

# Tính toán độ võng của Dầm theo TCVN

Hồ Việt Hùng

Bài viết này đề cập đến các bước thực hành trong tính toán độ võng của dầm theo TCXDVN 356:2005 – Kết cấu bê tông và bê tông cốt thép – Tiêu chuẩn thiết kế (hiện nay là TCVN 5574:2012). Thực tế, nếu chỉ sử dụng duy nhất nội dung trong tiêu chuẩn thì rất khó để tính toán được độ võng của dầm, đặc biệt là đối với dầm trong khung bê tông cốt thép. Để có thể thực hiện được một bài toán hoàn chỉnh, cần kết hợp các công thức trong các tài liệu [2] và [3]. Trong bài viết này, các công thức đã được rút gọn theo trường hợp tính toán thông thường (không có ứng suất trước) đối với tiết diện hình chữ nhật, bỏ qua các dụng của bản sàn.

## Các ký hiệu cơ bản được sử dụng phổ biến trong tài liệu này

$R_{bt,ser}$  – cường độ chịu kéo tiêu chuẩn của bê tông, lấy theo bảng 12 trong [1]

$A_s$  – diện tích cốt thép chịu kéo

$A_s'$  – diện tích cốt thép chịu nén

$E_s$  – mô đun đàn hồi của cốt thép

$E_b$  – mô đun đàn hồi của bê tông

$b$  – bề rộng của tiết diện

$h$  – chiều cao của tiết diện

$h_0$  – chiều cao làm việc của tiết diện

$a$  – khoảng cách từ mép bê tông chịu kéo tới trọng tâm cốt thép chịu kéo

$a'$  – khoảng cách từ mép bê tông chịu nén tới trọng tâm cốt thép chịu nén

$\alpha = E_s / E_b$

$\mu = A_s / (bh_0)$

## 1. Công thức xác định độ võng của dầm

Đối với dầm có 2 đầu liên kết cứng, độ võng có thể xác định theo công thức:

$$f = \left\{ \left( \frac{1}{r} \right)_m * \frac{5}{48} - 0.5 * \left[ \left( \frac{1}{r} \right)_l + \left( \frac{1}{r} \right)_r \right] * \frac{1}{48} \right\} l^2 \quad (1)$$

Công thức trên được viết dựa theo công thức (7.92) trong [3], trong đó:

- $(1/r)_m$ ;  $(1/r)_l$ ;  $(1/r)_r$  – lần lượt là độ cong toàn phần ở giữa nhịp, tại gối trái và tại gối phải của dầm, xác định theo công thức (2)
- $l$  – nhịp tính toán của dầm

Đối với dầm công xôn chịu tải trọng phân bố đều, độ võng có thể xác định theo công thức:

$$f = \frac{1}{4} * \left(\frac{1}{r}\right) * l^2 \quad (1a)$$

Công thức trên được viết dựa theo công thức (7.90) trong [3], trong đó:

- $(1/r)$  – độ cong tại đầu ngàm, xác định theo công thức (2)
- $l$  – nhịp tính toán của dầm

Đối với dầm có tỉ lệ nhịp trên chiều cao tiết diện  $(l/h) < 10$  đối với dầm hai đầu liên kết cứng, hoặc  $(l/h) < 5$  đối với dầm công xôn, độ võng cần được nhân với hệ số  $k > 1$  để kể đến ảnh hưởng của biến dạng trượt, hệ số  $k$  xác định như sau:

$$k = 1 + \frac{1.5}{p} * \left(\frac{h}{l}\right)^2 \quad (1b)$$

Công thức trên được viết dựa theo công thức (7.94) trong [3], trong đó  $p = 5/48$  đối với dầm có 2 đầu liên kết cứng; và  $p = 1/4$  đối với dầm công xôn.

