

ĐÁNH GIÁ CƯỜNG ĐỘ BÊ TÔNG THEO CẤP ĐỘ BỀN VÀ MÁC BÊ TÔNG

TS. NGUYỄN ĐẠI MINH
Viện KHCN Xây dựng

Tóm tắt: *Khái niệm cấp độ bền bê tông (B) đưa ra trong tiêu chuẩn bê tông cốt thép hiện hành TCXDVN 356:2005 là bước đệm thay thế cho mác bê tông (M). Quan hệ giữa B và M được quy định trong tiêu chuẩn này thông qua hệ số biến động cường độ v , lấy mặc định bằng 0,135. Sự chênh lệch giữa B và M vào khoảng 10 MPa tùy thuộc vào cấp độ bền, và việc đánh giá cấp độ bền B hiện nay còn thông qua mác bê tông M. Nhiều ý kiến xem điều này có thể chấp nhận được. Tuy nhiên, một số ít cho rằng đánh giá như vậy có thể chưa kinh tế vì áp dụng cho rất nhiều dự án trong phạm vi cả nước, hạn chế sự đổi mới/cải tiến công nghệ sản xuất bê tông. Vì vậy, bài báo này làm rõ rằng việc đánh giá cường độ bê tông khi kết cấu được thiết kế theo tiêu chuẩn TCXDVN 356:2005, hiện nay vẫn còn phải dựa vào mác bê tông trừ khi người thiết kế có quy định khác. Bài báo cũng trình bày sự khác nhau giữa đánh giá cường độ bê tông theo tiêu chuẩn Việt Nam với tiêu chuẩn Anh và tiêu chuẩn châu Âu là những tiêu chuẩn có chung khái niệm xác suất đảm bảo cường độ đạt trên 95 % như TCXDVN 356:2005.*

1. Mở đầu

Bê tông cốt thép (BTCT) có một số ưu việt hơn so với các loại vật liệu xây dựng khác như: (a) có thể tạo thành những kết cấu có các hình dạng khác nhau theo yêu cầu kiến trúc, (b) có đặc tính bền lâu (durability) rất tốt, với bề dày lớp bê tông bảo vệ cốt thép thích hợp kết cấu BTCT sẽ có tuổi thọ cao, thậm chí ở các điều kiện khí hậu và môi trường khắc nghiệt, ăn mòn mạnh, (c) có khả năng chống cháy tốt, với lớp bê tông bảo vệ dày hợp lý thì kết cấu BTCT được xem là kết cấu chịu lực chống cháy tốt nhất và (d) có giá thành rẻ, đặc biệt là giá bảo trì ít hơn so với kết cấu thép [1]. Vì vậy, sử dụng bê tông trong xây dựng ở nước ta hiện nay rất phổ biến và đạt trình độ tương đối cao so với khu vực.

