải trọng tác dụng dài hạn: $\varphi_{ls} = 0,8$.

Bảng 3. Hệ số đặc trưng trạng thái đàn dẻo của bê tông vùng nén

Tính chất tác dụng dài hạn của tải trọng	Hệ số ν , đối với cấu kiện làm từ bê tông nặng, bê tông nhẹ	Chú thích: Khi bê tông thay đổi trạng thái bão hòa nước - khô, giá trị ν cần nhân với hệ số 1,2 nếu chịu tác dụng dài hạn của tải trọng. Khi độ ẩm của môi trường không khí cao hơn 75% và khi bê tông ở trong trạng thái bão hòa nước, giá trị ν lấy bằng 0,188
Tác dụng ngắn hạn	0,45	
Tác dụng dài hạn, khi độ ẩm môi trường xung quanh:		
40%–75%	0,15	
< 40%	0,1	

3.4. Độ võng dài hạn của dầm do hiện tượng từ biến [1, 7]

Độ võng dài hạn tại tiết diện giữa dầm f_m được xác định theo Công thức (13).

4. So sánh đánh giá phương pháp xác định độ võng dài hạn theo tiêu chuẩn SP 63.13330.2012 và TCVN 5574:2012

4.1. So sánh các tiêu chí thiết kế

Phương pháp tính toán độ võng dài hạn theo tiêu chuẩn [1] và [5] có nhiều sự khác biệt như được chỉ ra trong Bảng 4. Từ các giả thiết tính toán sự hình thành khe nứt đến các thông số tính toán như hệ số xét đến sự phân bố không đều của ứng suất của cốt thép chịu kéo nằm giữa hai khe nứt, tiêu chuẩn [5] đưa ra trên cơ sở quan niệm tính toán theo mô hình biên dạng phi tuyến khác với quan niệm trước đây được đưa ra trong tiêu chuẩn СНИП2.03.01.84 năm 1998.

Giống như tiêu chuẩn [1, 5] mới chỉ kể đến ảnh hưởng của từ biến, chưa kể đến ảnh hưởng của hiện tượng co ngót đến độ võng dài hạn của cấu kiện chịu uốn BTCT. Phương pháp tính toán độ võng

Bảng 4. So sánh một số tiêu chí giữa tiêu chuẩn của Việt Nam và Nga

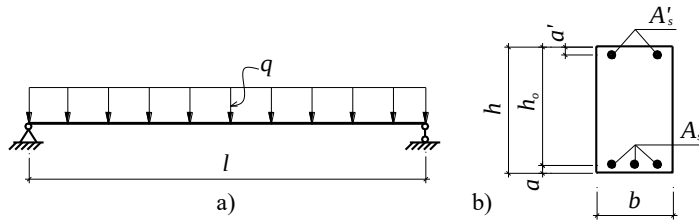
STT	Tiêu chí so sánh	TCVN 5574:2012	SP 63.13330.2012
1	Quan niệm tính toán	Mô hình nội lực giới hạn	Mô hình biến dạng phi tuyến
2	Dạng biểu đồ ứng suất bê tông vùng kéo để xác định M_{crc}	Ứng suất trong bê tông vùng kéo phân bố đều và có giá trị bằng $R_{bt,ser}$	Ứng suất trong vùng bê tông chịu kéo có dạng hình thang với ứng suất lớn nhất là $R_{bt,ser}$
3	Biến dạng bê tông vùng kéo cực hạn để xác định M_{crc}	Biến dạng tương đối lớn nhất của thớ bê tông chịu kéo ngoài cùng bằng $\frac{2R_{bt,ser}}{E_b}$	Biến dạng tương đối tại thớ chịu kéo ngoài cùng của bê tông lấy bằng giá trị cực hạn $\varepsilon_{bt,u} = 0,00015$
4	Hệ số xét đến sự phân bố không đều của ứng suất của cốt thép chịu kéo nằm giữa hai khe nứt	$\psi_s = 1,25 - \varphi_{ls} \frac{M_{crc}}{M_2};$ $\varphi_{ls} = 0,8$	$\psi_s = 1 - 0,8 \frac{M_{crc}}{M_2}$
5	Hệ số xét đến sự phân bố không đều của ứng suất (biến dạng) của thớ bê tông chịu nén ngoài cùng nằm giữa hai khe nứt	$\psi_b = 0,9$	Không đưa ra hệ số này
6	Ảnh hưởng của từ biến và biến dạng dẻo của bê tông	Lấy theo $\varphi_{b1}; \varphi_{b2}; \nu$ không phụ thuộc cấp bền bê tông	Đưa ra hệ số từ biến $\Phi_{b,cr}$ và biến dạng tương đối dài hạn $\varepsilon_{b1,red}$ phụ thuộc cấp bền bê tông và độ ẩm
7	Khoảng cách từ trọng tâm của vùng cốt thép chịu kéo đến điểm đặt hợp lực của vùng bê tông chịu nén quy đổi z	$z = \left[1 - \frac{\frac{h'_f}{h_0} \varphi_f + \xi^2}{2(\varphi_f + \xi)} \right] h_0$	Cho phép lấy $z = 0,8h_0$

