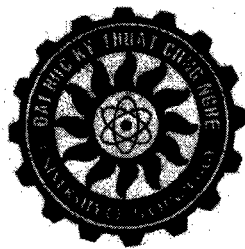


**BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO
TRƯỜNG ĐẠI HỌC KỸ THUẬT CÔNG NGHỆ
KHOA KỸ THUẬT CÔNG TRÌNH**



BÀI GIẢNG MÔN HỌC
BÊ TÔNG CỐT THÉP 1

ThS. NGUYỄN HỮU ANH TUẤN

TP.HCM, 03/2007

MỤC LỤC

	Trang
CHƯƠNG 1. KHÁI NIỆM CHUNG	4
1.1 Thế Nào Là Bê tông Cốt Thép.....	4
1.2 Phân Loại Bê tông Cốt Thép.....	5
1.3 Ưu, Nhược Điểm Và Phạm Vi Sử Dụng.....	6
CHƯƠNG 2. TÍNH CHẤT CƠ LÝ CỦA VẬT LIỆU	7
2.1 Bê tông.....	7
2.2. Cốt Thép.....	12
2.3. Bê tông Cốt Thép.....	15
CHƯƠNG 3. NGUYÊN LÝ TÍNH TOÁN VÀ CẤU TẠO	18
3.1. Tải Trọng Và Tác Động.....	18
3.2. Cường Độ Tiêu Chuẩn Và Cường Độ Tính Toán.....	19
3.3 Phương Pháp Tính Toán Kết Cấu Bê tông Cốt Thép.....	21
3.4 Nguyên Tắc Cấu Tạo Bê tông Cốt Thép.....	24
CHƯƠNG 4. CẤU KIỆN CHỊU UỐN	27
4.1. Đặc Điểm Cấu Tạo.....	27
4.2 Sự Làm Việc Của Cấu Kiến Chịu Uốn.....	29
4.3 Tính Toán Cấu Kiến Chịu Uốn Có Tiết Diện Chữ Nhật Theo Cường Độ Trên Tiết Diện Thẳng Góc.....	32
4.4 Cấu Kiến Chịu Uốn Có Tiết Diện Chữ T.....	38
4.5 Tính Toán Cường Độ Trên Tiết Diện Nghiêng.....	41
CHƯƠNG 5. KẾT CẤU SÀN	49
5.1 Khái Niệm Chung.....	49
5.2 Sàn Sườn Toàn Khối Có Bản Loại Dầm.....	52
5.3 Sàn Sườn Toàn Khối Có Bản Kê Bốn Cạnh.....	64
5.4 Sàn Sườn Lắp Ghép (Panen Đúc Sẵn).....	72
5.5 Sàn Không Dầm.....	75
CHƯƠNG 6. CẤU KIỆN CHỊU UỐN – XOẮN	83
6.1 Khái Niệm Chung.....	83
6.2 Đặc Điểm Cấu Tạo.....	83
6.3. Tính Cấu Kiến Chịu Uốn-Xoắn Có Tiết Diện Chữ Nhật.....	84
CHƯƠNG 7. CẤU KIỆN CHỊU NÉN VÀ CẤU KIỆN CHỊU KÉO	87
A. CẤU KIỆN CHỊU NÉN	87
7.1. Cấu Tạo Cấu Kiến BTCT Chịu Nén.....	88
7.2 Tính Toán Cấu Kiến Chịu Nén Đứng Tâm.....	91
7.3 Cấu Kiến Chịu Nén Lệch Tâm.....	92
B. CẤU KIỆN CHỊU KÉO	99
7.4 Khái Niệm Chung Và Cấu Tạo.....	99
7.5 Tính Toán Cấu Kiến Chịu Kéo Đứng Tâm.....	100
7.6 Tính Toán Cấu Kiến Chịu Kéo Lệch Tâm Có Tiết Diện Chữ Nhật.....	100

CHƯƠNG 8. TÍNH TOÁN CẤU KIỆN BÊTÔNG CỐT THÉP	
THEO TRẠNG THÁI GIỚI HẠN THỨ HAI.....	103
8.1. Tính Độ Vồng Của Cấu Kiến Chịu Uốn.....	103
8.2. Tính Bề Rộng Khe Nứt	107
CÁC VÍ DỤ VÀ BÀI TẬP.....	109
A. Cấu Kiến Chịu Uốn	109
B. Cấu Kiến Chịu Uốn- Xoắn.....	121
C. Cấu Kiến Chịu Nén, Cấu Kiến Chịu Kéo.....	122
D. Sàn.....	128
E. Tính Toán Theo Nhóm Trạng Thái Giới Hạn Thứ Hai.....	132
<i>Tài Liệu Tham Khảo.....</i>	<i>133</i>

KHÁI NIỆM CHUNG

1.1 THỂ NÀO LÀ BÊTÔNG CỐT THÉP

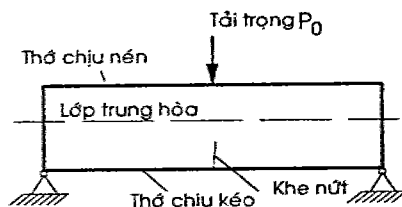
1.1.1 KHÁI QUÁT

Bê tông cốt thép (BTCT) là một loại vật liệu xây dựng phức hợp do bê tông và cốt thép cùng cộng tác chịu lực với nhau. Ta thử so sánh một vài tính chất của bê tông và cốt thép qua bảng sau:

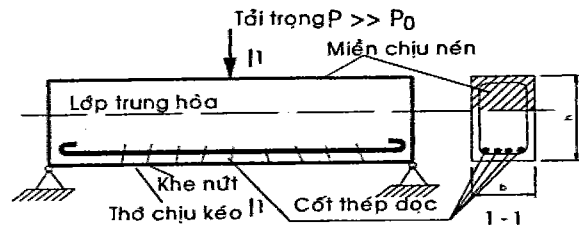
Đặc trưng	Bê tông	Cốt thép
Khả năng chịu kéo	kém	Tốt
Khả năng chịu nén	tốt	tốt, nhưng những thanh thép mảnh thì dễ bị oằn
Khả năng chịu cắt	trung bình	tốt
Độ bền	tốt	Bị ăn mòn nếu không được bảo vệ
Chịu lửa	tốt	kém, khả năng chịu lực giảm nhanh ở nhiệt độ cao

Đặt cốt thép vào bê tông để tăng cường khả năng chịu lực cho kết cấu, từ đó sinh ra bê tông cốt thép.

- Đặt cốt thép vào vùng kéo. Dầm BTCT có thể chịu lực nhiều hơn dầm BT có cùng kích thước đến hàng chục lần (hình 1.1).

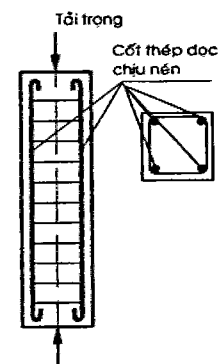


Hình 1.1a. Dầm BT (không cốt thép) chịu uốn – khả năng chịu lực rất kém vì BT chịu kéo rất tồi



Hình 1.1b. Dầm BTCT chịu uốn tốt với cốt thép dọc đặt trong miền chịu kéo

- Đặt cốt thép vào vùng nén (hình 1.2): tăng khả năng chịu lực, giảm kích thước tiết diện. Cốt thép ngoài tác dụng chịu kéo còn tham gia chịu nén cùng bê tông. Sức chịu nén của cốt thép cũng tốt bằng sức chịu kéo, và gấp nhiều lần so với bê tông.