Bê tông có nhiều đặc trưng cơ lý cần lưu ý, trong đó cường độ bê tông là đặc trưng quan trọng mà các kỹ sư xây dựng quan tâm khi đánh giá khả năng chịu lực của công trình làm bằng kết cấu BTCT. Xác định cường độ của bê tông là một trong những giai đoạn kiểm tra nghiệm thu chất lượng của kết cấu đã thi công xong. Tuy nhiên, cường độ bê tông có nhiều khái niệm/định nghĩa khác nhau như: mác bê tông (ví dụ: theo TCVN 5574:1991 [2], bê tông M 300), cấp độ bền bê tông (ví dụ: theo tiêu chuẩn TCXDVN 356:2005 [3], bê tông B 25), cường độ chịu nén đặc trưng mẫu lập phương 28 ngày f_{cu} (ví dụ: theo tiêu chuẩn Anh BS 8110 [4], bê tông C 30 có $f_{cu} = 30$ MPa), bê tông cấp C30/37 (theo Eurocode 2 [5], bê tông cấp C30/37, tương ứng với cường độ đặc trưng mẫu trụ là 30 MPa và mẫu lập phương là 37 MPa), bê tông có cường độ chịu nén quy định mẫu trụ f'_c (ví dụ: theo tiêu chuẩn Mỹ ACI 318 [6], $f'_c = 25$ MPa),... Hiện nay, việc thiết kế kết cấu BTCT ở nước ta được thực hiện theo TCXDVN 356:2005 nhưng thiết kế cấp phối và cung cấp bê tông phần lớn thông qua mác bê tông. Do đó, việc đánh giá cường độ bê tông cũng thường được hiểu là thông qua mác bê tông. Việc này làm xuất hiện các ý kiến khác nhau. Có ý kiến cho rằng khi đánh giá cường độ bê tông căn cứ theo mác bê tông tương ứng với cấp độ bền bê tông quy định trong TCXDVN 356:2005 (Phụ lục A) là chấp nhận được. Một số ít ý kiến xem làm như vậy có thể chưa kinh tế vì áp dụng cho rất nhiều dự án trong phạm vi cả nước, hạn chế sự đổi mới/cải tiến công nghệ sản xuất bê tông (nhằm giảm hệ số biến động cường độ các mẫu thử v (chú thích: trong TCXDVN 356:2005, Phụ lục A, v lấy mặc định bằng 0,135 - rõ hơn về hệ số v có thể xem trong [7])). Trong khi đó, khi đánh giá cường độ bê tông theo tiêu chuẩn Anh BS 8110 hay Eurocode 2 (cả 2 tiêu chuẩn này đều có cùng một khái niệm về xác suất đảm bảo về cường độ lớn hơn 95 % như tiêu chuẩn TCXDVN 356:2005), sự chênh lệch cường độ chỉ là 3 hay 4 MPa [8, 9].

Vì vậy, bài viết này trình bày rõ thêm việc đánh giá cường độ bê tông theo cấp độ bền dựa theo mác bê tông của Việt Nam như thế nào và sự khác nhau so với tiêu chuẩn Anh và châu Âu nhằm loại bỏ các thắc mắc lâu nay về vấn đề đánh giá theo “cấp” hay “mác” bê tông như đã nói ở trên.

2. Đánh giá cường độ bê tông theo tiêu chuẩn Việt Nam

Để đánh giá được cường độ bê tông cần phải hiểu đúng các khái niệm về cường độ bê tông theo các tiêu chuẩn thiết kế. Một số vấn đề về cường độ bê tông áp dụng trong tính toán kết cấu theo TCXDVN 356:2005 được trình bày trong [10]. Đối với bê tông, chủ yếu quan tâm đến cường độ chịu nén (chú thích: có thể do thí nghiệm đánh giá cường độ chịu nén để thực hiện và cho kết quả tin cậy hơn so với thí nghiệm đánh giá các đặc trưng khác như kéo, mô-dul đàn hồi,...).

Từ năm 2005 trở về trước, kết cấu BTCT ở nước ta phần lớn được thiết kế theo TCVN 5574:1991 (hiện nay đã thay thế bởi TCXDVN 356:2005). TCVN 5574:1991 có 3 khái niệm về cường độ bê tông, đó là: **mác bê tông**, **cường độ tiêu chuẩn** và **cường độ tính toán về nén**.

Mác bê tông hay chính xác hơn là mác theo cường độ chịu nén, kí hiệu bằng chữ M, lấy bằng cường độ chịu nén (cường độ trung bình), tính bằng kg/cm^2 của mẫu chuẩn khối lập phương có cạnh bằng 150 mm, được dưỡng hộ và thí nghiệm theo tiêu chuẩn TCVN 3118:1979 [11].

Cường độ tiêu chuẩn của bê tông gồm 2 loại sau:

- **Cường độ chịu nén** của mẫu khối vuông R (chú thích: có thể tương đương với cấp độ bền B theo TCXDVN 356:2005):

$$R = \bar{R}_n (1 - 1,64 \times V) \quad (1)$$

trong đó:

\bar{R}_n – giá trị trung bình của các mẫu thử chuẩn (khi làm tròn sẽ tương đương với mác bê tông);

V – hệ số biến động của cường độ bê tông. Hệ số V được xác định theo kết quả tính toán về thống kê. Trong trường hợp thiếu số liệu thống kê, TCVN 5574:1991 cho phép lấy $V = 0,15$.