dài hạn của dầm BTCT do ảnh hưởng của hiện tượng từ biến theo hai tiêu chuẩn cũng có nhiều nội dung khác nhau về quan niệm và thông số tính toán, điều này ảnh hưởng đến kết quả tính toán dự báo độ võng dài hạn của cầu kiện chịu uốn BTCT. Nội dung này cần được nghiên cứu so sánh đánh giá trong quá trình biên soạn tiêu chuẩn mới thay thế tiêu chuẩn hiện hành của Việt Nam [1].

4.2. Ví dụ tính toán

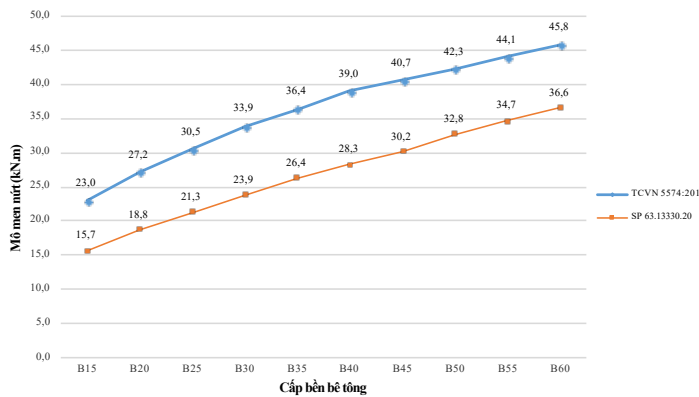
Cho một dầm đơn giản tiết diện hình chữ nhật (Hình 3) chịu tác dụng của tải trọng phân bố đều với các số liệu: chiều dài nhịp $l = 5,0$ m, tiết diện $b \times h = 220 \times 500$ (mm), diện tích cốt thép vùng kéo $A_s = 603,2$ mm²; diện tích cốt thép vùng nén $A'_s = 402,1$ mm²; cốt thép nhóm AII; khoảng cách $a = a' = 28$ mm; tải trọng phân bố đều $q = 20,0$ N/mm. Xác định độ võng dài hạn tại giữa dầm theo

TCVN 5574:2012 và SP 63.13330.2012 với độ ẩm tương đối trong 2 trường hợp: 40–75%, lớn hơn 75% tương ứng với cấp bền bê tông B15 - B60.