Hình 1.2. Cốt thép đặt trong cấu kiện chịu nén

1.1.2 CÁC LÝ DO ĐỂ BÊTÔNG VÀ CỐT THÉP CÓ THỂ CÙNG CỘNG TÁC CHỊU LỰC

- Bê tông và cốt thép dính chặt với nhau. Nhờ có lực dính mà có thể truyền lực từ bê tông sang cốt thép và ngược lại, từ đó có thể khai thác được cường độ cốt thép, hạn chế bề rộng khe nứt trong vùng kéo.
- Giữa bê tông và cốt thép không xảy ra phản ứng hóa học, bê tông còn bảo vệ cốt thép chống lại các tác nhân ăn mòn của môi trường.
- Hệ số giãn nở nhiệt của bê tông và cốt thép gần bằng nhau. Khi nhiệt độ thay đổi ($< 100\%$) thì trong cấu kiện không xuất hiện nội ứng suất đáng kể, không làm mất lực dính.

1.2 PHÂN LOẠI BÊTÔNG CỐT THÉP

1.2.1 THEO PHƯƠNG PHÁP THI CÔNG

Bê tông cốt thép toàn khối

- Ghép ván khuôn, đặt cốt thép và đổ bê tông ngay tại vị trí thiết kế của kết cấu.
- Ưu điểm: độ cứng lớn, chịu tải trọng động tốt, hình thức kết cấu đa dạng theo yêu cầu của kiến trúc.
- Nhược điểm: tốn ván khuôn, cây chống; thi công phụ thuộc thời tiết, nhiều công đoạn, thời gian kéo dài ...
- Hiện nay BTCT toàn khối được sử dụng rộng rãi nhờ các tiến bộ trong việc sản xuất bê tông tươi cung cấp cho các công trình (bơm lên cao, xuống thấp), kỹ thuật ván khuôn tấm lớn, ván khuôn trượt, ván khuôn leo .. góp phần rút ngắn thời gian thi công.

Bê tông cốt thép lắp ghép

- Các cấu kiện riêng biệt được chế tạo sẵn tại nhà máy (hoặc tại bãi đúc ở công trường), được vận chuyển tới công trường, sau đó tiến hành lắp ghép bằng cần cẩu...
- Ưu điểm: chất lượng cấu kiện được bảo đảm, thời gian thi công nhanh, ít tốn ván khuôn, cây chống.
- Nhược điểm: độ cứng kém hơn, phải giải quyết mối nối; số lượng cấu kiện phải lớn thì mới kinh tế vì phải đầu tư cho việc chế tạo; kiến trúc khó phong phú.

Bê tông cốt thép bán lắp ghép

- Các cấu kiện chưa hoàn chỉnh được chế tạo sẵn, khi lắp ghép thì đặt thêm cốt thép, ghép thêm ván khuôn và đổ tại chỗ phần còn lại cùng với mối nối.
- Một hình thức bán lắp ghép khác là: trong công trình có nhiều cấu kiện, thì một số cấu kiện được thi công tại chỗ (móng, khung ..), một số cấu kiện lắp ghép (tấm sàn, tấm mái, dầm phụ, vì kèo ..).

1.2.2 THEO TRẠNG THÁI ỨNG SUẤT KHI CHẾ TẠO VÀ SỬ DỤNG

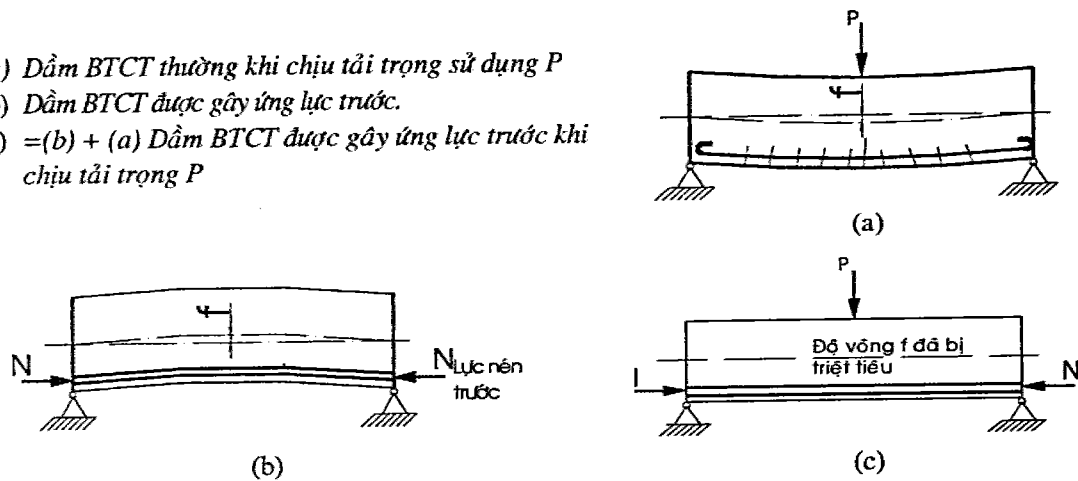
Bê tông cốt thép thường

Khi chế tạo cấu kiện, cốt thép ở trạng thái không có ứng suất.

Bê tông cốt thép ứng lực trước

Trong khi chế tạo cấu kiện, người ta căng cốt thép để nén vùng bê tông chịu kéo do tải trọng gây ra, nhằm triệt tiêu hay hạn chế ứng suất kéo và khe nứt.

- (a) Dầm BTCT thường khi chịu tải trọng sử dụng P
 (b) Dầm BTCT được gây ứng lực trước.
 (c) $= (b) + (a)$ Dầm BTCT được gây ứng lực trước khi chịu tải trọng P



Hình 1.3 Dầm BTCT thường và BTCT ứng lực trước

1.3. ƯU, NHƯỢC ĐIỂM VÀ PHẠM VI SỬ DỤNG

1.3.1 ƯU ĐIỂM

- Khả năng chịu lực lớn (so với gỗ, gạch đá), chịu tốt các tải trọng động.
- Bền vững, bảo dưỡng ít tốn kém.
- Chịu lửa tốt.
- Có khả năng tạo ra các hình dáng kết cấu khác nhau, đáp ứng yêu cầu đa dạng của kiến trúc (vòm, vỏ mỏng không gian, ...)

1.3.2 NHƯỢC ĐIỂM

- Dễ có khe nứt tại vùng kéo $\rightarrow$ khắc phục bằng cách dùng bê tông cốt thép ứng lực trước, có biện pháp tính toán và thi công hợp lý để hạn chế khe nứt, bảo đảm điều kiện sử dụng bình thường.
- Cách âm, cách nhiệt kém $\rightarrow$ khắc phục bằng cách sử dụng kết cấu có lỗ rỗng.
- Thi công bê tông cốt thép toàn khối tương đối phức tạp.
- Trọng lượng bản thân lớn, khó làm kết cấu nhịp lớn $\rightarrow$ khắc phục bằng cách dùng bê tông cốt thép ứng lực trước, kết cấu vỏ mỏng ...

Đánh giá trọng lượng kết cấu

Kết cấu	γ (kg/cm ³)	R_n (kg/cm ²)	$c = \gamma/R_n$
BTCT	2500×10^{-6}	90	$27,8 \times 10^{-6}$
Thép	7850×10^{-6}	2100	$3,7 \times 10^{-6}$
Gỗ	800×10^{-6}	150	$5,3 \times 10^{-6}$

1.3.3 PHẠM VI SỬ DỤNG

Bê tông cốt thép được sử dụng rộng rãi trong tất cả các ngành xây dựng: xây dựng dân dụng, công nghiệp, xây dựng giao thông _ thủy lợi, xây dựng quốc phòng, vv...

