

VỀ CÁC TÍNH NĂNG CƠ LÝ CỦA VẬT LIỆU DÙNG CHO KẾT CẤU BÊ TÔNG CỐT THÉP TRONG MỘT SỐ TIÊU CHUẨN HIỆN HÀNH

ThS. **LÊ TRUNG PHONG**

Tổng công ty Xây dựng số 1 Hà Nội

1. Mở đầu

Tính năng cơ lý của bê tông cốt thép (BTCT) phụ thuộc vào các loại vật liệu thành phần cấu thành nên kết cấu. Đối với BTCT thì thành phần chủ yếu của nó gồm bê tông và cốt thép. Cốt thép phụ thuộc vào các thành phần hóa học và hàm lượng sắt. Bê tông phụ thuộc vào các cốt liệu cấu thành gồm: cát, sỏi (đá), nước, xi măng,... Trong bài báo này, tác giả nêu ra các yêu cầu của EN 1992-1-1:2004 [1] và TCXDVN 356:2005 [2], từ đó đưa ra các khuyến nghị cho các nhà thiết kế trong quá trình tính toán công trình chịu động đất theo TCXDVN 375:2006 [3]. Ngoài ra tác giả có nghiên cứu về các loại thép và các nhà sản xuất thép hiện hành cũng như mức độ áp dụng các tiêu chuẩn tương ứng.

2. Bê tông

2.1. Quy định của EN 1992-1-1:2004 [1]

2.1.1. Cường độ của bê tông

Theo Tiêu chuẩn Châu Âu EN 1992-1-1:2004 [1] cường độ chịu nén của bê tông được biểu thị bằng cấp độ bền của bê tông. Cấp độ bền được dựa trên cường độ đặc trưng f_{ck} của mẫu trụ hoặc mẫu khối vuông $f_{ck,cube}$ ở 28 ngày tuổi với giá trị lớn nhất là C90/105. Cường độ đặc trưng f_{ck} và các đặc trưng cơ học chính của chúng được nêu trong bảng 1.

a. Cường độ chịu nén

- Cường độ chịu nén đặc trưng của bê tông được xác định theo công thức sau:

$$f_{ck}(t) = f_{cm}(t) - 8(\text{MPa}) \text{ với } 3 < t < 28 \text{ ngày} \quad (1)$$

$$f_{ck}(t) = f_{ck} \text{ với } t \geq 28 \text{ ngày} \quad (2)$$

Với $t \leq 3$ ngày, cần có những số liệu chính xác riêng dựa trên các thí nghiệm.

$$f_{cm}(t) = \beta_{cc}(t) \cdot f_{cm} \quad (3)$$

f_{cm} - cường độ chịu nén trung bình ở ngày thứ 28 của bê tông, lấy theo bảng 1;

$\beta_{cc}(t)$ - hệ số phụ thuộc tuổi t của bê tông,

$$\beta_{cc}(t) = e^{\left\{ s \left[1 - \left(\frac{28}{t} \right)^{1/2} \right] \right\}} \quad (4)$$

t - tuổi của bê tông, tính theo ngày;

s - hệ số phụ thuộc loại xi măng sử dụng, $s = 0,2 - 0,38$.

- Cường độ chịu nén tính toán của bê tông tính như sau:

$$f_{cd} = \frac{\alpha_{cc} \cdot f_{ck}}{\gamma_c} \quad (5)$$

γ_c - hệ số an toàn đối với bê tông, phụ thuộc tổ hợp tải trọng, lấy theo bảng 2;

α_{cc} - hệ số kể đến những tác động lâu dài đến sức bền nén và các tác động bất lợi của các tải trọng tác dụng. Giá trị của α_{cc} dao động từ 0,8 - 1,0 tùy theo qui định của từng nước (các thành viên sử dụng Eurocode). Có thể lấy $\alpha_{cc} = 1,0$.

Bảng 1. Các đặc trưng độ bền và biến dạng của bê tông

f_{ck} (MPa)	12	16	20	25	30	35	40	45	50	55	60	70	80	90
$f_{ck,cube}$ (MPa)	15	20	25	30	37	45	50	55	60	67	75	85	95	105
f_{cm} (MPa)	20	24	28	33	38	43	48	53	58	63	68	78	88	98
f_{ctm} (MPa)	1,6	1,9	2,2	2,6	2,9	3,2	3,5	3,8	4,1	4,2	4,4	4,6	4,8	5,0
$f_{ctk,0,05}$ (MPa)	1,1	1,3	1,5	1,8	2,0	2,2	2,5	2,7	2,9	3,0	3,1	3,2	3,4	3,5
$f_{ctk,0,95}$ (MPa)	2,0	2,5	2,9	3,3	3,8	4,2	4,6	4,9	5,3	5,5	5,7	6,0	6,3	6,6
E_{cm} (GPa)	27	29	30	31	33	34	35	36	37	38	39	41	42	44
ϵ_{c1} (0,1%)	1,8	1,9	2,0	2,1	2,2	2,25	2,3	2,4	2,45	2,5	2,6	2,7	2,8	2,8
ϵ_{cu1} (0,1%)	3,5									3,2	3,0	2,8	2,8	2,8
ϵ_{c2} (0,1%)	2,0									2,2	2,3	2,4	2,5	2,6
ϵ_{cu2} (0,1%)	3,5									3,1	2,9	2,7	2,6	2,6
n	2,0									1,75	1,6	1,45	1,4	1,4
ϵ_{c3} (0,1%)	1,75									1,8	1,9	2,0	2,2	2,3
ϵ_{cu3} (0,1%)	3,5									3,1	2,9	2,7	2,6	2,6

