

BỘ GIAO THÔNG VẬN TẢI
TRƯỜNG CAO ĐẲNG GIAO THÔNG VẬN TẢI TRUNG ƯƠNG I

GIÁO TRÌNH
Môn học: Sức bền vật liệu
NGHỀ: XÂY DỰNG CẦU ĐƯỜNG
TRÌNH ĐỘ: CAO ĐẲNG

Hà Nội – 2017

LỜI MỞ ĐẦU

Sức bền vật liệu là môn học bắt buộc trong chương trình dạy dài hạn, nhằm trang bị cho người học một số kiến thức, kỹ năng tính toán kết cấu công trình.

Hiện nay các cơ sở đào tạo đều đang sử dụng tài liệu giảng dạy theo nội dung tự biên soạn, chưa được có giáo trình giảng dạy chuẩn ban hành thống nhất, vì vậy các giáo viên và sinh viên đang thiếu tài liệu để giảng dạy và tham khảo.

Nhằm đáp ứng yêu cầu giảng dạy và học tập trong giai đoạn mới của nhà trường, tập thể giáo viên khoa Công trình đã biên soạn giáo trình môn học Sức bền vật liệu hệ Cao đẳng, giáo trình này gồm những nội dung chính như sau:

Chương 1: Những khái niệm cơ bản.

Chương 2: Kéo (nén) đúng tâm

Chương 3: Cắt - Tính nội lực đỉnh tán

Chương 4: Các đặc trưng hình học

Chương 5: Xoắn thuần túy thanh thẳng

Chương 6: Uốn phẳng thanh thẳng

Chương 7: Thanh chịu lực phức tạp

Chương 8: Ổn định của thanh chịu nén

Trong quá trình biên soạn chúng tôi đã tham khảo các nguồn tài liệu sẵn có trong nước và với kinh nghiệm giảng dạy thực tế. Mặc dù đã có nhiều nỗ lực, tuy nhiên không tránh khỏi thiếu sót.

Chúng tôi rất trân trọng và cảm ơn những ý kiến đóng góp của đồng nghiệp và các nhà chuyên môn để giáo trình Sức bền vật liệu đạt được sự hoàn thiện trong những lần biên soạn sau này.

MỤC LỤC

LỜI MỞ ĐẦU	1
CHƯƠNG I: NHỮNG KHÁI NIỆM CƠ BẢN	3
CHƯƠNG II- KÉO NÉN ĐÚNG TÂM	9
CHƯƠNG III: CẮT- TINH MỐI NỐI ĐINH TÁN	25
CHƯƠNG IV: CÁC ĐẶC TRƯNG HÌNH HỌC	33
CHƯƠNG V: XOẮN THUẦN TÚY THANH THẲNG	37
CHƯƠNG VI- UỐN NGANG PHẪNG.....	45
CHƯƠNG VII- THANH CHỊU LỰC PHỨC TẠP	69
CHƯƠNG VIII- ỔN ĐỊNH THANH CHỊU NÉN	78

CHƯƠNG I: NHỮNG KHÁI NIỆM CƠ BẢN

1.1. NHIỆM VỤ VÀ ĐỐI TƯỢNG NGHIÊN CỨU CỦA SỨC BỀN VẬT LIỆU

1.1.1. NHIỆM VỤ VÀ VỊ TRÍ CỦA MÔN HỌC

SBVL là môn học có nhiệm vụ nghiên cứu sự làm việc của kết cấu kỹ thuật chủ yếu là thanh dưới tác dụng của lực để đề ra những phương pháp kỹ thuật. Tính kết cấu ở 3 mặt:

- Độ bền
- Độ cứng
- Độ ổn định

* **Đủ độ bền:** Nghĩa là kết cấu có khả năng tiếp nhận được tất cả các tổ hợp lực đặt lên nó mà không bị phá hỏng trong suốt thời gian tồn tại

* **Đủ độ cứng:** nghĩa là khi tiếp nhận và truyền tất cả các tác động lực thì những thay đổi kích thước hình học của nó không vượt quá giá trị cho phép nhằm đảm bảo sử dụng công trình một cách bình thường

* **Độ ổn định:** Là khả năng bảo toàn trạng thái cân bằng ban đầu của kết cấu công trình trong quá trình chịu lực

Ngoài ra để đảm bảo tính kinh tế của SBVL còn có nhiệm vụ tìm ra những phương pháp tính toán đơn giản, trung thực nhưng vẫn đảm bảo độ chính xác cần thiết để từ đó đưa được ra hình dáng hợp lý của kết cấu đảm bảo an toàn và tiết kiệm.