## **2. Công thức xác định độ cong của dầm**

Độ cong toàn phần đối với đoạn dầm có vết nứt trong vùng kéo được xác định theo công thức:

$$\frac{1}{r} = \left(\frac{1}{r}\right)_1 - \left(\frac{1}{r}\right)_2 + \left(\frac{1}{r}\right)_3 \quad (2)$$

Công thức (2) được viết dựa theo công thức (173) trong [1], trong đó:

- $(1/r)_1$  – độ cong do tác dụng ngắn hạn của toàn bộ tải trọng
- $(1/r)_2$  – độ cong do tác dụng ngắn hạn của tải trọng thường xuyên và tải trọng tạm thời dài hạn
- $(1/r)_3$  – độ cong do tác dụng dài hạn của tải trọng thường xuyên và tải trọng tạm thời dài hạn

Các độ cong  $(1/r)_1$ ,  $(1/r)_2$ , và  $(1/r)_3$  được xác định theo công thức (3) với giá trị mô men được lấy trong các tổ hợp tương ứng:

$$\left(\frac{1}{r}\right)_i = \frac{M_i}{h_o z} \left[ \frac{\Psi_s}{E_s A_s} + \frac{\Psi_b}{(\varphi_f + \xi) b h_o E_b v} \right] \quad (3)$$

Công thức (3) được viết dựa trên công thức (163) trong [1], trong đó:

- $M_i$  – Mô men uốn do tải trọng tiêu chuẩn gây ra ứng với các trường hợp xác định độ cong. Khi xác định  $(1/r)_1$  thì  $M_1$  lấy trong tổ hợp của tĩnh tải và toàn bộ hoạt tải; khi xác định  $(1/r)_2$  hoặc  $(1/r)_3$  thì  $M_2 = M_3$  và được lấy trong tổ hợp của tĩnh tải và thành phần dài hạn của hoạt tải.
- $\Psi_s$  – Hệ số xét đến sự làm việc của vùng bê tông chịu kéo trên đoạn có vết nứt, xác định theo mục 3.1

- $\psi_b$  – Hệ số xét đến sự phân bố không đều biến dạng của thớ bê tông chịu nén ngoài cùng trên chiều dài đoạn có vết nứt, đối với bê tông nặng  $\psi_b = 0.9$
- $\varphi_f$  – Hệ số, xác định theo mục 3.2
- $\xi$  – Chiều cao tương đối vùng chịu nén của bê tông, xác định theo mục 3.3
- $\nu$  – hệ số đặc trưng trạng thái đàn – dẻo của bê tông vùng chịu nén, xác định theo mục 3.4
- $z$  – Khoảng cách từ trọng tâm tiết diện cốt thép chịu kéo đến điểm đặt của hợp các lực trong vùng nén, xác định theo mục 3.5

### 3. Xác định các thông số

#### 3.1. Xác định hệ số $\psi_s$

$$\Psi_s = 1.25 - \varphi_{ls} \frac{R_{bt,ser} W_{pl}}{M_i} \quad (4)$$

và  $\psi_s$  không lớn hơn 1.

Công thức (4) được viết dựa theo công thức (170) trong [1], trong đó:

- $\varphi_{ls}$  – hệ số xét đến ảnh hưởng tác dụng dài hạn của tải trọng; lấy theo bảng 35 trong [1]. Đối với cốt thép có gờ, bê tông cấp độ bền > B7.5 (M100),  $\varphi_{ls}$  có thể lấy như sau:
  - Tải trọng ngắn hạn:  $\varphi_{ls} = 1.1$
  - Tải trọng dài hạn:  $\varphi_{ls} = 0.8$
- $W_{pl}$  – mô men kháng uốn của tiết diện quy đổi, xác định theo công thức (11)
- $M_i$  – mô men uốn trong trường hợp tải trọng đang xét

Các bước xác định  $W_{pl}$ :

$$A_{red} = bh + \alpha(A_s + A'_s) \quad (5)$$

$$x = \frac{bh^2 + 2\alpha(A'_s a' + A_s h_0)}{2A_{red}} \quad (6)$$

$$I_{b0} = \frac{bx^3}{3} \quad (7)$$

$$I_{s0} = A_s(h_0 - x)^2 \quad (8)$$

$$I'_{s0} = A'_s(x - a')^2 \quad (9)$$

$$S_{b0} = \frac{b(h - x)^2}{2} \quad (10)$$

$$W_{pl} = \frac{2(I_{b0} + \alpha I_{s0} + \alpha I'_{s0})}{h - x} + S_{b0} \quad (11)$$