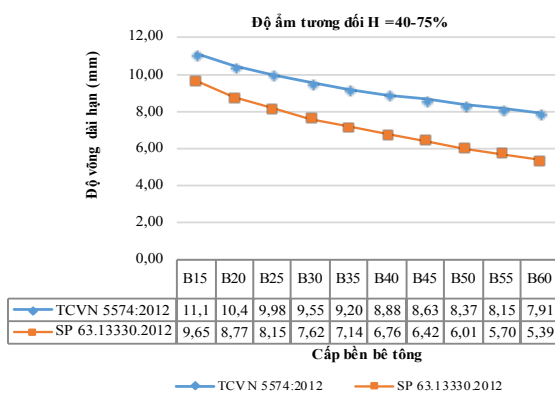


Hình 3. Dầm đơn giản nghiên cứu; a) Sơ đồ tính; b) Tiết diện ngang;

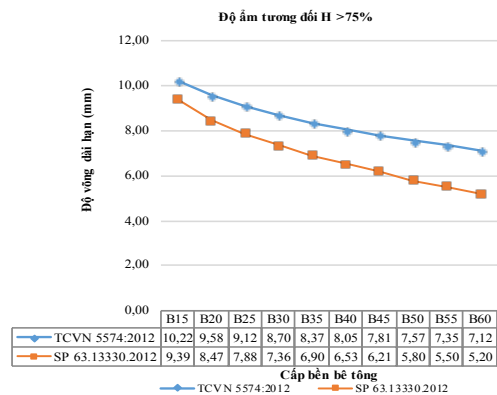
Trình tự tính toán xác định độ võng dài hạn của dầm theo Mục 2 và Mục 3 được trình bày ở trên. Kết quả tính toán mô men nứt và độ võng dài hạn tại giữa dầm được thể hiện trong Hình 4, 5 và 6.



Hình 4. Mô men nứt dầm nghiên cứu



Hình 5. Độ võng dài hạn với độ ẩm 40%–75%



Hình 6. Độ võng dài hạn với độ ẩm lớn hơn 75%

Kết quả tính toán mô men nứt trong Hình 4 cho thấy mô men nứt tính toán theo [5] nhỏ hơn kết quả tính toán theo [1] khoảng 32%–27% đối với cấp độ bền bê tông từ B15 đến B45. Khi cấp bền bê tông lớn hơn thì sự chênh lệch kết quả tính mô men nứt giảm dần xuống khoảng 20%–22% cho B50

đến B60. Sự chênh lệch này là do quan niệm khác nhau về sơ đồ ứng suất biến dạng và biến dạng tương đối cực hạn của thép chịu kéo ngoài cùng của bê tông tại tiết diện chuẩn bị nứt của [5] so với [1].

Từ kết quả thu được trong Hình 5 và Hình 6 cho thấy độ võng dài hạn tính toán theo [5] nhỏ hơn giá trị tính toán theo [1] với cùng một trị độ ẩm tương đối của môi trường. Với cấp bền bê tông thấp (B15 đến B25) sự chênh lệch độ võng dài hạn tính toán theo hai tiêu chuẩn chênh nhau không nhiều (khoảng 8%–15%). Tuy nhiên, với cấp bền bê tông cao (B45 đến B60) độ võng dài hạn tính toán theo [5] nhỏ hơn kết quả tính toán theo [1] khá nhiều (khoảng 25%–35%). Điều này được giải thích là do [5] xét đến hệ số sự phân bố không đều của ứng suất của cốt thép chịu kéo nằm giữa hai khe nứt nhỏ hơn [1]. Thêm vào đó, [5] có xét đến ảnh hưởng của hiện tượng từ biến khi cấp bền của bê tông thay đổi khác với quan niệm tính toán theo [1] và việc xem xét này là phù hợp hơn theo lý thuyết từ biến và co ngót [8]. Trong phạm vi rộng của độ ẩm (40%–75% hoặc lớn hơn 75%) độ võng dài hạn của dầm là không đổi, điều này ảnh hưởng đến kết quả tính toán dự báo độ võng dài hạn khi thay đổi vị trí địa lý xây dựng công trình.