Bảng 2. Các hệ số riêng cho vật liệu đối với trạng thái giới hạn độ bền

Các tình huống thiết kế	Bê tông γ_c	Cốt thép γ_s
Lâu dài và tạm thời	1,5	1,15
Đặc biệt	1,2	1,0

b. Cường độ chịu kéo

- Cường độ chịu kéo khi uốn của bê tông được xác định như sau:

$$f_{ctm,fl} = \max \left\{ \left(1,6 - \frac{h}{1000} \right) f_{ctm} ; f_{ctm} \right\} \quad (6)$$

h - chiều cao toàn bộ của cấu kiện, mm;

f_{ctm} - cường độ trung bình khi chịu kéo dọc trục, lấy theo bảng 1.

- Cường độ chịu kéo của bê tông ở tuổi t phụ thuộc nhiều vào các điều kiện bảo dưỡng, sấy khô cũng như kích thước của cấu kiện.

$$f_{ctm}(t) = [\beta_{cc}(t)]^\alpha \cdot f_{ctm} \quad (7)$$

$\beta_{cc}(t)$ lấy theo công thức (4) và $\alpha = 1$ với $t < 28$ ngày và $\alpha = 2/3$ với $t \geq 28$ ngày.

Giá trị của f_{ctm} lấy theo bảng 1.

- Cường độ chịu kéo tính toán f_{ctd} được xác định như sau: $f_{ctd} = (\alpha_{ct} \cdot f_{ctk,0,05}) / \gamma_c$ (8)

Trong đó:

α_{ct} - tùy theo qui định của từng nước, có thể dùng $\alpha_{ct} = 1,0$;

$f_{ctk,0,05}$ - lấy theo bảng 1;

γ_c - lấy theo bảng 2.

2.1.2. Biến dạng đàn hồi của bê tông

- Môđun đàn hồi E_{cm} :

Môđun đàn hồi theo thời gian $E_{cm}(t)$ được tính theo công thức:

$$E_{cm}(t) = \left(\frac{f_{cm}(t)}{f_{cm}} \right)^{0,3} \cdot E_{cm} \quad (9)$$

E_{cm} - môđun đàn hồi của bê tông ở 28 ngày tuổi, các ký hiệu khác giống như đã nêu ở trên.

- Hệ số Poatxông:

Hệ số Poatxông bằng 0,2 đối với bê tông không nứt và bằng 0 đối với bê tông có nứt.

2.1.3. Quan hệ ứng suất - biến dạng của bê tông

- Quan hệ ứng suất - biến dạng để phân tích phi tuyến.

Quan hệ giữa ứng suất σ_c và biến dạng ε_c trên hình 1 được mô tả theo biểu thức sau:

$$\frac{\sigma_c}{f_{cm}} = \frac{k\eta - \eta^2}{1 + (k-2)\eta} \quad (10)$$

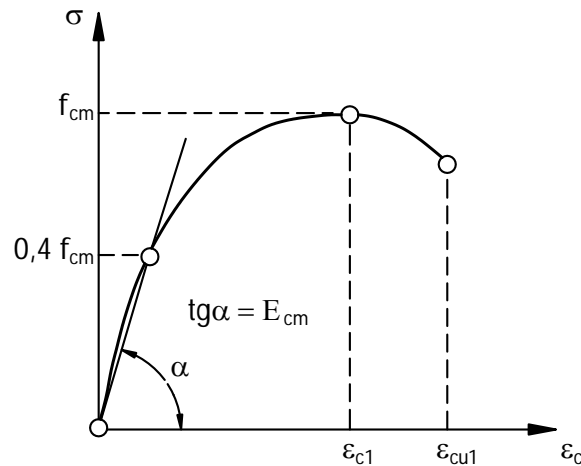
Trong đó:

$$\eta = \varepsilon_c / \varepsilon_{c1};$$

ε_{c1} biến dạng tại ứng suất lớn nhất, lấy theo bảng 1;

$$k = 1,05 E_{cm} \times |\varepsilon_{c1}| / f_{cm}, \quad f_{cm} \text{ lấy theo bảng 1.}$$

Biểu thức (10) đúng khi $0 < |\varepsilon_c| < |\varepsilon_{cu1}|$, trong đó ε_{cu1} là biến dạng giới hạn danh nghĩa.



Hình 1. Quan hệ ứng suất - biến dạng dùng cho phân tích kết cấu ($0,4 f_{cm}$ dùng để xác định E_{cm} là giá trị gần đúng)

- Quan hệ ứng suất - biến dạng khi thiết kế tiết diện ngang:

Để thiết kế tiết diện ngang, quan hệ ứng suất - biến dạng như sau (xem hình 2, biến dạng khi nén biểu diễn bằng giá trị dương):

$$\sigma_c = f_{cd} \left[1 - \left(1 - \frac{\varepsilon_c}{\varepsilon_{c2}} \right)^n \right] \text{ với } 0 \leq \varepsilon_c \leq \varepsilon_{c2} \quad (11)$$