- **Cường độ tiêu chuẩn về nén** R_{nc} (cường độ lăng trụ: mẫu $150 \times 150 \times 600$ mm), lấy bằng:

$$R_{nc} = A_n R \quad (2)$$

trong đó: A_n là hệ số chuyển đổi từ cường độ chịu nén của mẫu lập phương sang mẫu lăng trụ, lấy từ 0,700 đến 0,765 phụ thuộc vào mác bê tông.

Cường độ tính toán về nén của bê tông R_n được xác định như sau:

$$R_n = \frac{R_{nc}}{k_{bn}} m_{bn} \quad (3)$$

trong đó: $k_{bn} = 1,3$ là hệ số an toàn về nén, m_{bn} là hệ số điều kiện làm việc, trong điều kiện bình thường $m_{bn} = 1$.

Trong các công thức (1), (2) và (3) mặc dù có liên quan đến hệ số biến động cường độ V nhưng cường độ tính toán gốc về nén R_n (trong điều kiện bình thường, $m_{bn} = 1$) được cung cấp trực tiếp trong Phụ lục 1 của TCVN 5574:1991. Vì vậy, khi thiết kế, để tiện lợi giá trị cường độ tính toán về nén R_n thường được lấy luôn theo Phụ lục này, và chỉ phụ thuộc vào mác bê tông. Khả năng chịu lực của kết cấu/cấu kiện được đánh giá thông qua giá trị R_n . Do đó, khi đánh giá cường độ bê tông phải thông qua mác bê tông. Các giá trị cường độ tính toán về nén R_n của bê tông tương ứng với các mác bê tông khác nhau theo TCVN 5574:1991 được tóm tắt trong bảng 1 của bài viết.

Từ năm 2005 đến nay, kết cấu bê tông và BTCT được thiết kế theo TCXDVN 356:2006 dựa vào cấp độ bền chịu nén của bê tông (gọi tắt là cấp độ bền của bê tông). Trong tiêu chuẩn này, khái niệm cấp độ bền được định nghĩa như sau: “**Cấp độ bền chịu nén của bê tông**: Ký hiệu bằng chữ B, là giá trị trung bình thống kê của cường độ chịu nén tức thời, tính bằng đơn vị MPa, với xác suất đảm bảo không dưới 95 %, xác định

trên các mẫu lập phương kích thước tiêu chuẩn (150 mm × 150 mm × 150 mm) được chế tạo, dưỡng hộ trong điều kiện tiêu chuẩn và thí nghiệm nén ở tuổi 28 ngày' (TCXDVN 356:2005, trang 6). Khái niệm mác bê tông trong TCXDVN 356:2005 giống như trong TCVN 5574:1991. Khi tính toán theo trạng thái giới hạn thứ nhất (độ bền), cường độ chịu nén tiêu chuẩn dọc trục R_{bn} (cường độ lắng trụ: mẫu 150 × 150 × 600 mm) và cường độ chịu nén tính toán dọc trục R_b , xác định tương tự như TCVN 5574:1991 với các hệ số độ tin cậy khi nén $\gamma_c = 1,3$ (đối với bê tông nặng – bê tông thường) và hệ số điều kiện làm việc của bê tông γ_{bi} (thông thường $\gamma_{bi} = 1$). Bảng 13 của TCXDVN 356:2005 cung cấp trực tiếp các giá trị cường độ chịu nén tính toán R_b tương ứng với các cấp độ bền và mác bê tông khác nhau. Các kỹ sư thường sử dụng các giá trị cường độ chịu nén tính toán R_b của bê tông cho trong bảng 13, TCXDVN 356:2005, để tính toán hay đánh giá khả năng chịu lực của kết cấu/cấu kiện (Vi vậy, có thể sau này khi soát xét TCXDVN 356:2005 nên ghi chú rõ trong bảng 13 của tiêu chuẩn này là giá trị R_b chỉ tương ứng với hệ số biến động cường độ $v = 0,135$ (nếu lấy theo mác bê tông) và hệ số điều kiện làm việc $\gamma_{bi} = 1$; hoặc bỏ dòng mác bê tông trong bảng này nhưng với ghi chú thêm là hệ số điều kiện làm việc $\gamma_{bi} = 1$). Các giá trị của R_b cũng được tóm tắt trong bảng 1 dưới đây.

