

MỘT SỐ VẤN ĐỀ VỀ CƯỜNG ĐỘ BÊ TÔNG

TS. LÊ MINH LONG
Viện KHCN Xây dựng

1. Đặt vấn đề

Cường độ và tính biến dạng của bê tông phụ thuộc vào rất nhiều yếu tố, trong đó các yếu tố chính là thành phần và cấu trúc của bê tông, trạng thái ứng suất (làm việc) thời gian tác dụng của tải trọng, chu kỳ tác dụng và sự biến đổi dấu của nó; tốc độ gia tải, trình tự tác dụng của tải trọng, điều kiện sử dụng. Tuy nhiên, yếu tố ảnh hưởng lớn nhất trong các yếu tố trên là trạng thái ứng suất biến dạng.

Do tính chất phức tạp của vấn đề, nên khi tính toán kết cấu bê tông và bê tông cốt thép người ta sử dụng các đặc trưng cơ bản về cường độ và biến dạng của bê tông thu được từ điều kiện nén và kéo dọc trực tức thời. Việc kể đến các yếu tố khác (các dạng khác của trạng thái ứng suất biến dạng, thời gian tác dụng của tải trọng, v.v...) được thực hiện bằng cách đưa vào các hệ số chuyển đổi dựa vào các nghiên cứu thực nghiệm. Sau đây chỉ đề cập tới cường độ chịu nén tức thời của bê tông.

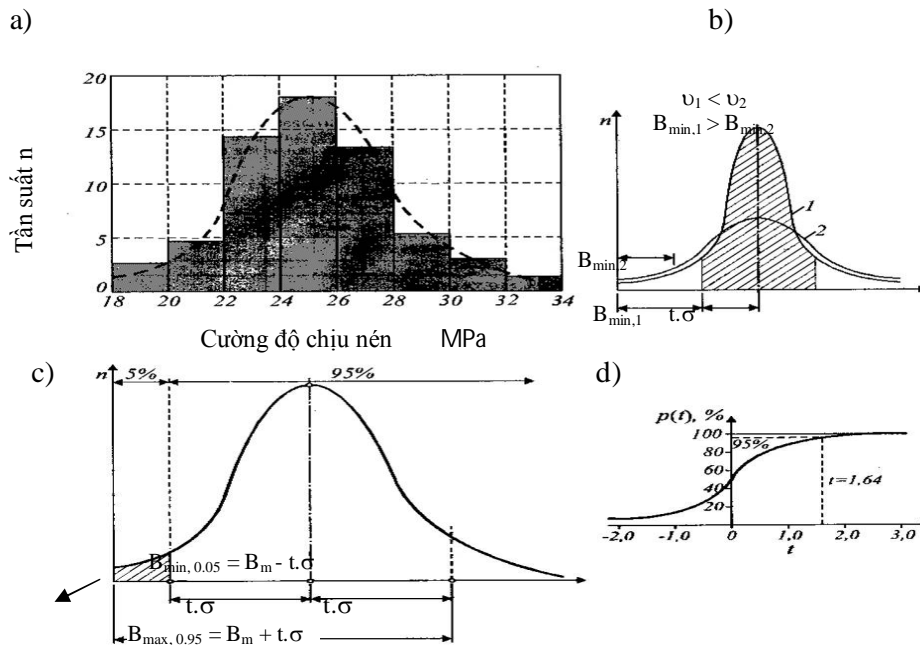
2. Nội dung

2.1. Cường độ tiêu chuẩn của bê tông trong phương pháp trạng thái giới hạn

Như đã biết, các đặc trưng độ bền (cường độ) của bê tông, cũng như của phần lớn các vật liệu, không phải là các đại lượng không đổi. Ví dụ, cường độ của bê tông, được chế tạo từ cùng một mẻ vữa, có thể thay đổi trong một phạm vi rộng tùy thuộc vào một loạt yếu tố như công nghệ, kích thước và hình dạng khuôn đúc, điều kiện và thời gian đông rắn; trạng thái làm việc, đặc điểm và thời gian tác dụng (dài hạn hoặc ngắn hạn) của tải trọng.

Theo thực nghiệm, độ biến động của cường độ bê tông mang tính chất ngẫu nhiên và tuân theo qui luật thống kê xác suất. Vì vậy, để đánh giá cường độ bê tông dùng trong các phương pháp tính toán kết cấu bê tông cốt thép, người ta sử dụng phương pháp xác suất để tiếp cận.