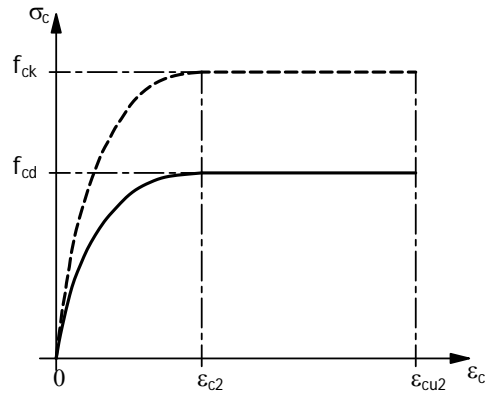
$$\sigma_c = f_{cd} \text{ với } \varepsilon_{c2} \leq \varepsilon_c \leq \varepsilon_{cu2} \quad (12)$$

Trong đó:

n - số mũ, theo bảng 1;

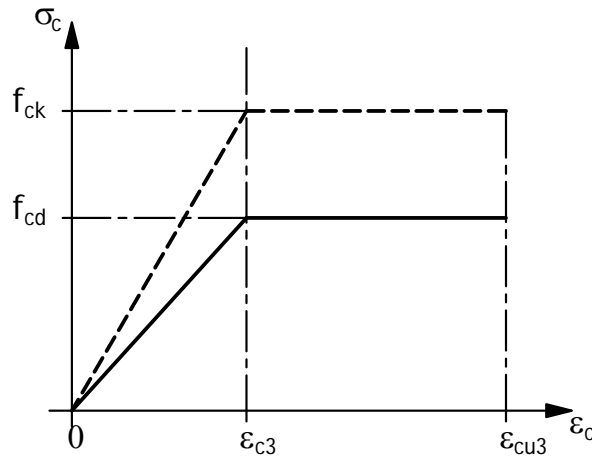
ε_{c2} - biến dạng khi đạt cường độ lớn nhất, theo bảng 1;

ε_{cu2} - biến dạng giới hạn, theo bảng 1.



Hình 2. Biểu đồ Parabol - chữ nhật đối với bê tông chịu nén

Ngoài ra, để đơn giản hóa bài toán tiêu chuẩn cho phép sử dụng quan hệ ứng suất - biến dạng với các giá trị ε_{c3} và ε_{cu3} (lấy theo bảng 1) nếu an toàn hơn so với quan hệ cho ở (11) và (12) như trên hình 3.



Hình 3. Quan hệ ứng suất - biến dạng theo hai đường thẳng

2.1.4. Hiệu ứng bó của bê tông

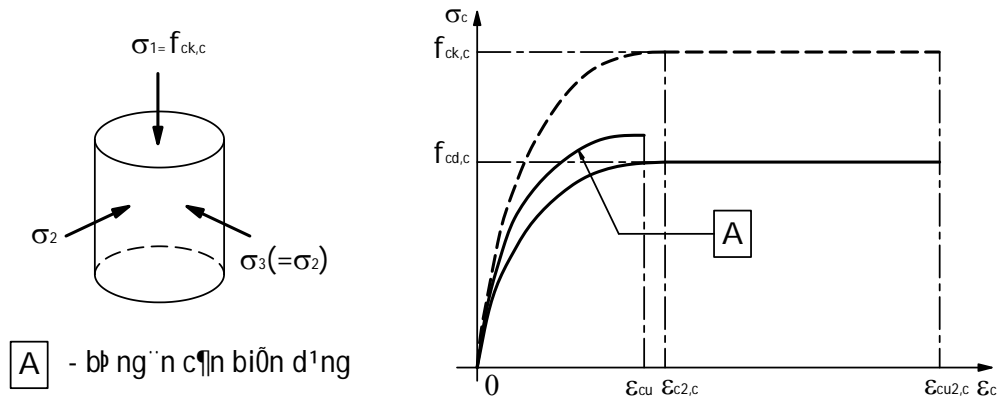
Cường độ đặc trưng và biến dạng của bê tông theo các công thức sau:

$$f_{ck,c} = f_{ck} \left(1,000 + 5,0 \frac{\sigma_2}{f_{ck}} \right) \text{ với } \sigma_2 \leq 0,05 f_{ck} \quad (13)$$

$$\text{và } f_{ck,c} = f_{ck} \left(1,125 + 2,5 \frac{\sigma_2}{f_{ck}} \right) \text{ với } \sigma_2 > 0,05 f_{ck} \quad (14)$$

$$\text{Trong đó: } \varepsilon_{c2,c} = \varepsilon_{c2} \left(\frac{f_{ck,c}}{f_{ck}} \right)^2 \quad (15)$$

$$\varepsilon_{cu2,c} = \varepsilon_{cu2} + 0,2 \frac{\sigma_2}{f_{ck}} \quad (16)$$



Hình 4. Mối quan hệ ứng suất - biến dạng đối với bê tông bị bó

$\sigma_2 (= \sigma_3)$ là ứng suất nén ngang tính toán ở trạng thái giới hạn độ bền sinh ra do sự ngăn cản biến dạng, ϵ_{c2} và ϵ_{cu2} lấy theo bảng 1.

2.2. Vật liệu bê tông đang sử dụng ở Việt Nam hiện nay theo TCXDVN 356:2005[2] “kết cấu bê tông và bê tông cốt thép”

a. Cấp độ bền của bê tông

Khi thiết kế kết cấu bê tông và bê tông cốt thép cần chỉ định chỉ tiêu chất lượng về cấp độ bền chịu nén B của bê tông và cấp độ bền chịu kéo B_t .

b. Các đặc trưng tiêu chuẩn và đặc trưng tính toán của bê tông

Các loại cường độ tiêu chuẩn của bê tông bao gồm cường độ khi nén dọc trục mẫu lăng trụ (cường độ lăng trụ) R_{bn} và cường độ khi kéo dọc trục R_{bt} .