5. Kết luận

Phương pháp tính toán độ võng dài hạn của dầm BTCT theo tiêu chuẩn Nga SP 63.13330.2012 [5] có nhiều nội dung khác so với phương pháp tính toán theo tiêu chuẩn hiện hành của Việt Nam TCVN 5574:2012 [1]. Từ các kết quả của bài báo, có thể đưa ra một số kết luận sau:

- [5] đưa ra phương pháp xác định độ võng dài hạn của cầu kiện chịu uốn BTCT theo mô hình biến dạng phi tuyến, thay đổi quan niệm tính toán so với quan niệm trước đây;
- Mô men hình thành khe nứt tính toán theo tiêu chuẩn [5] nhỏ hơn giá trị tính toán theo [1] với cùng một cấp bền bê tông;
- Độ võng dài hạn tính toán theo [5] nhỏ hơn giá trị tính toán theo [1] với cùng một giá trị độ ẩm tương đối của môi trường. Cấp độ bền bê tông càng cao thì sự sai khác giữa hai tiêu chuẩn càng lớn;
- [5] cho phép dự báo độ võng dài hạn của dầm BTCT có xét đến hiện tượng từ biến khi cấp bền bê tông thay đổi phù hợp với lý thuyết từ biến và co ngót.

Từ kết quả tính toán lý thuyết theo các tiêu chuẩn, nhận thấy kết quả tính toán độ võng dài hạn theo [5] do ảnh hưởng của hiện tượng từ biến của bê tông nhỏ hơn và có sự sai khác đáng kể so với [1] khi cấp bền bê tông cao. Vì vậy, tác giả kiến nghị cần thực hiện nghiên cứu thực nghiệm để có cơ sở khẳng định sự phù hợp của việc áp dụng [5] thay thế cho [1] trong phần tính toán liên quan đến độ võng dài hạn của cầu kiện BTCT chịu uốn. Ngoài ra, hai tiêu chuẩn [1] và [5] chưa kể đến ảnh hưởng của hiện tượng co ngót của bê tông đến độ võng dài hạn của dầm BTCT và sự thay đổi độ ẩm trong phạm vi rộng không ảnh hưởng đến độ võng dài hạn của dầm là chưa phù hợp. Do đó, tác giả kiến nghị cần có những nghiên cứu để xác định cụ thể hơn ảnh hưởng của hiện tượng co ngót của bê tông và độ ẩm môi trường đến độ võng dài hạn của cầu kiện chịu uốn BTCT.

Tài liệu tham khảo

- [1] TCVN 5574:2012. *Tiêu chuẩn thiết kế kết cấu bê tông và bê tông cốt thép*. NXB Xây Dựng, Hà Nội.
- [2] ACI 318-14 (2014). *Building code requirements for structural concrete and commentary & PCA notes on 318-14*. Reported by ACI Committee 318.

- [3] Eurocode 2 (2006). *Design of concrete structures - Part 1-1: General rules and rules for buildings*. European Committee for Standardization, Brussels.
- [4] AS 3600 (2009). *Australian standard - concrete structures, committee BD-002*. The Council of Standards Australia.
- [5] SP 63.13330.2012 (2012). *Concrete and reinforced concrete structures*. Moscow, Russian Federation.
- [6] Tùng, P. T., Đạo, P. Q., Tùng, Đ. V., Quang, N. V. (2018). [Nghiên cứu sự hình thành và mở rộng khe nứt thẳng góc trong dầm bê tông cốt thép khi chịu tác dụng của tải trọng](#). *Tạp chí Khoa học công nghệ xây dựng, Đại học xây dựng*, 12(2):3–10.
- [7] Minh, P. Q., Phong, N. T., Cống, N. Đ. (2011). *Kết cấu bê tông cốt thép (phần cấu kiện cơ bản)*. Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật.
- [8] Phong, N. T. (2010). *Bài giảng về lý thuyết đàn hồi nhớt và từ biến của bê tông*. Trường Đại học Xây dựng, Hà Nội.