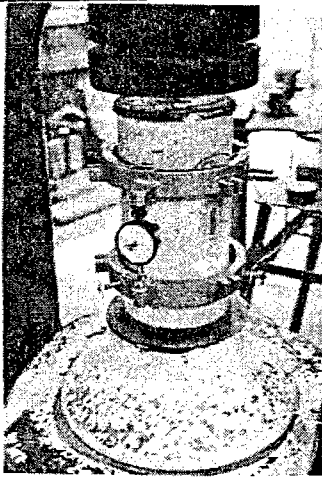
Chương 2

TÍNH CHẤT CƠ LÝ CỦA VẬT LIỆU

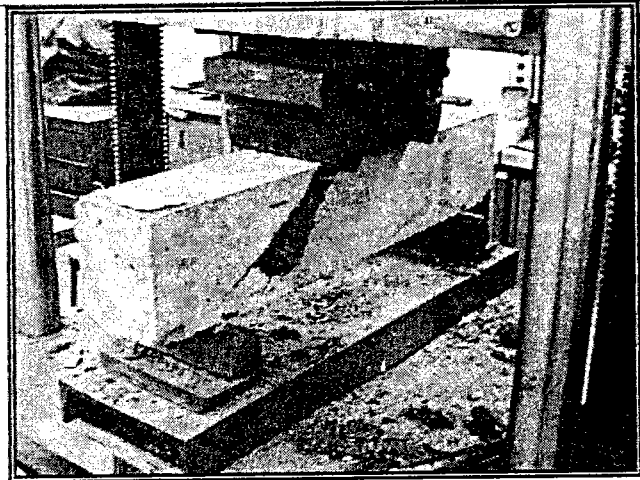
2.1 BÊTÔNG

2.1.1 CƯỜNG ĐỘ CỦA BÊTÔNG

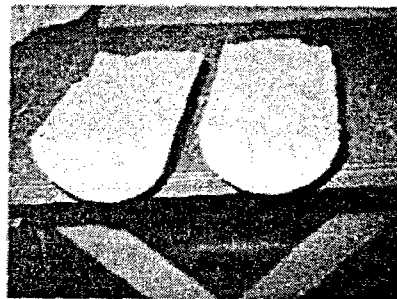
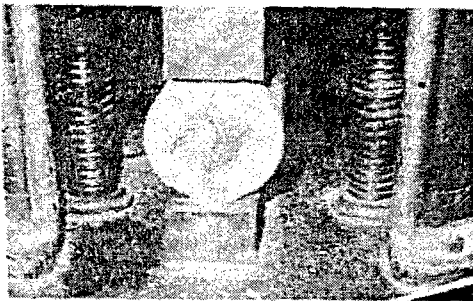
Cường độ là đặc trưng cơ bản của bê tông, phản ánh khả năng chịu lực của nó .



Nén mẫu hình trụ



Uốn mẫu



Nén chẻ mẫu trụ tròn (splitting test)

Hình 2.1 Một số hình ảnh thí nghiệm mẫu bê tông

a. Thí nghiệm xác định cường độ chịu nén

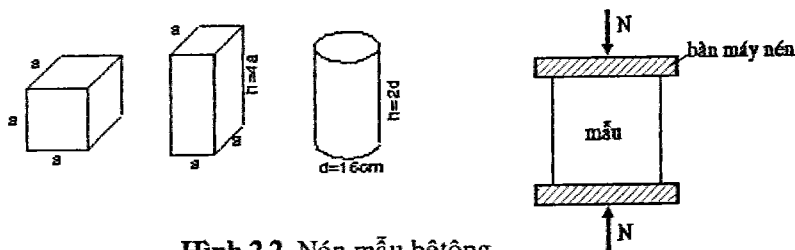
Thí nghiệm nén mẫu khối vuông ($a=10; 15; 20\text{cm}$), khối lăng trụ đáy vuông hoặc trụ tròn (hình 2.2). Gọi N là lực phá hoại mẫu và F là diện tích tiết diện mẫu.

Cường độ chịu nén của mẫu khối vuông là

$$R_n = \frac{N}{F}$$

Bê tông thông thường có $R_n = 100 \div 600 \text{ kg/cm}^2$.

Với mẫu khối lăng trụ thì cường độ là $R_{on} = (0,7 \div 0,8) R_n$



Hình 2.2 Nén mẫu bê tông

b. Thí nghiệm xác định cường độ chịu kéo

$$\text{Thí nghiệm kéo } R_k = \frac{N_k}{F}$$

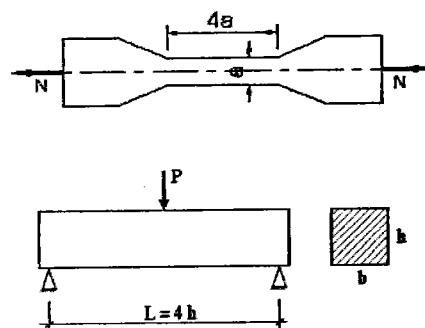
$$\text{Thí nghiệm uốn } R_k = \frac{M}{\gamma W} = \frac{3,5M}{bh^2}$$

N_k, M – lực kéo, moment uốn làm phá hoại mẫu

Trong đó $W = \frac{bh^2}{6}$ và hệ số $\gamma = 1,7$ kể đến dạng

đường cong của biểu đồ ứng suất vùng kéo do biến dạng dẻo.

Thông thường, $R_k = 10 \div 40 \text{ kG/cm}^2$



Hình 2.3 Thí nghiệm kéo và uốn mẫu bê tông

c. Các nhân tố ảnh hưởng đến cường độ của bê tông

Thành phần bê tông

• **Xi măng** : cường độ xi măng tăng thì cường độ bê tông cũng tăng; tuy nhiên, việc dùng loại và mác xi măng nào là tùy vào yêu cầu đề ra cho bê tông. Thông thường 1m^3 bê tông cần $250 \div 500 \text{ kg}$ xi măng. Khi cần có bê tông cường độ cao thì nên dùng xi măng mác cao với số lượng hợp lý.

• **Tỷ lệ N/X** : thường dùng $N/X = 0,4 \div 0,7$. Khi tăng tỷ lệ N/X thì cường độ và độ đặc chắc của bê tông bị giảm và biến dạng do co ngót tăng.

• **Cốt liệu (cát, đá, sỏi)** :

- Yêu cầu cốt liệu sạch và ít tạp chất (sét bụi, mùn rác). Lượng tạp chất trong cát, đá phải nằm trong giới hạn cho phép, vì tạp chất sẽ làm giảm lực dính giữa cốt liệu và xi măng.

- Cốt liệu có bề mặt nhám, xù xì thì sẽ dính kết tốt với xi măng.

Chất lượng của việc nhào trộn, độ đầm chắc của hỗn hợp bê tông khi đổ khuôn và điều kiện bảo dưỡng

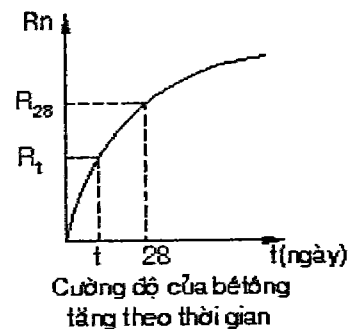
- Trộn vữa bê tông phải tiến hành liên tục, đầm phải chặt và kỹ để bảo đảm hỗn hợp đồng nhất.
- Điều kiện thuận lợi để bê tông đông cứng ngoài trời: nhiệt độ $t = 15 \div 25^\circ\text{C}$; độ ẩm $W = 80 \div 90\%$ (khi đó bê tông dùng xi măng portland sẽ đạt được cường độ thiết kế

sau 28 ngày). Nếu tăng nhiệt độ và độ ẩm thì quá trình đông cứng sẽ rút ngắn rất nhiều, nếu được xử lý bằng hơi nước có áp lực và nhiệt độ cao thì thời gian đông cứng còn ngắn nữa.

- Sau khi đúc bê tông xong, phải thường xuyên tưới ẩm bề mặt cấu kiện; nếu không, nước trong lòng bê tông sẽ thoát ra nhanh gây co ngót.