Các cường độ tính toán của bê tông khi tính toán theo các trạng thái giới hạn thứ nhất R_b , R_{bt} và theo các trạng thái giới hạn thứ hai $R_{b,ser}$, $R_{bt,ser}$ được xác định bằng cách lấy cường độ tiêu chuẩn chia cho hệ số độ tin cậy của bê tông tương ứng khi nén γ_{bc} và khi kéo γ_{bt} . Các giá trị của hệ số γ_{bc} và γ_{bt} của một số loại bê tông cho trong bảng 3.

Cường độ tiêu chuẩn của bê tông khi nén dọc trục R_{bn} tùy theo cấp độ bền chịu nén của bê tông cho trong bảng 4.

Bảng 3. Hệ số độ tin cậy của một số loại bê tông khi nén γ_{bc} và kéo γ_{bt}

Loại bê tông	Giá trị γ_{bc} và γ_{bt} khi tính toán kết cấu theo trạng thái giới hạn			
	Thứ nhất			Thứ hai γ_{bc} , γ_{bt}
	γ_{bc}	γ_{bt} ứng với cấp độ bền của bê tông		
		Chịu nén	Chịu kéo	
Bê tông nặng, bê tông hạt nhỏ, bê tông tự ứng suất, bê tông nhẹ, bê tông rỗng	1,3	1,5	1,3	1,0
Bê tông tổ ong	1,5	2,3	-	1,0

Cường độ tiêu chuẩn của bê tông khi kéo dọc trục R_{bt} được cho trong bảng 4.

Bảng 4. Các cường độ tiêu chuẩn của bê tông nặng R_{bn} , R_{bt} và cường độ tính toán khi tính theo các trạng thái giới hạn thứ hai $R_{b,ser}$, $R_{bt,ser}$, MPa

Trạng thái	Cấp độ bền chịu nén của bê tông										
	B12,5	B15	B20	B25	B30	B35	B40	B45	B50	B55	B60
R_{bn} , $R_{b,ser}$	9,5	11,0	15,0	18,5	22,0	25,5	29,0	32,0	36,0	39,5	43,0

Trạng thái	Cấp độ bền chịu nén của bê tông										
	B12,5	B15	B20	B25	B30	B35	B40	B45	B50	B55	B60
$R_{bt}, R_{bt,ser}$	1,0	1,15	1,40	1,60	1,80	1,95	2,10	2,20	2,30	2,40	2,50

Các cường độ tính toán của bê tông $R_b, R_{bt}, R_{b,ser}, R_{bt,ser}$ (đã làm tròn) tùy thuộc vào cấp độ bền chịu nén và kéo dọc trục của bê tông cho trong bảng 5 khi tính theo các trạng thái giới hạn thứ nhất và bảng 4 khi tính toán theo các trạng thái giới hạn thứ hai.

Bảng 5. Các cường độ tính toán của bê tông R_b, R_{bt} khi tính theo các trạng thái giới hạn thứ nhất, MPa

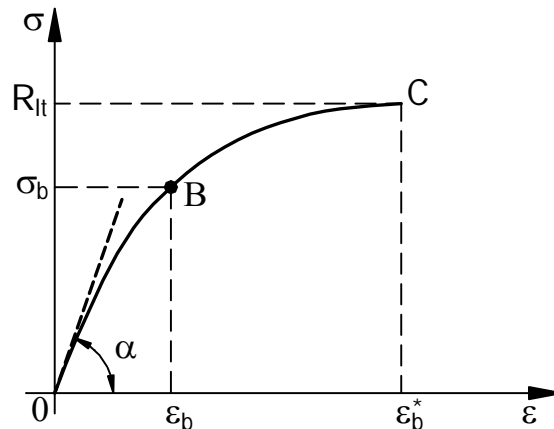
Trạng thái	Cấp độ bền chịu nén của bê tông										
	B12,5	B15	B20	B25	B30	B35	B40	B45	B50	B55	B60
R_b	7,5	8,5	11,5	14,5	17,0	19,5	22,0	25,0	27,5	30,0	33,0
R_{bt}	0,66	0,75	0,90	1,05	1,20	1,30	1,40	1,45	1,55	1,60	1,65

c. Biến dạng đàn hồi của bê tông

Khi chịu nén môđun đàn hồi ban đầu của bê tông E_b được định nghĩa theo biểu thức sau:

$$E_b = \frac{\sigma_b}{\varepsilon_b} = \operatorname{tg} \alpha_0 \quad (17)$$

α_0 - góc lập bởi tiếp tuyến tại gốc của biểu đồ $\sigma - \varepsilon$ với trục ε (hình 5). Giá trị của E_b phụ thuộc cấp độ bền và loại bê tông cho trong bảng 6.



Hình 5. Quan hệ ứng suất biến dạng của bê tông

Hệ số nở ngang (hệ số Poatxông) của bê tông μ_b lấy bằng 0,2. Môđun chống cắt của bê tông $G_b = 0,4E_b$.