1.1.2. ĐỐI TƯỢNG NGHIÊN CỨU CỦA SỨC BỀN VẬT LIỆU

Đối tượng nghiên cứu của SBVL là vật rắn thực tức là vật rắn có xét tới biến dạng của vật thể trong quá trình chịu lực.

- Phân loại vật thể theo hình dáng:

+ **Hình khối:** Là hình có kích thước 3 phương tương đương nhau.

+ **Hình tấm:** Là những vật thể có kích thước theo hai phương lớn hơn nhiều so với hai phương còn lại.

+ **Hình thanh:** Là hình có 1 phương lớn hơn 2 phương còn lại. Kích thước của phương đó gọi là chiều dài của thanh.

Trong đó thanh là vật thể nghiên cứu chủ yếu của SBVL và ta thường biểu diễn thanh bằng trục của nó. Trục của thanh có thể là thẳng, cong, gấp khúc. Mặt cắt vuông góc với trục thanh được gọi là mặt cắt ngang. Thanh có thể có mặt cắt ngang thay đổi hoặc không thay đổi.

1.2. CÁC GIẢ THIẾT CƠ BẢN

1.2.1. Giả thiết thứ nhất

Vật liệu có tính liên tục, đồng nhất và đẳng hướng

+ Tính liên tục : Tức là vật liệu chiếm đầy trong không gian của vật thể hoặc là vật liệu liên tục trong không gian nên các đại lượng biểu diễn tính chất của nó là những hàm liên tục, do đó ta có thể áp dụng phép tính vi phân và tích phân khi nghiên cứu đại lượng này.

+ Tính đồng nhất: Tức là các điểm khác nhau trong lòng vật thể đều có tính chất cơ học như nhau.

+ Tính đẳng hướng: Có nghĩa là tính chất cơ học của vật thể theo mọi phương như nhau.

1.2.2. Giả thiết thứ hai:

- Biến dạng của vật thể là biến dạng đàn hồi và là đàn hồi tuyệt đối(Dưới tác dụng của mọi lực thì vật thể biến dạng nhưng khi bỏ ngoại lực ra thì vật thể trở lại trạng thái, hình dáng, kích thước ban đầu)

Từ giả thiết này ta thấy SBVL là môn học nêu lên các phương pháp tính toán, bộ phận công trình hay chi tiết máy dựa vào cơ sở vật liệu làm việc trong giai đoạn đàn hồi.

1.2.3. Giả thiết thứ ba:

Biến dạng của vật thể do ngoại lực gây ra là nhỏ so với kích thước và hình dáng của chúng. Từ giả thiết này cho phép tra coi điểm đặt của lực không đổi khi vật thể biến dạng, làm đơn giản hơn trong tính toán.

1.3. NGOẠI LỰC, NỘI LỰC, ỨNG SUẤT VÀ PHƯƠNG PHÁP MẶT CẮT

1.3.1. NGOẠI LỰC

Là tác dụng của môi trường bên ngoài hay từ vật thể khác lên vật thể đang xét. Đơn vị là Lực

Ngoại lực bao gồm tải trọng và phản lực liên kết.

+ Tải trọng: Là ngoại lực tác dụng lên vật thể mà vị trí, điểm đặt và trị số đã cho trước

Phân bố tải trọng:

+ Tải trọng tập trung là tải trọng phân bố trên diện tích có kích thước rất nhỏ so với bề mặt vật thể.