Sự tăng cường độ bê tông theo thời gian

- Cường độ bê tông tăng theo tuổi của nó nếu như các điều kiện về nhiệt độ, độ ẩm khi bê tông đông cứng được đảm bảo.
- Nếu dùng xi măng portland, cường độ bê tông tăng nhanh trong giai đoạn đầu của quá trình đông cứng và thường bê tông đạt cường độ thiết kế sau 28 ngày. Trong điều kiện thuận lợi (nhiệt độ, độ ẩm cao) sự tăng cường độ có thể kéo dài trong nhiều năm, còn trong điều kiện khô hanh hoặc nhiệt độ thấp thì sự tăng cường độ theo thời gian sau này là không đáng kể.



Hình 2.4

- Có thể xác định cường độ bê tông khi $t=7 \div 300$ ngày theo công thức (Nga) :

$$R_t = 0,7 \times R_{28} \times \lg t$$

ví dụ, sau 7 ngày $R_7 = 0,7 \times R_{28} \times \lg 7 = 59\% R_{28}$

sau 14 ngày $R_{14} = 0,7 \times R_{28} \times \lg 14 = 80\% R_{28}$

Viện nghiên cứu bê tông Mỹ (ACI) thì đề nghị công thức :

$$R_t = R_{28} \frac{t}{a + bt}$$

trong đó $a=4$ và $b=0,85$ cho bê tông dùng xi măng thông thường.

Điều kiện thí nghiệm

- Khi bị nén, ngoài biến dạng theo phương lực tác dụng, bê tông còn bị nở ngang, và sự nở ngang quá mức sẽ làm bê tông bị phá vỡ.
- Nếu không bôi trơn mặt tiếp xúc giữa mẫu thí nghiệm và mặt đáy của máy nén thì sẽ có lực ma sát làm cản trở sự nở ngang, lúc đó cường độ của mẫu sẽ tăng so với khi bôi trơn mặt tiếp xúc bằng dầu (làm mất lực ma sát). Lực ma sát giảm dần từ mặt tiếp xúc đến khoảng giữa mẫu, do đó :

$$R_{\text{mẫu vuông bé}} > R_{\text{mẫu vuông lớn}} \text{ và } R_{\text{mẫu vuông}} > R_{\text{on mẫu lăng trụ}}$$

- Tốc độ gia tải quy định là $2 \text{ kg/cm}^2/\text{giây}$, và cường độ đạt được là R . Khi gia tải rất nhanh thì cường độ có thể đạt $(1,15 \div 1,2)R$; còn khi gia tải rất chậm thì cường độ chỉ đạt khoảng $(0,85 \div 0,9)R$.

2.1.2 MÁC BÊ TÔNG

a. Mác theo cường độ chịu nén (M) :

Lấy bằng cường độ chịu nén trung bình (kg/cm^2) của mẫu khối vuông $a=15\text{cm}$, tuổi 28 ngày, được dưỡng hộ và thí nghiệm trong điều kiện tiêu chuẩn.

Bê tông nặng : M100, M150, M200, M250, M300, M350, M400, ...

Bê tông nhẹ : M50, M75, M100, ...

Trong kết cấu BTCT, dùng mác bê tông không nhỏ hơn 150 (200).

b. Mác theo cường độ chịu kéo (K):

Lấy bằng cường độ chịu kéo (kG/cm^2) của mẫu thử tiêu chuẩn.

Ví dụ: K10, K15, K20, ...

c. Mác theo khả năng chống thấm (T) :

Lấy bằng áp suất lớn nhất (atm) mà mẫu chịu được để nước không thấm qua .

Ví dụ : T2, T4, T8, ...

2.1.3 BIẾN DẠNG CỦA BÊ TÔNG

a. Biến dạng do co ngót

- Co ngót là hiện tượng bê tông giảm thể tích khi khô cứng trong không khí, do sự biến đổi lý hóa của quá trình thủy hóa xi măng, do nước bay hơi.
- Trong một khối bê tông, sự co ngót xảy ra không đều. Nó bắt đầu từ bề mặt cấu kiện rồi lan dần vào bên trong cấu kiện cùng với quá trình nước bị tiêu tốn cho việc đông cứng của bê tông và bốc hơi qua các lỗ rỗng. Do đó các lớp bê tông phía ngoài (khô hơn) sẽ bị co ngót nhiều hơn các lớp phía trong.
- Ứng suất do co ngót có thể làm xuất hiện các vết nứt → cần hạn chế độ co ngót.
- Các nhân tố chính ảnh hưởng đến co ngót :
 - o Trong môi trường khô, co ngót lớn hơn trong môi trường ẩm
 - o Độ co ngót tăng lên khi dùng nhiều xi măng, dùng xi măng có hoạt tính cao, khi tăng tỷ lệ N/X, khi dùng cốt liệu có độ rỗng, dùng chất phụ gia ...
- Biên pháp hạn chế co ngót :
 - Chọn thành phần bê tông thích hợp, đầm chặt, giữ ẩm trong giai đoạn đầu.
 - Làm khe co giãn trong kết cấu (ví dụ sênô) và tạo mạch ngừng khi thi công.
 - Đặt thép cấu tạo (thép dọc cấu tạo, lưới thép $\phi 6$) ở những nơi cần thiết.

b. Biến dạng do nhiệt độ

- Nhiệt độ tăng (hay giảm) thì thể tích bê tông cũng bị tăng (hay giảm).
- Hệ số giãn nở vì nhiệt trung bình của bê tông là $\alpha_b = 1 \times 10^{-5} / \text{độ C}$.

c. Biến dạng do tải trọng tác dụng ngắn hạn

Khảo sát đường cong quan hệ giữa ứng suất-biến dạng của bê tông khi chịu nén :

- *khi σ còn thấp* : quan hệ ($\sigma - \epsilon$) gần như tuyến tính. Bê tông làm việc như vật liệu đàn hồi, nếu dỡ bỏ tải trọng thì biến dạng sẽ được phục hồi hoàn toàn.
- *khi gia tải đến một mức nào đó*: bê tông làm việc như vật liệu dẻo, nếu dỡ bỏ tải trọng thì biến dạng sẽ không được phục hồi hoàn toàn :

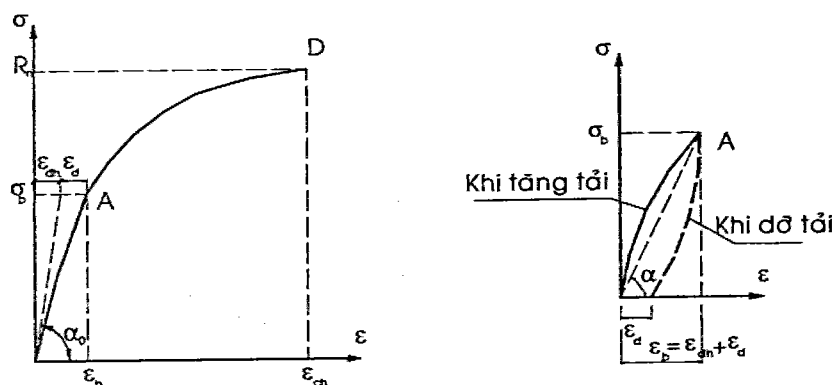
+phần biến dạng được phục hồi gọi là biến dạng đàn hồi ϵ_{dh}

+phần biến dạng còn lại là biến dạng dẻo (biến dạng dư) ϵ_d

Ta có $\epsilon = \epsilon_{dh} + \epsilon_d$, và tỷ số $\nu = \epsilon_{dh} / \epsilon$ gọi là *hệ số đàn hồi*.

Ở giai đoạn phá hoại, biến dạng dẻo chiếm phần lớn.