Bảng 6. Môđun đàn hồi của bê tông nặng ở điều kiện đông cứng tự nhiên

	Cấp độ bền chịu nén của bê tông										
	B12,5	B15	B20	B25	B30	B35	B40	B45	B50	B55	B60
$E_b \times 10^{-3}$	21	23	27	30	32,5	34,5	36	37,5	39	39,5	40

2.3. So sánh các đặc trưng cơ học của bê tông theo hai tiêu chuẩn EN 1992-1-1:2004 [1] và TCXDVN 356:2005 [2]

- Tiêu chuẩn EN 1992-1-1:2004[1] phân loại bê tông dựa trên cường độ và có các qui định cụ thể về biến dạng cực hạn cho từng cấp bê tông. Tiêu chuẩn TCXDVN 356:2005[2] phân loại bê tông dựa trên cường độ là chủ yếu, không có các quy định cụ thể về biến dạng cực hạn. Ngoài ra, EN 1992-1-

1:2004[1] còn đưa ra cách thức xác định biến dạng của bê tông cho trường hợp bê tông bị bó (có cốt đai).

Tiêu chuẩn Châu Âu EN 1992-1-1 phân biệt cường độ tính toán của bê tông theo hai trường hợp bình thường và trường hợp chịu tải trọng đặc biệt phụ thuộc hệ số γ_c theo bảng 2. Còn TCXDVN 356:2005[2] qui định một loại cường độ tính toán của bê tông nhưng trong những trường hợp cụ thể như đặc tính của tải trọng tác dụng, điều kiện và giai đoạn làm việc của kết cấu, mà khi thiết kế các giá trị tính toán của cường độ được giảm xuống hoặc tăng lên bằng cách nhân với các hệ số điều kiện làm việc của bê tông.

Cả hai tiêu chuẩn EN 1992-1-1:2004[1] và TCXDVN 356:2005[2] đều qui định tuổi của bê tông để xác định cấp độ bền chịu nén và chịu kéo dọc trục phải căn cứ vào thời gian thực tế. Tuy nhiên chỉ EN 1992-1-1:2004[1] là đưa ra các công thức xác định cường độ theo tuổi cụ thể còn TCXDVN 356:2005[2] thì không đưa ra chỉ dẫn tính toán nào cho vấn đề này.

- Mô đun đàn hồi: so sánh các giá trị cấp độ bền bê tông tương đương ứng với giá trị mô đun đàn hồi trong các bảng 1 và bảng 5 ta thấy các giá trị này gần tương đương nhau trong cả hai tiêu chuẩn EN 1992-1-1:2004[1] và TCXDVN 356:2005[2]. Hệ số Poatxông là như nhau cho cả hai tiêu chuẩn.

3. Cốt thép

3.1 Quy định của EN 1992-1-1:2004[1]

3.1.1. Các đặc trưng của cốt thép

Cốt thép sử dụng cho các kết cấu bê tông cốt thép có các đặc trưng sau:

- Cường độ chảy dẻo f_{yk} hoặc $f_{0,2k}$;
- Cường độ chảy dẻo thực tế lớn nhất $f_{y,max}$;
- Cường độ chịu kéo f_t ;
- Tính dẻo ε_{uk} và $(f_t/f_y)_k$;
- Các đặc trưng bám dính f_R ;
- Kích thước và sai số của tiết diện;
- Độ bền mỏi;
- Tính hàn;
- Cường độ chịu cắt và cường độ mối hàn đối với lưới thép hàn và dầm kiểu giàn.

Các tính chất của cốt thép sử dụng được cho trong bảng 7.

Cường độ chảy dẻo

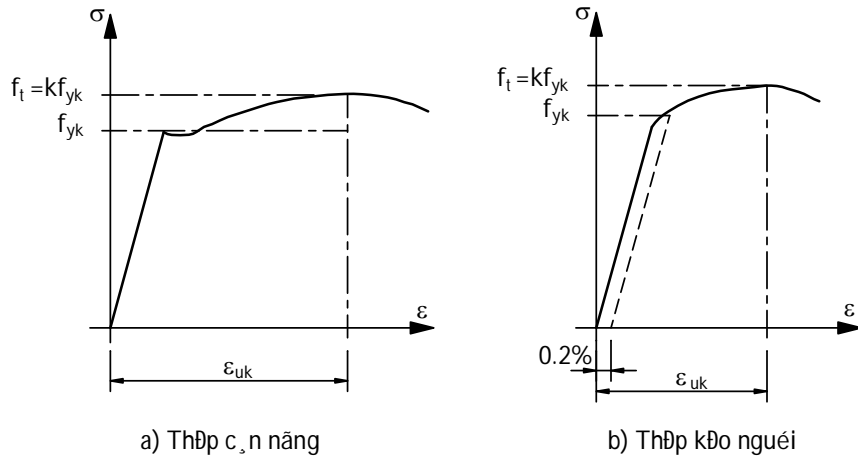
Cường độ chảy dẻo f_{yk} (hoặc ứng suất tại biến dạng còn dư 0,2%, $f_{0,2k}$) và cường độ chịu kéo f_{tk} được xác định lần lượt bằng giá trị đặc trưng của lực tại thời điểm chảy dẻo và lực đặc trưng lớn nhất (theo hướng kéo dọc trục) trên diện tích danh nghĩa của tiết diện.

Bảng 7. Các tính chất của cốt thép

Hình thức sản phẩm Loại	Thanh thép và cuộn thép			Lưới thép		
	A	B	C	A	B	C
Cường độ chảy dẻo đặc trưng f_{yk} hoặc $f_{0,2k}$ (MPa)	400 đến 600			400 đến 600		
Giá trị nhỏ nhất $k = (f_t/f_y)_k$	≥ 1,05	≥ 1,08	≥ 1,15 < 1,35	≥ 1,05	≥ 1,08	≥ 1,15 < 1,35
Biến dạng đặc trưng khi lực lớn nhất, ε_{uk} (%)	≥ 2,5	≥ 5,0	≥ 7,5	≥ 2,5	≥ 5,0	≥ 7,5

Các đặc trưng dẻo

Cốt thép phải có đủ tính dẻo và độ giãn dài ϵ_{uk} , trong đó tính dẻo được xác định bởi tỷ số của cường độ chịu kéo và cường độ chảy dẻo $(f_t/f_y)_k$ (xem bảng 7).