Độ biến động của cường độ bê tông được đặc trưng bằng đường cong phân bố cường độ, trong đó trục hoành là cường độ bê tông thu được từ thí nghiệm các mẫu thử, còn trục tung chỉ tần suất xuất hiện giá trị này hoặc giá trị kia của cường độ (hình 1a).



Hình 1. Đồ thị kết quả thực nghiệm khi thí nghiệm cường độ bê tông (a), các đường cong phân bố chuẩn của cường độ bê tông (b, c) và quan hệ “p – t” (d)

Trên cơ sở đường cong thu được có thể đưa ra các đặc trưng thống kê như sau:
- Cường độ trung bình

$$B_m = \frac{n_1 B_1 + n_2 B_2 + \dots + n_n B_n}{n_1 + n_2 + \dots + n_n} \quad (1)$$

- Độ phân tán giá trị ngẫu nhiên so với giá trị kỳ vọng:

$$D(B_i) = \frac{n_1 (B_1 - B_m)^2 + n_2 (B_2 - B_m)^2 + \dots + n_n (B_n - B_m)^2}{n - 1} \quad (2)$$

$$(n = n_1 + n_2 + \dots + n_n)$$

- Độ lệch quân phương hay còn gọi là độ lệch chuẩn được xác định bằng giá trị dương của căn bậc hai của độ phân tán):

$$\sigma = \sqrt{D(B_i)} \quad (3)$$

Độ phân tán và độ lệch chuẩn đặc trưng cho sự sai lệch của giá trị ngẫu nhiên so với giá trị trung bình của nó.

Đường cong phân bố của cường độ của bê tông có tính chất đối xứng bởi lẽ các nguyên nhân gây nên sự sai lệch của cường độ so với giá trị trung bình về phía này hay chiều kia là gần tương đương. Đường cong đó (hình 1b) được gọi là đường cong phân bố chuẩn. Cần nhận xét rằng, các đường cong phân bố của cường độ của bê tông tiến gần tới trục hoành nhưng không cắt qua nó. Vì vậy, về nguyên tắc, không tồn tại một đại lượng giới hạn xác định (nhỏ nhất và lớn nhất) của cường độ bê tông. Về lý thuyết, người ta sử dụng hàm số phân bố đại lượng ngẫu nhiên của Gauss, còn gọi là đường phân bố chuẩn Gauss có phương trình như sau:

$$n(B) = \frac{1}{\sigma \sqrt{2\pi}} \exp \left[-\frac{(B_i - B_m)^2}{2\sigma^2} \right] \quad (4)$$

Từ đường phân bố chuẩn (hình 1c), có thể thấy rằng, cường độ trung bình B_m ứng với đỉnh của đường cong này - điểm ứng với tần suất lớn nhất. Các giá trị còn lại lệch với giá trị cường độ trung bình về phía này hay phía kia. Trong đó, độ lệch càng nhiều thì càng ít gặp khi thí nghiệm. Tóm lại, để sử dụng trong tính toán, cần chỉ định một cường độ của bê tông thông qua độ lệch so với cường độ trung bình mà tần suất xuất hiện của nó được cho trước (hình 1c):

$$B = B_{\min,0.05} = B_m - t \cdot \sigma \quad (5)$$

Trong đó t là số đặc trưng cho diện tích được giới hạn bởi trục hoành và đường cong phân bố.

Đại lượng cường độ có thể được biểu diễn bằng biểu thức:

$$\frac{B}{B_m} = \frac{B_m - t \cdot \sigma}{B_m} = 1 - t \left(\frac{\sigma}{B_m} \right) \quad (6)$$

Tỉ số $v = \frac{\sigma}{B_m}$ gọi là hệ số biến động của cường độ bê tông.

Như vậy, rất dễ nhận thấy rằng, các đường cong phân bố mà có cùng cường độ trung bình B_m có thể có hình dạng khác nhau (hình 1b) do có hệ số biến động khác nhau. Đường cong với đỉnh thoải hơn có hệ số biến động cao hơn, dẫn đến sự phân tán kết quả cao hơn. Ngược lại, các đường cong với đỉnh nhọn hơn có hệ số biến động nhỏ hơn và các kết quả gần với cường độ trung bình hơn.