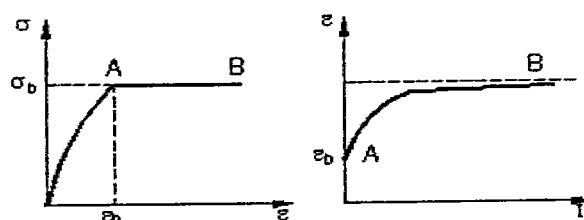
✶ Vậy, Bê tông không phải là vật liệu đàn hồi hoàn toàn, nó là vật liệu đàn hồi-dẻo.



Hình 2.5. Quan hệ ứng suất- biến dạng của bê tông

d. Biến dạng do tải trọng tác dụng dài hạn - Từ biến

- Từ biến : là hiện tượng biến dạng tiếp tục phát triển trong khi giữ nguyên tải trọng tác dụng trong thời gian dài.
- Khi ứng suất σ_b nhỏ (khoảng 60-70% cường độ giới hạn) thì biến dạng từ biến là có giới hạn. Nhưng khi σ_b gần với cường độ giới hạn thì biến dạng từ biến phát triển không ngừng $\rightarrow$ kết cấu bị phá hoại.



Hình 2.6. Từ biến của bê tông

- Một số yếu tố ảnh hưởng đến từ biến :
 - o Biến dạng từ biến tăng khi ứng suất tỷ đối σ/R tăng.
 - o Biến dạng từ biến tăng khi N/X lớn, khi độ cứng cốt liệu nhỏ .
 - o Biến dạng từ biến giảm khi dùng xi măng mác cao, khi môi trường ẩm, khi tuổi của bê tông cao.
- Một số đặc điểm của từ biến :
 - o Biến dạng cuối cùng có thể gấp 3÷4 lần biến dạng đàn hồi do tải trọng tác dụng ngắn hạn.
 - o Nếu tải trọng được dỡ bỏ, chỉ có biến dạng đàn hồi tức thời được phục hồi, còn biến dạng dẻo thì không.
 - o Có sự phân bố lại nội lực giữa bê tông và cốt thép. Theo thời gian, ứng suất trong cốt thép tăng lên do đó cốt thép chịu thêm được tải trọng lớn hơn.

- Bố trí cốt thép trong vùng nén của cấu kiện chịu uốn cũng góp phần hạn chế độ võng do từ biến.

e. Môđun đàn hồi, môđun biến dạng, môđun chống cắt của bê tông

- **Môđun đàn hồi ban đầu E_b**

Khi bê tông chịu nén, trong giai đoạn đàn hồi ta có $E_b = \frac{\sigma_b}{\varepsilon_{dh}} = \frac{\sigma_b}{\varepsilon_{dh}}$

Ví dụ: bê tông M200 có $E_b = 2,4 \times 10^5 \text{ kG/cm}^2$; bê tông M250 có $E_b = 2,65 \times 10^5 \text{ kG/cm}^2$ trong điều kiện khô cứng tự nhiên,

- **Môđun biến dạng (hay môđun đàn hồi dẻo) E'_b**

Khi tải trọng tác dụng lâu dài sẽ làm cho biến dạng dẻo phát triển, quan hệ giữa ứng suất và biến dạng có dạng đường cong.

Môđun biến dạng của bê tông là $E'_b = \frac{\sigma_b}{\varepsilon_b} = \nu \frac{\sigma_b}{\varepsilon_{dh}} = \nu E_b$

(ν – hệ số đàn hồi của bê tông)

- **Môđun chống cắt (trượt) G_b**

$$G_b = \frac{E_b}{2(1 + \mu)} \approx 0,4E_b$$

với μ là hệ số biến dạng ngang (hệ số poisson) của bê tông. Lấy $\mu = 0,2$.

2.2. CỐT THÉP

2.2.1 CÁC LOẠI CỐT THÉP DÙNG TRONG BÊ TÔNG CỐT THÉP

a. Theo thành phần hóa học

• **Thép cacbon** : CT3 (hàm lượng cacbon là 3‰), CT5 (hàm lượng cacbon là 5‰).

Hàm lượng C càng nhiều thì cường độ thép tăng nhưng đồng thời thép càng giòn.

(Ví dụ, CT3 có $R_a = 2100 \text{ kG/cm}^2$; CT5 có $R_a = 2700 \text{ kG/cm}^2$)

• **Thép hợp kim thấp** : thêm các nguyên tố Mn, Si, Ti, Cr ... nhằm nâng cao cường độ (có thể đạt $R_a = 4500 \div 6000 \text{ kG/cm}^2$) và cải thiện một số tính chất của thép, ví dụ: tăng độ bền chống gỉ.

b. Theo cách gia công, chế tạo

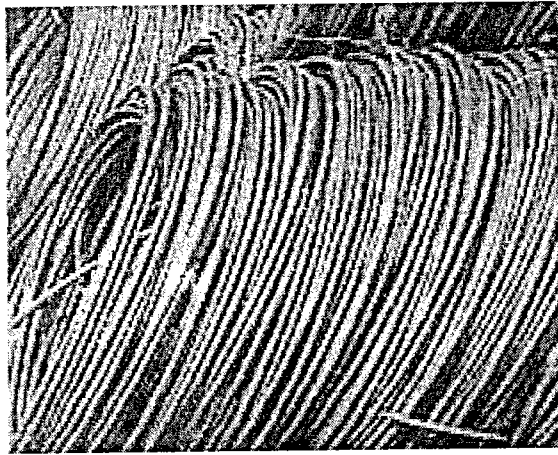
• **Cốt cán nóng** : cốt cán nóng $\phi \geq 10$ được sản xuất thành từng thanh dài $\leq 13\text{m}$ (thực tế mỗi thanh thép thường dài 11,7m), cốt cán nóng $\phi < 10$ được sản xuất thành cuộn (mỗi cuộn có trọng lượng dưới 500 kG).

• **Sợi thép kéo nguội** : ($\phi = 3 \div 8 \text{ mm}$) gia công không qua lửa. Sợi thép được đập dẹt đầu, chuốt qua các khuôn có đường kính nhỏ dần, làm tăng cường độ, nhưng lại giảm độ dẻo của cốt thép.

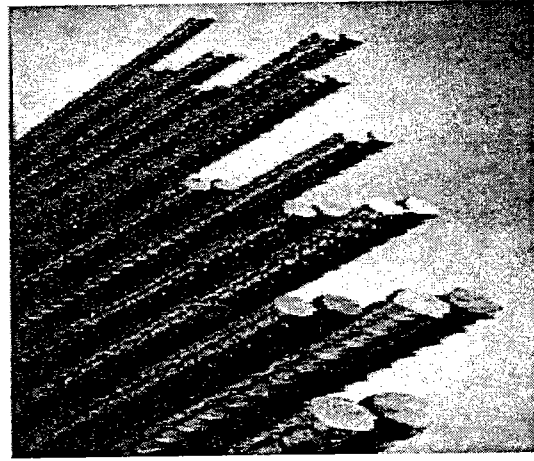
c. Theo hình thức mặt ngoài

-Thép trơn trơn, thép trơn có gân (tăng độ dính bám của cốt thép với bê tông).

-Kết cấu BTCT còn dùng *cốt cứng* là các thép hình (I, C, L) khi kết cấu chịu tải trọng lớn (nhà cao tầng...), cốt cứng còn chịu lực khi thi công.