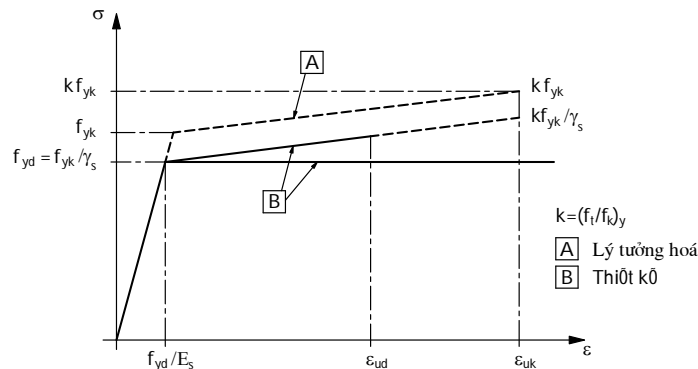


Hình 6. Biểu đồ ứng suất biến dạng của cốt thép điển hình

3.1.2. Biểu đồ ứng suất - biến dạng dùng trong thiết kế

Khi thiết kế dùng biểu đồ ứng suất - biến dạng cho ở hình 7.

- Nhánh nghiêng ở trên có giới hạn biến dạng ϵ_{ud} và ứng suất lớn nhất $k f_{yk} / \gamma_s$ tại ϵ_{uk} , trong đó $k = (f_t / f_{yk})$.
- Đối với nhánh trên nằm ngang, không cần phải kiểm tra biến dạng giới hạn. $\epsilon_{ud} = 0,9\epsilon_{uk}$. Các giá trị (f_t / f_{yk}) cho trong bảng 7. Môđun đàn hồi E_s lấy bằng 200GPa.



Hình 7. Biểu đồ ứng suất - biến dạng lý tưởng hóa và biểu đồ dùng cho thiết kế đối với cốt thép (kéo và nén)

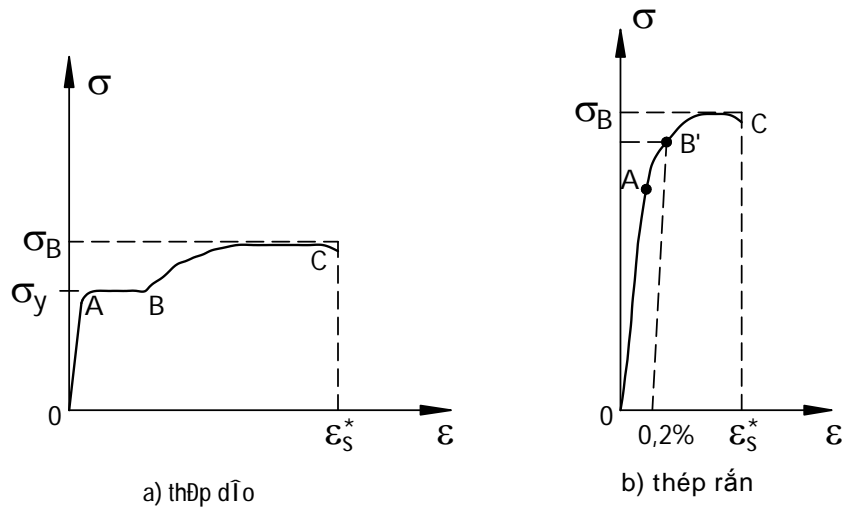
3.2. Vật liệu cốt thép đang sử dụng ở Việt Nam

3.2.1. TCVN 356:2005[2] “Kết cấu bê tông và bê tông cốt thép”

Đối với các loại thép sản xuất phải tuân theo các yêu cầu kỹ thuật của tiêu chuẩn tương ứng và các chỉ tiêu kỹ thuật chính như sau:

- Thành phần hoá học và phương pháp chế tạo;
- Các chỉ tiêu về cường độ: giới hạn chảy, giới hạn bền và hệ số biến động;
- Môđun đàn hồi, độ giãn dài cực hạn, độ dẻo;
- Khả năng hàn được;
- Với kết cấu chịu nhiệt độ cao hoặc thấp cần biết sự thay đổi tính chất cơ học khi tăng giảm nhiệt độ;
- Giới hạn môi.

Biểu đồ ứng suất biến dạng như sau:



Hình 8. Biểu đồ $\sigma - \varepsilon$ của cốt thép

Các đặc trưng tiêu chuẩn và đặc trưng tính toán của cốt thép:

Cường độ tiêu chuẩn của cốt thép R_{sn} như sau:

$$R_{sn} = \sigma_y^m (1 - S\nu) \quad (18)$$

Với σ_y^m - giá trị trung bình của giới hạn chảy khi thí nghiệm một số mẫu;

ν - hệ số biến động ($\nu = 0,05 \div 0,08$);

$S = 1,64$ ứng với xác suất đảm bảo 95%.

Cường độ tiêu chuẩn R_{sn} của một số loại thép thanh cho trong bảng 8.