Vì vậy, ứng với tần suất xuất hiện nhỏ nhất nào đó cường độ tiêu chuẩn của bê tông trong trường hợp đường cong phân bố thoải cần phải lấy với giá trị thấp hơn so với trường hợp trường hợp đường cong nhọn hơn (hình 1b).

Theo [4], các đường cong phân bố thu được từ thực nghiệm mang tính chất kinh nghiệm và không thể cho xác suất chính xác về sự xuất hiện giá trị này hay giá trị kia của cường độ bê tông. Để xác định các giá trị này, người ta sử dụng qui luật phân bố chuẩn của nhà khoa học Gauss. Từ qui luật này người ta định ra giá trị tiêu chuẩn của cường độ bê tông B thỏa mãn xác suất cho trước p nào đó, xác suất này quyết định thông số t mà ứng với nó cường độ của bê tông không thấp hơn giá trị tiêu chuẩn.

Để xác định cường độ tiêu chuẩn của bê tông, TCXDVN 356 : 2005 sử dụng xác suất không nhỏ hơn 95%: nghĩa là không ít hơn 95 giá trị trong số 100 giá trị cường độ sẽ lớn hơn giá trị cường độ tiêu chuẩn. Theo [3] thì xác suất này là rất cao và cho kết cấu một dự trữ an toàn về cường độ (độ bền). Khi đó, ứng với xác suất 95% này thì thông số $t = 1,64$ (hình 1d) và quan hệ giữa cường độ trung bình B_m và cường độ tiêu chuẩn B có thể được viết như sau:

$$B = B_m (1 - 1,64v) \quad (7)$$

Để tìm được hệ số v đáng tin cậy thì số lượng mẫu thử n phải đủ lớn. Trong trường hợp thiếu số liệu có thể lấy giá trị của v theo các nghiên cứu thống kê có sẵn. TCXDVN 356 : 2005 qui định với bê tông được chế tạo trong điều kiện công nghệ ổn định có kiểm tra về thành phần lấy $v = 0,135$ cho trường hợp chịu nén và $v = 0,165$ cho trường hợp chịu kéo. Với công nghệ tốt hơn mức vừa nêu thì v

có thể giảm xuống đến 0,12 hoặc 0,10; còn ngược lại, nếu điều kiện công nghệ là kém ổn định thì v tăng lên đến 0,15 hoặc hơn nữa.

Khi kiểm soát giá trị cường độ của cấp bê tông nào đó, việc lựa chọn kích thước mẫu thử chuẩn để đánh giá cũng là một vấn đề có nhiều quan niệm khác nhau. Các quốc gia khác nhau có quan điểm khác nhau (xem bảng 1).

Bảng 1. Hình dạng và kích thước hình học của các mẫu thử dùng để đánh giá cường độ bê tông

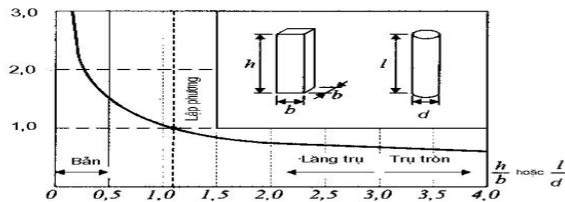
Tiêu chuẩn	Loại mẫu; đặc trưng cần kiểm tra	Kích thước, mm	Đặc trưng, tiêu chuẩn
SNIP 2.03.01-84*; TCXDVN 356 : 2005	Lập phương; Cường độ trung bình, cường độ tối thiểu	Chuẩn: 150x150x150	Cấp độ bền
		Tham khảo: 100x100x100 200x200x200	
EC2; ENV 206 (ISO 1920, 4020); DIN 1045-1; 1999-2; BS 8110; ACI 318-95	Trụ; cường độ trung bình, cường độ tối thiểu	Chuẩn: 150x300	Cường độ tiêu chuẩn (cường độ đặc trưng, cường độ yêu cầu)
		Tham khảo: 100x200	
	Lập phương; cường độ trung bình, cường độ tối thiểu	Tham khảo 150x150x150	Cấp độ bền

Cần nhận thấy rằng, vấn đề lựa chọn hình dạng và kích thước mẫu thử là vấn đề có nhiều quan điểm khác nhau không chỉ trong việc qui định trong các tiêu chuẩn về cường độ bê tông, mà còn trong việc thiết lập phương pháp và trình tự thống nhất về biểu đồ biến dạng của bê tông. Trong phần lớn các trường hợp, người ta sử dụng mẫu trụ và lăng trụ.