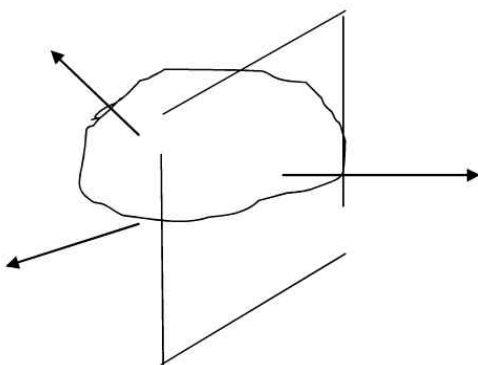
1.3.2. NỘI LỰC, ỨNG SUẤT VÀ PHƯƠNG PHÁP MẶT CẮT

+ Định nghĩa: Nội lực là sự thay đổi các lực liên kết giữa các phần tử vật chất của vật thể khi có ngoại lực tác dụng. Đơn vị của nội lực là: N, KN

+ Phương pháp mặt cắt và ứng suất

Xét vật thể đàn hồi cân bằng dưới tác dụng của hệ lực $(\vec{P}_1, \vec{P}_2, \dots, \vec{P}_n)$.

Dùng mặt phẳng tưởng tượng π cắt qua C thuộc vật thể chia vật thể thành 2 phần A và B



Xét cân bằng phần A : Trên mặt cắt π thuộc phần A tồn tại 1 hệ nội lực là lực tương hỗ do phần B tác dụng lên phần A cân bằng và những ngoại lực tác dụng lên phần A (P_1, P_2)

Trên mặt cắt π ta lấy 1 phần tố mặt cắt F thì nội lực tác dụng lên F là P

Ta có:

$$P_{TB} = \frac{\Delta P}{\Delta F}$$

Trong đó: P_{tb} là ứng suất tại C

$$P = \partial_u + \tau_{uv}$$

Khi $\Delta F \rightarrow 0$ thì $P = P_{TB}$

∂ là thành phần ứng suất pháp

τ Là thành phần ứng suất tiếp

U là phương pháp tuyến với mặt cắt

V Là phương tiếp tuyến với mặt cắt

$$P = \sqrt{\partial^2 + \tau^2}$$

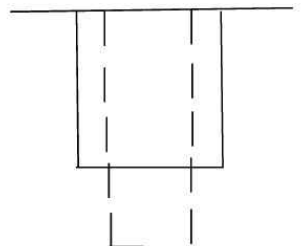
Ứng suất là mật độ của nội lực trên mặt cắt bất kỳ của vật thể

1.4. CÁC BIẾN DẠNG CƠ BẢN

1.4.1. Khái niệm

- **Biến dạng** là sự thay đổi hình dạng hình học ban đầu của vật dưới tác dụng của lực.

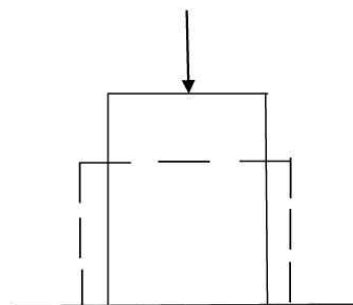
- **Biến dạng** là sự thay đổi kích thước, hình dáng của tiết diện, sự thay đổi chiều dài, độ cong, độ xoắn của trục thanh.



1.4.2. Các biến dạng cơ bản

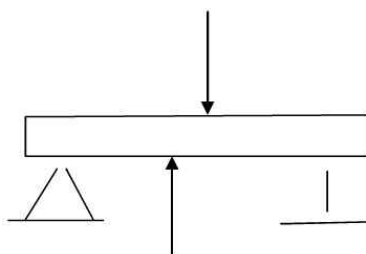
a. Biến dạng do kéo, nén

Là biến dạng của thanh dưới tác dụng lực hay hợp lực có hướng dọc theo trục thanh và làm trục thanh có thay đổi về chiều dài mà không thay đổi độ cong, các tiết diện chỉ có chuyển vị thẳng theo tịnh tiến trục thanh



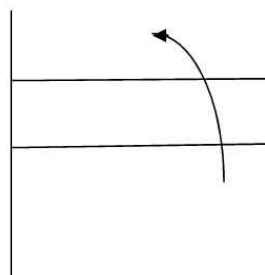
b. Biến dạng trượt (Cắt)