Bảng 8. Cường độ chịu kéo tiêu chuẩn R_{sn} và cường độ chịu kéo tính toán của thép thanh theo các trạng thái giới hạn thứ hai $R_{s,ser}$ (MPa)

Nhóm thép thanh	Giá trị R_{sn} và $R_{s,ser}$, MPa
CI, A-I	235
CII, A-II	295
CIII, A-III	390
CIV, A-IV	590
A-V	788
A-VI	980
AT-VII	1175

Cường độ chịu kéo tính toán R_s của cốt thép khi tính toán theo các trạng thái giới hạn thứ nhất và

thứ hai được xác định theo công thức: $R_s = \frac{R_{sn}}{\gamma_s} \quad (19)$

Trong đó: γ_s - hệ số độ tin cậy của cốt thép, lấy theo bảng 9.

Bảng 9. Hệ số độ tin cậy của cốt thép γ_s

Nhóm thép thanh	Giá trị γ_s khi tính toán kết cấu theo các trạng thái giới hạn	
	Thứ nhất	Thứ hai
CI, A-I, CII, A-II	1,05	1,00
CIII, A-III có đường kính, mm	6 ÷ 8	1,00
	10 ÷ 40	1,00
CIV, A-IV, A-V	1,15	1,00
A-VI, AT-VII	1,2	1,00

Bảng 10. Cường độ chịu kéo tính toán của cốt thép khi tính toán theo các trạng thái giới hạn thứ nhất

Nhóm thép thanh		Cường độ chịu kéo tính toán, MPa	
		Cốt thép dọc R_s	Cốt thép ngang (cốt thép đai, cốt thép xiên) R_{sw}
CI, A-I		225	175
CII, A-II		280	225
A-III có đường kính, mm	6 ÷ 8	355	285*
CIII, A-III có đường kính, mm	10 ÷ 40	365	290*
CIV, A-IV		510	405
A-V		680	545
A-VI		815	650
AT-VII		980	785

* Trong khung thép hàn, đối với cốt thép đai dùng thép nhóm CIII, A-III có đường kính nhỏ hơn 1/3 đường kính cốt thép dọc thì giá trị $R_{sw}=255\text{MPa}$.

Môđun đàn hồi của cốt thép E_s được lấy bằng độ dốc của đoạn OA trên biểu đồ $\sigma - \varepsilon$ (hình 8).

Bảng 11. Môđun đàn hồi của một số loại cốt thép

Nhóm cốt thép	$E_s \cdot 10^{-4}$, MPa
CI, A-I, CII, A-II	21
CIII, A-III	20
CIV, A-IV, A-V và A-VII	19

3.2.2 So sánh các tính năng cơ lý của cốt thép theo hai tiêu chuẩn EN 1992-1-1:2004[1] và TCXDVN 356:2005[2]

Tiêu chuẩn EN 1992-1-1:2004[1] phân loại cốt thép dựa trên cường độ và biến dạng cực hạn. Còn tiêu chuẩn TCXDVN 356:2005[2] phân loại cốt thép dựa trên cường độ là chủ yếu, các đặc trưng về biến dạng chưa được đề cập tới.

Vì EN 1992-1-1:2004[1] qui định cường độ chảy dẻo của cốt thép yêu cầu nằm trong khoảng $f_{yk} = 400$ đến 600MPa, nên khi thiết kế bằng tiêu chuẩn Châu Âu trong điều kiện Việt Nam chỉ có thể sử dụng các loại thép nhóm CIII, A-III, CIV và A-IV để tính toán, tuy nhiên vẫn phải bổ sung các thông số về biến dạng cho những loại thép này để đảm bảo sự phù hợp cả về mặt biến dạng. Trong trường hợp sử dụng các loại thép có cường độ thấp hơn như A-I, CI, A-II, CII nếu áp dụng vào EN 1992-1-1:2004[1] thì cần có các nghiên cứu riêng.

Một điểm khác biệt nữa về vật liệu cốt thép giữa hai tiêu chuẩn đó là hệ số riêng γ_s để xác định cường độ tính toán. Theo EN 1992-1-1:2004[1], tương tự như đối với bê tông hệ số riêng cho cốt thép cũng chia làm hai trường hợp cho các tình huống thiết kế bình thường và tình huống chịu tải trọng đặc biệt. Còn tiêu chuẩn Việt Nam phân loại γ_s theo trạng thái giới hạn tính toán, ngoài ra còn có các trường hợp cho cốt thép chịu lực cắt, kết cấu chịu tải trọng lặp và loại bê tông sử dụng.

So sánh ta thấy rằng môđun đàn hồi của cốt thép giữa hai tiêu chuẩn về cơ bản là giống nhau.

3.2.3. Các loại vật liệu thép đang được sử dụng phổ biến trên thị trường Việt Nam hiện nay

Các thông số đặc trưng về vật liệu thép của nhà sản xuất thông tin đến khách hàng được thống kê trong bảng 12. Theo đó các nhà sản xuất cốt thép bê tông đều nêu ra các yêu cầu về đặc tính kỹ thuật theo các tiêu chuẩn qui định. Tuy nhiên các nhà sản xuất phụ thuộc vào công nghệ sẵn có và khả năng của nhà máy mà họ có thể đáp ứng được một số tiêu chuẩn trong nước và quốc tế.