Thông thường, mẫu lăng trụ được chế tạo theo phương nằm ngang, trong khi đó mẫu trụ được chế tạo theo phương thẳng đứng. Sự khác biệt về hình dạng và kích thước của mẫu thử, cũng như phương đổ bê tông trong nhiều trường hợp có ảnh hưởng lớn tới không chỉ hệ số tương quan giữa cường độ mẫu lập phương và mẫu lăng trụ hoặc mẫu trụ (có thể gọi là hệ số lăng trụ hoặc trụ) mà còn tới cả biểu đồ biến dạng của bê tông.

Thực nghiệm chứng minh rằng, đối với các mẫu thử có cùng diện tích tiết diện ngang, cường độ tức thời giới hạn giảm xuống khi chiều cao mẫu thử tăng (hình 2). Trong khi đó, khi tỉ số l/d (hoặc h/b) không đổi, các mẫu thử có kích thước nhỏ có cường độ cao hơn và tính biến dạng cao hơn. Đối với mẫu lăng trụ, ảnh hưởng của lực ma sát giữa mặt tiếp xúc của bệ nén (của máy nén) và của mẫu thử giảm khi tỉ số h/b tăng và khi $h/b = 4$ thì giá trị cường độ của mẫu thử trở nên ổn định.

Cường độ mẫu trụ (lăng trụ)/
cường độ mẫu lập phương



Hình 2. Ảnh hưởng của tỉ số h/b , (l/d) đến cường độ chịu nén một trục của bê tông

Các nghiên cứu trong những năm gần đây của các nhà khoa học trên cơ sở thực nghiệm [3] đã chứng minh rằng mẫu thử hình trụ tròn đường kính 150 mm và chiều cao 300 mm có cường độ gần tương đương với cường độ bê tông trong vùng nén của kết cấu và đủ để đánh giá khách quan cường độ bê tông chịu nén một trục. Vì vậy, tiêu chuẩn của một số nước như Mỹ, châu Âu sử dụng mẫu trụ tròn này trong tính toán kết cấu bê tông và bê tông cốt thép.

Trong khi đó, các nhà khoa học Nga lại cho rằng, cường độ bê tông trong vùng nén của kết cấu tương đối giống với cường độ mẫu lăng trụ kích thước 150x150x600 mm và đã dùng cường độ của mẫu này trong tính toán kết cấu bê tông cốt thép trong tiêu chuẩn SNIP 2.03.01-84* (đây là tiêu chuẩn gốc để biên dịch TCXDVN 356 : 2005 của Việt Nam). Vì vậy, về nguyên tắc, tiêu chuẩn TCXDVN 356 : 2005 sử dụng cường độ mẫu lăng trụ chuẩn 150x150x600 mm với xác suất đảm bảo 95% làm cường độ tiêu chuẩn và được ký hiệu là R_{bm} . Tuy nhiên, ở Việt Nam trong giai đoạn hiện nay, việc kiểm soát chất lượng vẫn được tiến hành dựa trên mẫu lập phương chuẩn 150x150x150 mm. Vì vậy,

tiêu chuẩn TCXDVN 356 : 2005 đưa ra công thức kinh nghiệm (trích từ tiêu chuẩn gốc của Nga CT CíB 1406-78) xác định tương quan giữa cường độ mẫu lăng trụ và cường độ mẫu lập phương:
+ Đối với bê tông nặng, bê tông hạt nhỏ, bê tông nhẹ và bê tông rỗng:

$$R_{bn}/B = (0,77 - 0,001B) \quad (8)$$

nhưng không nhỏ hơn 0,72.

+ Đối với bê tông tổ ong:

$$R_{bn}/B = (0,95 - 0,005B) \quad (9)$$

Các giá trị R_{bn} tính theo công thức (8) và (9) đã được làm tròn và cho trong bảng 12 của tiêu chuẩn TCXDVN 356 : 2005.