Bảng 1. Mács bê tông, cấp độ bền bê tông và cường độ chịu nén tính toán theo TCVN 5574:1991 và TCXDVN 356:2005

Mác bê tông (kg/cm ²) – theo TCVN 5574:1991	M75	M100	M150	M200	M250	M350	M400	M500	M600
Cấp độ bền bê tông (MPa) – TCXDVN 356:2005	B5	B7.5	B10	B15	B20	B25	B30	B40	B45
R_n (kg/cm ²) - theo TCVN 5574:1991	35	45	65	90	110	155	170	215	250
R_b (MPa) – theo TCXDVN 356:2005	2.8	4.5	6.0	8.5	11.5	14.5	17.0	22.0	25.0

Bảng 1 cho thấy các giá trị cường độ tính toán về nén R_n (TCVN 5574:1991) và R_b (TCXDVN 356:2005) gần như nhau. Ví dụ: ứng với bê tông B 20 (M 250), $R_n = 110$ kg/cm², $R_b = 11,5$ MPa (≈ 115 kg/cm²); bê tông B 25 (M 350), $R_n = 155$ kg/cm², $R_b = 14,5$ MPa (≈ 145 kg/cm²); bê tông B 30 (M 400), $R_n = 170$ kg/cm², $R_b = 17,0$ MPa (≈ 170 kg/cm²); bê tông B 40 (M 500), $R_n = 215$ kg/cm², $R_b = 22,0$ MPa (≈ 220 kg/cm²). Do đó, có thể nói rằng khi thiết kế kết cấu theo tiêu chuẩn Việt Nam (TCVN 5574:1991 hay TCXDVN 356:2005) cuối cùng đều căn cứ vào mác bê tông (ngoại trừ những trường hợp căn cứ vào hệ số biến động cường độ và hệ số điều kiện làm việc để xác định riêng các giá trị cường độ chịu nén tính toán của bê tông). Cấp độ bền bê tông đưa ra trong TCXDVN 356:2005 (thực chất là cường độ chịu nén của mẫu khối vuông R trong TCVN 5574:1991) ngoài việc là bước đệm để hội nhập với châu Âu và thế giới còn tạo ra cơ hội đổi mới công nghệ sản xuất bê tông với chất lượng tốt hơn.

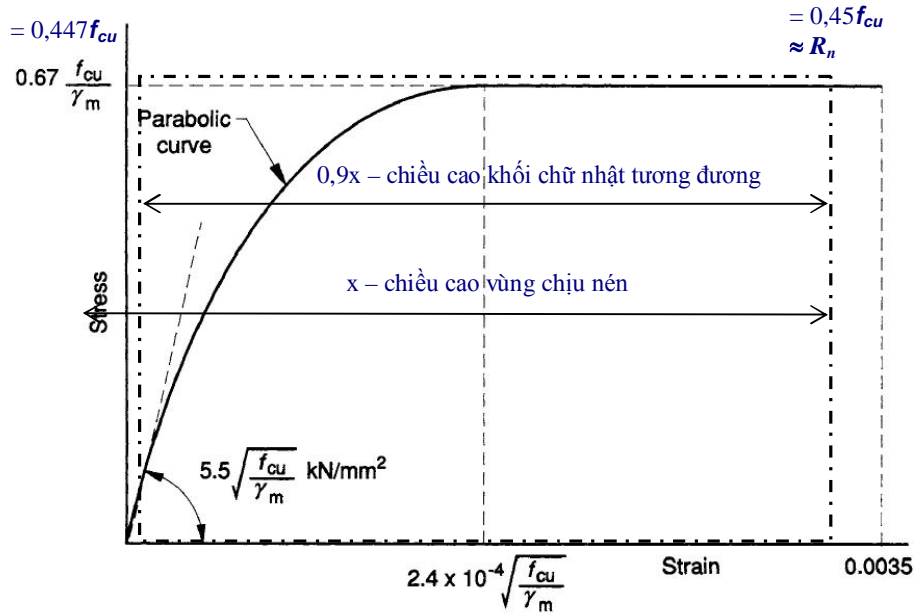
Cho nên, có thể khẳng định rằng khi đánh giá cường độ bê tông theo TCXDVN 356:2005, hiện nay vẫn còn phải dựa vào mác bê tông trừ khi người thiết kế có quy định khác hoặc sau khi ta có tiêu chuẩn/hướng dẫn kỹ thuật riêng về đánh giá cường độ bê tông theo cấp độ bền B.