Bảng 12. Các nhà sản xuất thép cốt bê tông phổ biến và các tiêu chuẩn sản xuất áp dụng

Số nhà sản xuất đáp ứng tiêu chuẩn	Nhà sản xuất	Tiêu chuẩn áp dụng	Mác thép	Đặc trưng cơ lý		
				Giới hạn chảy (N/mm ²)	Giới hạn bền (N/mm ²)	Độ giãn dài tương đối (%)
4	Việt - Hàn, Hòa Phát, Nam Đô, Vạn Lợi	JIS G3505-1996 (Nhật Bản)	SWRM 6			
			SWRM 8			
			SWRM 10			
			SWRM 12			
			SWRM 15			
			SWRM 17			
			SWRM 20			
			SWRM 22			
6	Việt Ý, Hòa Phát, Việt Hàn(*), Nam Đô, Vạn Lợi, Việt Úc, Thái Nguyên	JIS G3112-1987 (2004*) (Nhật Bản)	SR 235	235 min	380-520	20 min (D<25) 24(22*) min (D≥25)
			SR 295	295 min	440-600	18 min (D<25) 20(19*) min (D≥25)
			SD 295A	295 min	440-600	16 min (D<25) 18(17*) min (D≥25)
			SD 295B	295-390	440 min	16 min (D<25) 18(17*) min (D≥25)
			SD 345	345-440	490 min	18 min (D<25) 20(19*) min (D≥25)
			SD 390	390-510	560 min	16 min (D<25) 18(17*) min (D≥25)
			SD 490	490-625	620 min	12 min (D<25) 14(13*) min (D≥25)
7	Việt Ý, Hòa Phát, Việt Hàn, Nam Đô, Vạn Lợi, Việt Úc, Thái Nguyên	TCVN 1651-1985 (Việt Nam)	CI	240 min	380 min	25 min
			CII	300 min	500 min	19 min
			CIII	400 min	600 min	14 min
			CIV	600 min	900 min	6 min
4	Việt Ý, Hòa Phát, Việt Hàn, Việt Úc	TCVN 6285-1997 (Việt Nam)	RB 300	300 min	330 min	16 min
			RB 400	400 min	440 min	14 min
			RB 500	500 min	550 min	14 min
			RB 400W	400 min	440 min	14 min
			RB 500W	500 min	550 min	14 min
4	Việt Ý, Hòa	BS 4449: 1997	Gr 250	250 min	(Rm/Re)min	22 min

	Phát, Việt Hàn, Việt Úc	(Anh Quốc)	Gr 460A	460 min	=1.15 (Rm/Re)min =1.05	12 min
			Gr 460B	460 min	(Rm/Re)min =1.08	14 min
5	Hòa Phát, Việt Hàn, Nam Đô, Vạn Lợi, Việt Úc	ASTM A615/A615M- 96a(06A)(01A) (Hoa Kỳ)	Grade 40	300 min	500 min	D10: 11 min D13,16,19:12min
			Grade 60	420 min	620 min	D10,13,16,19:9min D22,25: 8min D29,32:7min
1	Thái Nguyên	ASTM A615/A615M-04b (Hoa Kỳ)	Mác 40	280 min	420 min	D10: 11 min D13,16,19: 12 min
			Mác 60	420 min	620 min	D10,13,16,19:9min D22,25: 8min D29,32,36,43,57:7m in
			Mác 75	520 min	690 min	D19,22,25: 7 min D29,32,36,43,57:6m in

3.2.4. Kết luận

- Xét các quy định của EN 1998-1:2004[1] về tính năng các loại thép có thể sử dụng cho các kết cấu kháng chấn, kiến nghị các loại cốt thép chịu lực sử dụng cho các công trình được thiết kế kháng chấn theo tiêu chuẩn Việt Nam là loại cốt thép RB 400 và RB 500 tương đương như cốt thép FeE 400 và FeE 500 của Pháp hoặc loại cốt thép C-II và C-III (hoặc các loại cốt thép khác tương đương nhập ngoại A-II và A-III);

- Đồ thị ứng suất – biến dạng dùng trong tính toán của các loại cốt thép RB 400 và RB 500 (cũng như C-II và C-III) sẽ có dạng tương tự như của loại cốt thép FeE 400 và FeE 500 của Pháp (xem hình 6);

- Cường độ tính toán của các loại cốt thép RB 400 và RB 500 đều thấp hơn so với cốt thép FeE 400 và FeE 500 của Pháp và theo quy định của EN 1998-1. Kiến nghị trong thiết kế kháng chấn ở Việt Nam nên ưu tiên sử dụng cốt thép RB 400 (C-III) là cốt dọc chịu lực.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Tiêu chuẩn Châu Âu Eurocode EN 1992-1-1:2004 “Thiết kế kết cấu bê tông và bê tông cốt thép”. Bản dịch và chú giải của TS. Nguyễn Trung Hoà, NXB Xây dựng, Hà Nội, 2007.
2. TCXDVN 356:2005 “Kết cấu bê tông và bê tông cốt thép” – Tiêu chuẩn thiết kế. NXB xây dựng.
3. TCXDVN 375:2006. “Thiết kế công trình chịu động đất” - Tiêu chuẩn thiết kế. NXB xây dựng, Hà Nội, 2007.
4. Eurocode 8.
5. NGUYỄN LÊ NINH. Động đất và thiết kế công trình chịu động đất. Nhà xuất bản Xây dựng, Hà nội, 2007.
6. A.W. Beeby and R.S. Narayanan. Designers – handbook to Eurocode 2. Part 1.1: Design of concrete structures. Thomas Telford, London, 1995.
7. EN 1992-1-1:2004. Eurocode 2: Design of concrete structures - Part 1-1: General rules and rules for buildings.