2.2. Cường độ tính toán của bê tông trong phương pháp trạng thái giới hạn

Như trên đã phân tích, độ biến động của cường độ bê tông được xét đến bằng phương pháp xác suất. Hơn nữa, trong quá trình sản xuất kết cấu (vận chuyển, đổ bê tông, đầm bê tông, đóng rắn của vữa bê tông v.v...), nhiều yếu tố có thể ảnh hưởng tới cường độ thực tế của bê tông so với cường độ tiêu chuẩn. Ngoài ra, cường độ bê tông còn không được đồng nhất trong cùng một tiết diện, cũng như theo chiều dài kết cấu. Việc kể đến ảnh hưởng này bằng phương pháp thống kê đến nay cũng chưa thể được vì không đủ số liệu về cường độ bê tông trong kết cấu. Vì vậy, sự sai lệch về cường độ bê tông trong kết cấu được kể đến bằng cách đưa vào trong tính toán hệ số an toàn (hệ số độ tin cậy) về vật liệu $\gamma_m > 1$.

Tóm lại, để đảm bảo cho kết cấu có một độ tin cậy yêu cầu, trong tính toán cần phải sử dụng một đại lượng cường độ tính toán, mà trong phần lớn các trường hợp, không lớn hơn cường độ thực tế có thể của bê tông trong kết cấu. Để kể đến khả năng cường độ bê tông thực tế giảm so với cường độ tiêu chuẩn, cũng như cường độ bê tông trong kết cấu có thể khác so với cường độ các mẫu thử người ta đưa vào hệ số độ tin cậy của bê tông. Giá trị cường độ tính toán lấy bằng cường độ tiêu chuẩn chia cho hệ số độ tin cậy này, trong TCXDVN 356 ; 2005 đó là γ_{bc} khi nén. Ngoài ra, trong tiêu chuẩn TCXDVN 356 : 2005 còn kể đến các hệ số điều kiện làm việc γ_{bi} .

3. Kết luận

Cường độ bê tông phụ thuộc vào rất nhiều yếu tố. Để xác định cường độ bê tông, người ta dùng phương pháp xác suất để tiếp cận.

Cấp độ bền của bê tông trong tiêu chuẩn một số nước như Anh, Nga, Việt Nam được xác định trên mẫu lập phương chuẩn kích thước 150x150x150 mm với xác suất đảm bảo 95%, và được sử dụng để kiểm soát chất lượng bê tông. Trong khi đó, tiêu chuẩn một số nước khác như Mỹ, châu Âu sử dụng mẫu trụ tròn kích thước 150x300mm và sử dụng trực tiếp cường độ mẫu này làm cường độ tiêu chuẩn.

Trong tính toán kết cấu bê tông và bê tông cốt thép, tiêu chuẩn Việt Nam hiện hành TCXDVN 356 : 2005 sử dụng cường độ mẫu lăng trụ kích thước 150x150x600 mm làm cường độ tiêu chuẩn.

Để kể đến khả năng cường độ bê tông thực tế giảm so với cường độ tiêu chuẩn, cũng như cường độ bê tông trong kết cấu có thể khác so với cường độ các mẫu thử, người ta đưa vào hệ số độ tin cậy của bê tông, hệ số này lớn hơn 1. Ngoài ra, còn phải kể đến các hệ số điều kiện làm việc.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. TCXDVN 356 : 2005 Kết cấu bê tông và bê tông cốt thép. Tiêu chuẩn thiết kế, NXB Xây dựng, 2005.
2. СНиП 2.03.01-84* Бетонные и железобетонные конструкции. Нормы проектирования. Москва, 1992.
3. ТУР В.В РАК Н.А Прочность и деформации бетона в расчетах конструкции. Брест, БГТУ, 2003.
4. ЗАЛЕСОВ А.С., КОДЫШ Э.Н., ЛЕМЫШ Л.Л., НИКИТИН И.К. Расчет железобетонных конструкций по прочности, трещиностойкости и деформациям. Москва. Стройиздат, 1988.
5. СТ-СЭВ 1406-78. Конструкции бетонные и железобетонные. Основные положения по проектированию.
6. Железобетонные конструкции. Основы теории, расчета и конструирования. Издательство БГТУ 2003.
7. EN 1992 1-1 : 2004 Eurocode 2 Design of concrete structures Part 1: General rules and rules for Building.
8. BS 8110 Part 1 Structural Use of Concrete. Code for practice and Design and Construction. British Standard Institution, London 1992.
9. ACI 318 – 95 Building code requirements for Reinforced concrete. ACI 318 – 95R and Commentary. American Concrete Institute, Farmington Hills, Mich, 1995.
10. DIN 1045-1 Tragenwerke aus beton, Stahlbeton und Spahnbeton Teil 1: Bemessung und Konstruktion, Berlin, 1998.