3. Đánh giá cường độ bê tông theo BS 8110:1997

Tiêu chuẩn Anh BS 8110:1997 đưa ra khái niệm cường độ đặc trưng f_{cu} . Đây chính là giá trị cường độ mẫu lập phương cạnh 150 mm, 28 ngày tuổi với các mẫu thử không đảm bảo thấp hơn 5 % tổng số các mẫu thử (hay hơn 95 % các mẫu thử đảm bảo). Khái niệm cường độ đặc trưng f_{cu} có thể tương đương với cấp độ bền chịu nén B của TCXDVN 356:2005.

Khi thiết kế cấp phối, các tài liệu của Anh cũng đưa ra khái niệm cường độ trung bình (mean strength) có thể tương đương với mác bê tông của ta (xem [12]).

Quan hệ ứng suất – biến dạng của bê tông thường chịu tải trọng tác dụng ngắn hạn theo BS 8110 cho trong hình 1. Giá trị tương đương với cường độ chịu nén tính toán R_n (hay R_b) của Việt Nam xấp xỉ bằng $0,45 \times f_{cu}$ (xem [12, 13]).



NOTE 1 0.67 takes account of the relation between the cube strength and the bending strength in a flexural member. It is simply a coefficient and not a partial safety factor.

NOTE 2 f_{cu} is in N/mm^2 .

Figure 2.1 — Short term design stress-strain curve for normal-weight concrete

Hình 1. Quan hệ - ứng suất biến dạng theo BS 8110 (nguồn Hình 2.1, BS 8110:1997)
(Chú thích: hệ số 0,67 là hệ số chuyển đổi từ cường độ mẫu lập phương lên cường độ trên cấu kiện chịu uốn (kết cấu, giống giá trị A_n của ta), hệ số an toàn riêng $\gamma_m = 1,5$)

Việc đánh giá cường độ đặc trưng chịu nén f_{cu} của bê tông theo BS 5328-4:1990 [8]. Điều 3.16.2 của tiêu chuẩn này quy định, bê tông xem như đạt yêu cầu về cường độ nếu cả 2 tiêu chí sau đây thỏa mãn (bảng 2):

Tiêu chí 1: Cường độ trung bình (the mean strength) xác định từ 2, 3 hoặc 4 các mẫu thử liên tiếp liền nhau phải lớn hơn $f_{cu} + \Delta$ (với $f_{cu} \geq 20$ MPa, $\Delta = 1, 2$ và 3 MPa, với $f_{cu} < 20$ MPa, $\Delta = 0, 1$ và 2 MPa);

Tiêu chí 2: Không một mẫu thử nào có cường độ bé hơn $f_{cu} - \Delta$ ($\Delta = 3$ MPa với $f_{cu} \geq 20$ MPa, $\Delta = 2$ MPa với $f_{cu} < 20$ MPa).

Bảng 2. Các yêu cầu về sự đảm bảo cường độ đặc trưng chịu nén của bê tông

Cấp bê tông C (Concrete class C)	Nhóm các mẫu thử	(a)	(b)
		Cường độ trung bình của các mẫu thử > $f_{cu} + \Delta$	Không một mẫu thử nào có cường độ < $f_{cu} - \Delta$
C20 trở lên ($f_{cu} \geq 20$ MPa)	2 mẫu đầu tiên	$\Delta = 1$ MPa	$\Delta = 3$ MPa
	3 mẫu đầu tiên	$\Delta = 2$ MPa	$\Delta = 3$ MPa
	bất kỳ 4 mẫu liên tiếp liền nhau	$\Delta = 3$ MPa	$\Delta = 3$ MPa
C7.5 đến C15 ($f_{cu} = 7,5 - 15$ MPa)	2 mẫu đầu tiên	$\Delta = 0$ MPa	$\Delta = 2$ MPa
	3 mẫu đầu tiên	$\Delta = 1$ MPa	$\Delta = 2$ MPa
	bất kỳ 4 mẫu liên tiếp liền nhau	$\Delta = 2$ MPa	$\Delta = 2$ MPa

Như vậy, có thể nói rằng các yêu cầu đảm bảo về cường độ đặc trưng f_{cu} (cùng với xác suất đảm bảo 95 %) của tiêu chuẩn Anh không giống như sự chênh lệch giữa mác bê tông M và cấp độ bền B của Việt Nam.