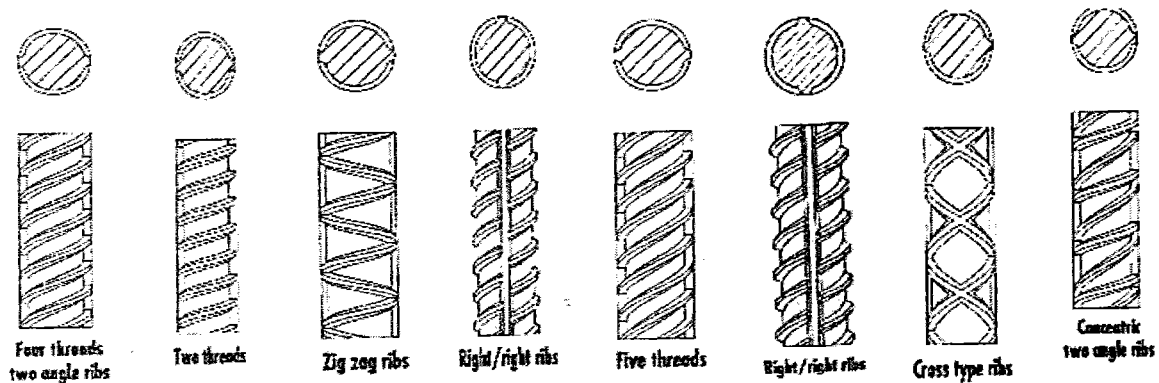


(a) Cốt thép trơn trơn CI



(b) Cốt thép có gân (gờ) CII, CIII, CIV

Hình 2.7 Minh họa một số loại cốt thép có trên thị trường Việt Nam



Hình 2.8 Một số hình dạng gân của cốt thép có gân (gờ)

2.2.2 MỘT SỐ TÍNH CHẤT CƠ BẢN CỦA CỐT THÉP

a. Biểu đồ ứng suất-biến dạng

-Thí nghiệm kéo các mẫu và biểu đồ quan hệ σ - ϵ của một số loại thép, ta thấy :

- Phần đường thẳng ứng với giai đoạn đàn hồi, vật liệu tuân theo định luật Hooke ($\sigma = E\epsilon$). Trong giai đoạn đàn hồi, nếu dỡ bỏ tải trọng thì biểu đồ sẽ trở về đường cũ, đến gốc, biến dạng được phục hồi hoàn toàn.
- Phần nằm ngang và cong ứng với giai đoạn có biến dạng dẻo. Đoạn nằm ngang là *thêm chảy*, lúc này, thép đang ở trạng thái chảy dẻo: ϵ tăng trong khi σ không tăng.

Trong giai đoạn có biến dạng dẻo, nếu giảm tải (giảm σ) thì biểu đồ không trở về đường cũ, và khi $\sigma = 0$ thì vẫn còn biến dạng dư ϵ_d .

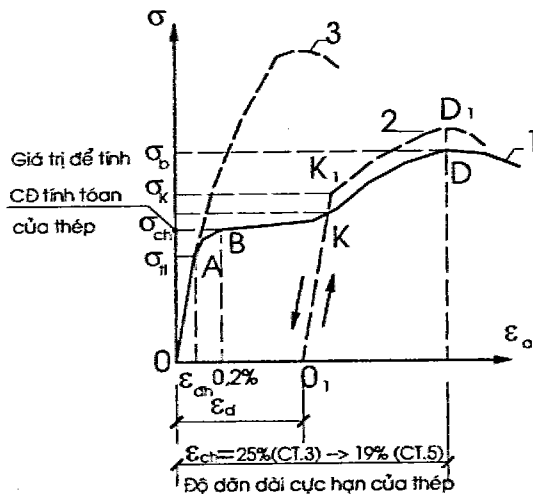
-Các giá trị giới hạn của ứng suất :

- Giới hạn đàn hồi (σ_{dh}) : lấy bằng ứng suất ở cuối giai đoạn đàn hồi.

- Giới hạn chảy (σ_{ch}) : lấy bằng ứng suất ở đầu giai đoạn chảy.
- Giới hạn bền (σ_b) : lấy bằng ứng suất lớn nhất thép chịu được trước khi bị kéo đứt.

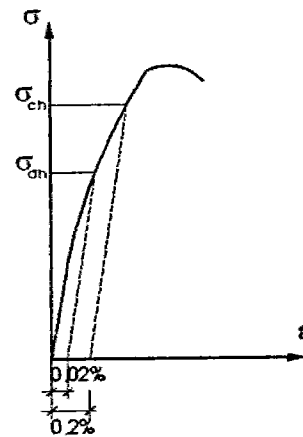
-Với các loại thép không có giới hạn đàn hồi và giới hạn chảy rõ ràng thì qui ước như sau :

- Giới hạn đàn hồi ứng với biến dạng dư tỷ đối $\varepsilon_d = 0,02\%$
- Giới hạn chảy ứng với biến dạng dư tỷ đối $\varepsilon_d = 0,2\%$



Hình 2.9 Sự làm việc của thép khi chịu kéo

- (1) Thép mềm
- (2) Thép mềm được gia cường bằng kéo nguội
- (3) Thép cứng, giòn



Hình 2.10 Giới hạn đàn hồi và giới hạn chảy quy ước

b. Cốt thép dẻo và cốt thép rắn

- Cốt thép dẻo : có thêm chảy rõ ràng, vùng biến dạng dẻo khá rộng, biến dạng cực hạn khá lớn (10 ÷ 25%). Ví dụ : thép cán nóng CT3, CT5 ...
- Cốt thép rắn : có giới hạn chảy không rõ ràng và gần bằng giới hạn bền, biến dạng cực hạn bé (3 ÷ 4%). Ví dụ : sợi thép cường độ cao .

c. Ảnh hưởng của nhiệt độ

- Thép bị nung nóng ở nhiệt độ cao: thay đổi cấu trúc kim loại, giảm cường độ và môđun đàn hồi. Khi để nguội trở lại thì cường độ không được hồi phục hoàn toàn.
- Khi chịu lạnh quá mức (dưới -30°C), thép trở nên giòn .
- Hệ số giãn nở vì nhiệt của thép $\alpha_1 = 1 \times 10^{-5} / \text{độ C}$.

2.2.3 PHÂN NHÓM CỐT THÉP

a. Theo TCVN (TCVN 3101:1979)

- 4 nhóm cốt thép cán nóng: cốt tròn trơn nhóm CI; cốt có gờ nhóm CII, CIII, CIV.
- Các loại dây thép cacbon thấp kéo nguội dùng làm cốt thép cho bê tông.

b. Theo các tiêu chuẩn khác

-Thép nhập của Nga có các nhóm AI, AII, AIII, AIV (tương đương với các nhóm CI, CII, CIII, CIV) ; ngoài ra còn có cốt thép thanh nhóm AV, AVI , dây thép kéo nguội BI và B_{PI} ...

- Theo giới hạn chảy : FeE230, FeE400, SR235, SD295, SD340, SD390, ...

- Thép Trung Quốc chia thành các cấp I, II, III, IV và các loại sợi kéo nguội.

c. Tương quan giữa mác thép và nhóm cốt thép

-Mác thép dựa vào thành phần hóa học và cách luyện thép, còn nhóm thép dựa vào đặc trưng cơ học.

-Đặc trưng cơ học là do thành phần và cách luyện thép quyết định. Ví dụ: cốt thép nhóm CI, AI được chế tạo từ thép than CT3, cốt nhóm CII, AII từ thép than CT5, cốt nhóm CIII, AIII từ thép hợp kim thấp, vv...

2.3. BÊTÔNG CỐT THÉP

2.3.1 LỰC DÍNH GIỮA BÊTÔNG VÀ CỐT THÉP

Lực dính bảo đảm sự làm việc chung, sự cùng biến dạng, sự truyền lực qua lại giữa bê tông và cốt thép .

a. Thí nghiệm xác định lực dính

Đổ bê tông ôm lấy một đoạn cốt thép có đường kính d.

Thí nghiệm kéo hoặc nén cho cốt thép tụt khỏi bê tông.