Các công thức từ (5) đến (11) được viết dựa trên các công thức trong mục 5.2.2 của [2]

### 3.2. Xác định hệ số $\varphi_f$

$$\varphi_f = \frac{\alpha A'_s}{2vbh_0} \quad (12)$$

Hệ số trên được viết dựa trên công thức (167) trong [1], trong đó hệ số  $v$  được xác định theo mục 3.4

### 3.3. Xác định hệ số $\xi$

$$\xi = \frac{1}{\beta + \frac{1 + 5(\delta + \lambda)}{10\mu\alpha}} \quad (13)$$

và  $\xi$  không lớn hơn 1.

Công thức (15) viết dựa trên công thức (164) trong [1], trong đó:

- $\beta$  - hệ số, đối với bê tông nặng  $\beta = 1.8$
- $\lambda$  - hệ số,  $\lambda = \varphi_f$
- $\delta$  - hệ số, xác định theo công thức (14)

$$\delta = \frac{M_i}{bh_0^2 R_{b,ser}} \quad (14)$$

Công thức (14) được viết dựa trên công thức (165) trong [1]

### 3.4. Xác định hệ số $v$

Hệ số  $v$  là hệ số đặc trưng trạng thái đàn dẻo của bê tông vùng nén, lấy theo bảng 34 trong [1], phụ thuộc vào trường hợp tải trọng, đối với bê tông nặng xác định như sau:

- Tải trọng ngắn hạn:  $v = 0.45$
- Tải trọng dài hạn:  $v = 0.15$

### 3.5. Xác định hệ số $z$

$$z = h_0 \left[ 1 - \frac{\xi^2}{2(\varphi_f + \xi)} \right] \quad (15)$$

Công thức (15) được viết dựa trên công thức (169) trong [1].

## 4. Quy trình tính toán

**Bước 3:** Để tính toán độ võng của cầu kiện, cần xác định được độ cong toàn phần tại các điểm đầu dầm, giữa dầm và cuối dầm, và áp dụng công thức (1) để xác định độ võng đối với dầm hai đầu liên kết cứng; hoặc độ cong toàn phần tại đầu ngàm và áp dụng công thức (1a) đối với dầm công xôn. Khi tỉ lệ giữa nhịp và chiều cao tiết diện dầm ( $l/h$ ) < 10; độ võng cần nhân thêm hệ số  $k$  được xác định theo công thức (1b)

**Bước 2:** Để tính toán độ cong toàn phần tại một vị trí, cần xác định được độ cong trong các trường hợp tải trọng, lần lượt là  $(1/r)_1$ ,  $(1/r)_2$ ,  $(1/r)_3$ . Công thức xác định giá trị của 3 loại độ cong này là giống nhau, khi tính toán cần thay giá trị mô men tương ứng và thay đổi một số hệ số phụ thuộc vào tính chất của tải trọng.

**Bước 1:** Để xác định độ cong trong các trường hợp tải trọng, đối với mỗi trường hợp tải trọng cần xác định được giá trị mô men gây ra bởi tải trọng tiêu chuẩn ứng với trường hợp đang xét, xem diễn giải về mô men trong công thức (3). Lần lượt tuân theo các mục từ 3.1 đến 3.5 để xác định các hệ số, và sử dụng công thức (3) để xác định độ cong đối với trường hợp tải trọng đang xét.

## **5. Ví dụ**

Download file mẫu tính toán độ võng (XLS) tại KetcauSoft theo link sau:

<http://www.ketcausoft.com/chip/documents-download-detail.php?mid=44>

## **TÀI LIỆU THAM KHẢO**

1. **TCVN 5574:2012.** *Kết cấu bê tông và bê tông cốt thép - Tiêu chuẩn thiết kế.*
2. **GS. Nguyễn Đình Cống.** *Tính toán thực hành cấu kiện bê tông cốt thép theo tiêu chuẩn TCXDVN 356:2005 (Tập 2).*
3. **Tủ sách khoa học và công nghệ xây dựng.** *Hướng dẫn thiết kế kết cấu bê tông và bê tông cốt thép theo TCXDVN 356:2005.*