4. Đánh giá cường độ bê tông theo EN 1992-1:2004

Cấp độ bền bê tông theo tiêu chuẩn Eurocode 2 được ký hiệu là C, ví dụ C30/37 trong đó 30 là trị số tính bằng MPa của cường độ chịu nén đặc trưng mẫu trụ tuổi 28 ngày f_{ck} ($f_{ck} = 30$ MPa) và 37 là trị số cường độ chịu nén đặc trưng mẫu lập phương cũng 28 ngày tuổi $f_{ck, cub}$ ($f_{ck, cub} = 37$ MPa). Khái niệm cường độ đặc trưng trong tiêu chuẩn châu Âu Eurocode 2 cũng giống như BS 8110 hay TCXDVN 356:2005, nghĩa là các yêu cầu đảm bảo về cường độ f_{ck} với xác suất đảm bảo lớn hơn 95 %.

Việc đánh giá cường độ bê tông phải tuân theo EN 206-1 [9] và các tiêu chuẩn liên quan. Yêu cầu về trung bình các mẫu thử của EN 206-1 cao hơn so với BS 5328-4:1990 ($f_{ck, cub} + 4MPa$ so với $f_{cu} + 3MPa$). Tuy nhiên, yêu cầu về cường độ mẫu thử thấp nhất lại thấp hơn so với tiêu chuẩn Anh ($f_{ck, cub} - 4MPa$ so với $f_{cu} - 3MPa$). Ví dụ, bê tông cấp C30/37, có cường độ đặc trưng chịu nén mẫu trụ f_{ck} là 30 MPa, cường độ đặc trưng chịu nén mẫu lập phương $f_{ck, cub}$ bằng 37 MPa. Để đánh giá, tất cả các mẫu lập phương được lưu 28 ngày theo quy định của tiêu chuẩn áp dụng. Cường độ chịu nén từ các mẫu lập phương cạnh 150 mm được tính toán như sau:

Bảng 3. Đánh giá cấp độ bền bê tông với mẫu lập phương 150 mm [14]

Mẫu lập phương 150 * 150 *150 (mm)	tuổi ngày	$f_{c, cub}$	$f_{cm, cub}$	Ghi chú
		MPa	MPa	
1	28	44,6		Đảm bảo điều kiện về khối lượng thể tích (mật độ)
2	28	39,2	43,2	
3	28	45,8		

Ghi chú: $f_{c, cub}$ – cường độ bê tông của mẫu lập phương, $f_{cm, cub}$ – cường độ trung bình của các mẫu lập phương.

Theo EN 206 - 1 (bảng 14) thì các tiêu chí sau cần phải thỏa mãn:

Tiêu chí 1: $f_{cm, cub} \geq f_{ck, cub} + 4$ MPa;

Tiêu chí 2: $\min f_{c, cub} \geq f_{ck, cub} - 4$ MPa.

Ví dụ, với bê tông cấp C30/37, theo bảng 3:

Tiêu chí 1: $43,2 \geq 37 + 4 = 41$ MPa đạt

Tiêu chí 2: $39,2 \geq 37 - 4 = 32$ MPa đạt

Nhận xét: bê tông đạt cấp độ bền C30/37.

Như vậy, khi đánh giá cấp độ bền bê tông theo Eurocode 2 thì giá trị trung bình của các mẫu thử (mác bê tông) chỉ chênh với cấp độ bền C là 4 MPa đối với mẫu lập phương.

5. Kết luận

Các phân tích đã trình bày cho thấy đánh giá cường độ bê tông khi kết cấu được thiết kế theo tiêu chuẩn TCXDVN 356:2005, hiện nay vẫn còn phải dựa vào mác bê tông trừ khi người thiết kế có quy định khác. Việc này vẫn phải tiến hành như vậy cho đến khi có tiêu chuẩn hay hướng dẫn kỹ thuật về đánh giá cường độ bê tông theo cấp độ bền.