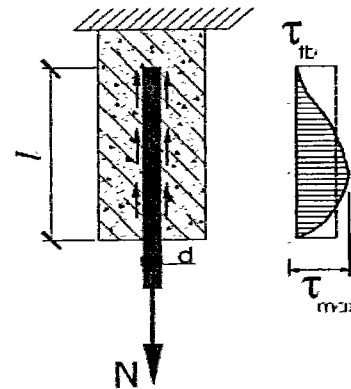
$$\text{Cường độ lực dính trung bình : } \tau_{tb} = \frac{N}{\pi dl}$$

N _ lực kéo (nén) làm tuột cốt thép

l _ chiều dài cốt thép chôn trong bê tông

d _ đường kính cốt thép

Lực dính không phân bố đều dọc chiều dài ngàm của thanh cốt thép : xem hình vẽ .



Hình 2.11

Thí nghiệm xác định lực dính

$$\text{Giá trị lực dính cực đại : } \tau_{\max} = \frac{\tau_{tb}}{\omega}$$

($\omega < 1$ là hệ số hoàn chỉnh biểu đồ lực dính)

b. Các nhân tố tạo nên lực dính

- o Nếu cốt thép có gờ, phần bê tông nằm dưới các gờ chống lại sự trượt của cốt thép.
- o Keo xi măng dán chặt cốt thép với bê tông.
- o Có lực ma sát giữa cốt thép và bê tông (do co ngót, bê tông ôm chặt lấy cốt thép) .

c. Các nhân tố ảnh hưởng đến lực dính

- o Trong cấu kiện chịu nén thì lực dính tốt hơn so với trong cấu kiện chịu kéo .

- Trong cấu kiện đúc theo phương đứng thì lực dính tốt hơn so với trong cấu kiện đúc theo phương nằm ngang.
- Chất lượng bê tông: bê tông dùng xi măng mác cao, bê tông có tỷ lệ N/X nhỏ thì cho lực dính cao.
- Bề mặt cốt thép: cốt thép gân có lực dính với bê tông tốt hơn so với cốt trơn trơn. Do đó, đối với cốt trơn thì phải uốn móc ở hai đầu, cốt thép gân thì không cần.

Công thức thực nghiệm: $\tau_{\max} = \frac{R_n}{m}$

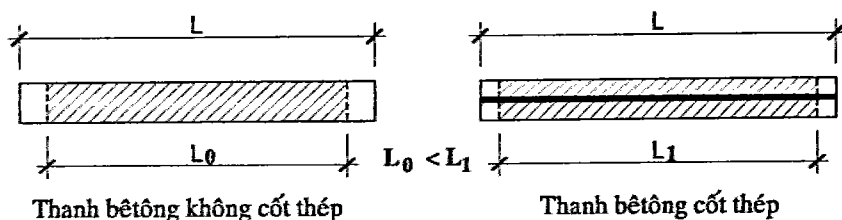
(cốt có gân: $m = 2 \div 3,5$; cốt trơn: $m = 3,6 \div 6$)

2.3.2 ỨNG SUẤT BAN ĐẦU DO BÊ TÔNG CO NGÓT

-Khảo sát một thanh bê tông không có cốt thép (thanh (a)), sau một thời gian thì thanh sẽ co lại một đoạn với biến dạng là ε_c

-Một thanh bê tông khác có cốt thép dọc theo trục thanh (thanh (b)), sau cùng một thời gian với thanh (a) thì thanh (b) sẽ co lại một đoạn ít hơn so với thanh (a), biến dạng $\varepsilon_1 < \varepsilon_c$

Như vậy, khi có cốt thép thì bê tông gây cho cốt thép một biến dạng nén là ε_1 và trong cốt thép có ứng suất nén $\sigma_a = \varepsilon_1 E_a$. Bê tông thì bị cốt thép cản trở sự co, tạo nên một biến dạng kéo $\varepsilon_2 = \varepsilon_c - \varepsilon_1$ và trong bê tông có ứng suất kéo $\sigma_{bk} = \nu \varepsilon_2 E_b$. Nếu σ_{bk} vượt quá giới hạn chịu kéo của bê tông thì bê tông sẽ bị nứt. Đó là vết nứt do co ngót.



Hình 2.12 Biến dạng do bê tông co ngót

2.3.3 SỰ PHÁ HOẠI VÀ HƯ HỎNG CỦA BTCT

a. Sự phá hoại do chịu lực

Bê tông và cốt thép cùng làm việc với nhau cho tới khi bị phá hoại.

- *Thanh chịu kéo*: sau khi bê tông nứt, toàn bộ lực kéo là do cốt thép chịu. Sự phá hoại bắt đầu khi ứng suất trong cốt thép đạt tới giới hạn chảy.
- *Thanh chịu nén*: sự phá hoại bắt đầu khi ứng suất trong bê tông đạt tới giới hạn cường độ chịu nén, bê tông bị nén vỡ.
- *Dầm chịu uốn*: sự phá hoại có thể bắt đầu khi ứng suất trong cốt thép vùng kéo đạt tới giới hạn chảy hoặc khi ứng suất trong bê tông vùng nén đạt tới giới hạn cường độ, vùng nén bị phá vỡ.

b. Sự hư hỏng do tác dụng của môi trường

* Nguyên nhân

- Tác dụng cơ học: mưa, dòng chảy ... → bào mòn bê tông.
- Tác dụng sinh học: rong rêu, hà, vi khuẩn ở sông biển → phá hoại bề mặt bê tông.

- Tác dụng hóa học : axit, muối, môi trường có hơi nước mặn ... → xâm thực

** Biện pháp bảo vệ*

- Bảo đảm lớp bê tông bảo vệ, công trình thông thoáng, tránh ẩm ướt .
- Làm sạch bề mặt cốt thép (cạo gỉ, chùi bụi ..), sơn hay tô mặt ngoài bê tông.
- Dùng cốt liệu và nước sạch để đổ bê tông.

NGUYÊN LÝ TÍNH TOÁN VÀ CẤU TẠO

- ✓ Tính toán : xác định tải trọng và tác động, xác định nội lực và tổ hợp nội lực, xác định khả năng chịu lực của kết cấu hoặc tính toán tiết diện bê tông và cốt thép.
- ✓ Cấu tạo : chọn vật liệu (mác bê tông, nhóm cốt thép), chọn kích thước tiết diện, chọn và bố trí cốt thép, giải quyết liên kết ...

3.1. TẢI TRỌNG VÀ TÁC ĐỘNG

Công trình xây dựng phải chịu các tác động có nguồn gốc thiên nhiên như gió bão, động đất, áp lực nước ngầm, áp lực đất, sự thay đổi nhiệt độ ...; cùng với các tác động khác như trọng lượng vật liệu và kết cấu, hoạt động của con người trong công trình, sự vận hành của máy móc thiết bị, sự cố cháy nổ ...

3.1.1 PHÂN LOẠI TẢI TRỌNG

a. Theo tính chất

- *Tải trọng thường xuyên (tĩnh tải)*: không biến đổi về điểm đặt, độ lớn và phương chiều trong quá trình sử dụng công trình.
Ví dụ: trọng lượng bản thân kết cấu; trọng lượng vách ngăn cố định, các lớp cách âm, cách nhiệt ...; trọng lượng và áp lực đất đắp, đất lấp; lực nén trước trong kết cấu BTCT ứng lực trước, vv...
- *Tải trọng tạm thời (hoạt tải)* : có thể thay đổi về điểm đặt, độ lớn và phương chiều
Ví dụ: tải trọng sử dụng trên sàn (người, thiết bị, sản phẩm ...), tải trọng do cầu trục hoạt động, tải trọng gió ...
- *Tải trọng đặc biệt* : rất ít khi xảy ra. Ví dụ : động đất, nổ ...

b. Theo thời hạn tác dụng

- *Tải trọng tác dụng dài hạn* : tải trọng thường xuyên và một phần tải trọng tạm thời (trọng lượng các thiết bị gắn cố định trên sàn, trọng lượng vách ngăn tạm thời ...).
- *Tải trọng tác dụng ngắn hạn* : phần còn lại của tải trọng tạm thời (tải trọng do xe cộ, tải trọng gió ...)

c. Theo phương chiều

Tải trọng đứng (trọng lượng ..) và tải trọng ngang (gió ..)