Đánh giá cường độ bê tông theo BS 8110:1997 (kết cấu thiết kế theo BS 8110:1997) phải căn cứ vào BS 5328-4:1990 và các tiêu chuẩn liên quan. Sự chênh nhau giữa cường độ chịu nén đặc trưng f_{cu} ("cấp độ bền") với cường độ trung bình các mẫu thử f_{cm} ("mác bê tông") lớn nhất là 3 MPa tùy thuộc vào cấp độ bền.

Đánh giá cường độ bê tông theo Eurocode 2 (kết cấu thiết kế theo EN 1992-1:2004) phải căn cứ vào EN 206-1 và các tiêu chuẩn liên quan. Sự chênh nhau giữa cường độ chịu nén đặc trưng mẫu lập phương $f_{ck, cub}$ ("cấp độ bền") với cường độ trung bình các mẫu thử lập phương $f_{cm, cub}$ ("mác bê tông") là 4 MPa.

Bài báo đã làm rõ được việc đánh giá cường độ bê tông theo cấp độ bền dựa theo mác bê tông của Việt Nam như thế nào, sự khác nhau so với tiêu chuẩn Anh và châu Âu. Một số ít ý kiến cho rằng quan hệ giữa “cấp” và “mác” bê tông theo TCXDVN 356:2005 là quá lớn (thiên về an toàn) có thể bị loại bỏ trên quan điểm tính toán kết cấu dựa theo cường độ chịu nén tính toán R_b .

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. NILSON, A. H., DARWIN, D. AND DOLAN, C. W. Design of concrete structures, *The McGraw-Hill Companies, USA, 2004.*
2. TCVN 5574:1991 Kết cấu bê tông cốt thép – Tiêu chuẩn thiết kế, *Nhà xuất bản Xây dựng, Hà Nội, 1991.*
3. TCXDVN 356:2005 Kết cấu bê tông và bê tông cốt thép – Tiêu chuẩn thiết kế, *Nhà xuất bản Xây dựng, Hà Nội, 2005.*
4. BS 8110-1:1997 Structural use of concrete – Part 1: Code of practice for design and construction, *British Standard Institution, UK, 2002.*
5. BS EN 1992-1-1:2004 Design of concrete structures – Part 1-1: General rules and rules for buildings, *British Standard Institution, UK, 2004.*
6. ACI 318M – 08 Building code requirements for structural concrete (ACI 318M – 08) and commentary – An ACI standard, *American Concrete Institute, USA, 2008.*
7. LÊ MINH LONG, Hướng dẫn thiết kế kết cấu bê tông và bê tông cốt thép theo TCXDVN 356:2005, *Nhà xuất bản Xây dựng, Hà Nội, 2011.*
8. BS 5328-4:1990 Concrete – Part 4: Specification for the procedures to be used in sampling, testing and assessing compliance of concrete, *British Standard Institution, UK, 1990.*
9. EN 206-1:2000 Concrete – Part 1: Specification, performance, production and conformity, *English version, CEN, Brussels, 2000.*
10. LÊ MINH LONG, Một số vấn đề về cường độ bê tông, *Tạp chí KHCN Xây dựng, Hà Nội, 2008.*
11. TCVN 3118:1979 Phương pháp xác định cường độ chịu nén của bê tông nặng, *Nhà xuất bản Xây dựng, Hà Nội.*
12. KONG F. K. and EVANS R. H. Reinforced concrete and prestressed concrete, *Chapman & Hall, UK.*
13. ARYA, C. Design of structural elements – Concrete, steelwork, masonry and timber designs to British standards and Eurocodes, *Thirth edition, Son Press, UK, 2009.*
14. gmp international GmbH/Inros Lackner AG Quy cách, tính năng, sản xuất và sự phù hợp của bê tông, *Chỉ dẫn kỹ thuật – thuyết minh số #SS3-TTX-020, Dự án Nhà Quốc hội, Hà Nội, Việt Nam, 2009.*