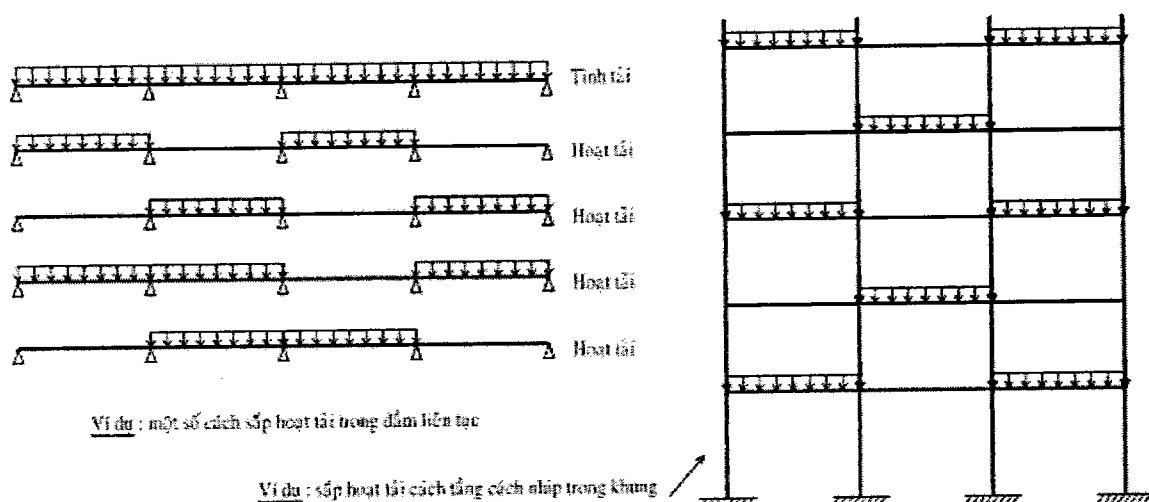
d. Theo trị số

- *Tải trọng tiêu chuẩn (q_{tc})* lấy bằng các giá trị thường gặp trong quá trình sử dụng công trình, xác định theo những số liệu thực tế, theo các kết quả thống kê .
- *Tải trọng tính toán: $q = n q_{tc}$*
Hệ số độ tin cậy (hệ số vượt tải) n kể đến các tình huống bất ngờ mà tải trọng có thể thay đổi (tăng hoặc giảm) so với trị số tiêu chuẩn, gây bất lợi cho kết cấu:

- Tải trọng thường xuyên : $n = 1,1 \div 1,3$. Có khi $n = 0,8 \div 0,9$ (ví dụ : tính toán ổn định cho kết cấu dài nước)
- Tải trọng tạm thời : $n = 1,2 \div 1,4$

Loại tải trọng	n
-Trọng lượng bản thân kết cấu BTCT	1,1
-Tải trọng phân bố đều trên sàn khi : $p^{lc} < 200 \text{ kG/m}^2$	1,3
$p^{lc} \geq 200 \text{ kG/m}^2$	1,2
-Tải trọng gió	1,2

3.1.2 TỔ HỢP TẢI TRỌNG



Hình 3.1. Một số trường hợp tải trọng

Tĩnh tải thường xuyên tác dụng lên kết cấu, trong khi đó hoạt tải có thể xuất hiện ở những chỗ khác nhau vào những thời điểm khác nhau.

Tổ hợp tải trọng: sắp xếp vị trí của hoạt tải để tìm giá trị nội lực lớn nhất ở một tiết diện nào đó. Nội lực ứng với mỗi trường hợp tải trọng có thể được xác định theo sơ đồ đàn hồi hoặc sơ đồ có xét đến biến dạng dẻo trong BTCT.

3.2. CƯỜNG ĐỘ TIÊU CHUẨN VÀ CƯỜNG ĐỘ TÍNH TOÁN

a. BÊTÔNG

Cường độ tiêu chuẩn

-Thí nghiệm n mẫu, được các cường độ $R_1, R_2, \dots, R_n$

$$\Rightarrow \text{cường độ trung bình } R_{tb} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n R_i$$

-Cường độ tiêu chuẩn (R_{tc}) là trị số trung bình thống kê, được xác định với xác suất bảo đảm 95% . Phép tính thống kê cho $R_{tc} = (0,75 \div 0,8) R_{tb}$

Theo quy phạm, cường độ tiêu chuẩn về nén còn phải được nhân với hệ số A_n phụ thuộc vào mác bê tông.

Cường độ tiêu chuẩn (kG/cm ²)	Mức BT theo cường độ chịu nén			
	200	250	300	350
Hệ số A _n	0,750	0,745	0,740	0,735
Nén R _n ^{tc}	112	140	167	195
Kéo R _k ^{tc}	11,5	13	15	16,5

Cường độ tính toán

$$R = \frac{R^{tc}}{k_b} m_b$$

- k_b _ hệ số an toàn của vật liệu (k_b > 1), kể đến sự không chính xác về qui cách, kích thước, độ sạch, độ đồng đều, ...

Ví dụ : k_{bn} (nén) = 1,3 ; k_{bk} (kéo) = 1,5 .

- m_b _ hệ số điều kiện làm việc (thường m_b ≤ 1), kể đến các nhân tố làm cho vật liệu làm việc xấu hơn hoặc tốt hơn bình thường (ảnh hưởng thời tiết, ván khuôn bị biến dạng, tính chất của tải trọng, kích thước của tiết diện vv..)

Ví dụ : cột được đổ bê tông theo phương đứng có cạnh lớn của tiết diện nhỏ hơn 30cm thì m_b = 0,85 . Nếu bê tông được dưỡng hộ bằng phương pháp chưng hấp thì m_b = 0,90.

- Trong các điều kiện đặc biệt (nhiệt độ cao, tải trọng động lớn, sử dụng bê tông ở môi trường ngập mặn vv...), cần kể thêm các hệ số khác được cho trong tiêu chuẩn thiết kế.

-Cường độ tính toán gốc : là cường độ tính toán chưa kể đến hệ số m_b

Mức BT (kG/cm ²)		200	250	300	350
Cường độ tính toán gốc (kG/cm ²)	R _n	90	110	130	155
	R _k	7,5	8,8	10	11

b. CỐT THÉP

Cường độ tiêu chuẩn

Tiến hành thí nghiệm kéo kiểm tra cường độ cốt thép. Với cốt thép dẻo kiểm tra theo giới hạn chảy, với cốt thép rắn kiểm tra theo giới hạn bền. Cường độ tiêu chuẩn (R_a^{tc}) lấy bằng giá trị kiểm tra nhỏ nhất với xác suất bảo đảm ≥ 95%.

Cường độ tính toán

♦ Cường độ tính toán về kéo (R_a)

$$R_a = \frac{R_a^{tc}}{k_a} m_a$$

- k_a _ hệ số an toàn của vật liệu (k_a > 1).

Ví dụ : k_a=1,1 (thép CI) ; k_a=1,15 (thép CII, CIII)

- m_a _ hệ số điều kiện làm việc (thường m_a < 1) , kể đến các nhân tố làm cho vật liệu làm việc xấu hơn hoặc tốt hơn bình thường .