Biến dạng trượt là biến dạng của thanh dưới tác dụng của lực hoặc hợp lực có hướng vuông góc với trục thanh không làm thay đổi độ cong của thanh nhưng có sự trượt tương đối giữa 2 tiết diện



c. Biến dạng xoắn

Biến dạng xoắn là biến dạng của thanh do tác dụng của ngẫu lực nằm trong mặt phẳng vuông góc với trục thanh khi đó trục thanh không thay đổi về độ dài, độ cong, các tiết diện không có



chuyển vị thẳng nhưng có chuyển vị
oay quanh trục thanh vuông góc với
mặt phẳng tiết diện thanh

d. Biến dạng uốn

Biến dạng uốn là biến dạng do tác dụng
của các lực có phương vuông góc các
trục thanh và nằm trong mép chứa trục
thanh, các ngẫu lực nằm trong mặt
phẳng chứa trục thanh. Khi đó trục
thanh thay đổi độ cong, độ dài, không
thay đổi tiết diện, có khả năng chuyển
vị thẳng hoặc xoay

e. Biến dạng phức tạp

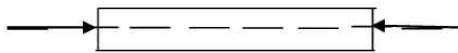
Trong thực tế thanh thường có các biến dạng phức tạp là 2 hay nhiều các biến
dạng trên

CHƯƠNG II- KÉO NÉN ĐÚNG TÂM

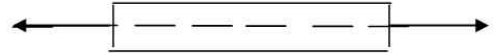
2.1. KHÁI NIỆM KÉO NÉN ĐÚNG TÂM

2.1.1. Khái niệm

Một thanh thẳng chịu lực tác dụng của ngoại lực có phương song song và trùng với trục thanh thì trên mỗi mặt cắt ngang của nó tồn tại một nội lực duy nhất là lực dọc trục N_z khi đó ta nói thanh chịu nén hoặc chịu kéo.



Thanh chịu nén



Thanh chịu kéo

2.1.2. Nội lực và biểu đồ nội lực dọc trục

a. Quy tắc tách nội lực dọc trục

- Lực dọc trục N_z tại mặt cắt ngang của thanh bằng tổng đại số hình chiếu của ngoại lực tác dụng lên phần đang xét chiều trên trục pháp tuyến với mặt cắt đang xét.

$$N_z = \sum P_{zi} + \sum p_{zi} \cdot z_i$$

Trong đó:

N_z – là lực dọc trục của thanh thứ i

P_{zi} – Là lực tập trung tác dụng lên đoạn thanh thứ i

p_{zi} – Là lực phân bố tác dụng lên đoạn thanh thứ i

Z_i – là chiều dài của trục thanh thứ i

b. Quy ước về dấu

N_z mang dấu (+) khi lực tác dụng hướng ra ngoài mặt cắt và ngược lại



$$N_z > 0$$

$$N_z < 0$$

c. Biểu đồ nội lực

- Là đồ thị biểu diễn sự biến thiên của N_z trên toàn bộ thanh

* Cách vẽ: Chia thanh thành nhiều đoạn, mỗi đoạn được giới hạn bởi điểm có sự thay đổi của tải trọng, của tiết diện. Tại mỗi đoạn thanh cần mặt cắt bất kỳ và xác định biểu thức tính N_z .

Dựng một đường chuẩn đồng dạng với trục thanh. Cho z biến thiên và dựng những tung độ biểu diễn những độ lớn của lực dọc trục thanh

Quy ước: Các tung độ (+) của lực dọc dựng về phía bên trên hoặc bên phải đường chuẩn. Các tung độ (-) của lực dọc dựng về phía bên dưới hoặc bên trái của đường chuẩn

Ví dụ:

Vẽ biểu đồ nội lực của thanh, Biết: $P_1 = 7\text{KN}$; $P_2 = 5\text{KN}$;

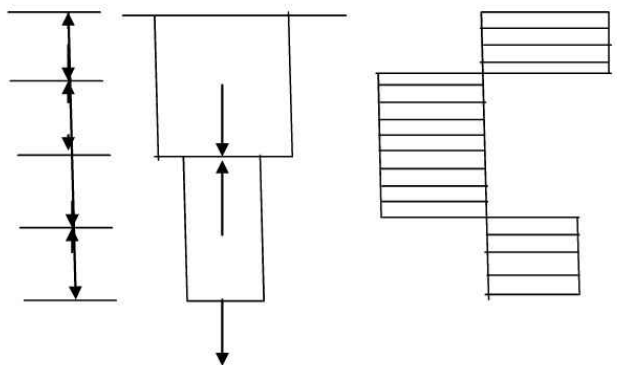
$P_3 = 2\text{KN}$

Giải:

Xét đoạn thanh DC:

Dùng mặt cắt 1-1 cắt thanh DC. khi đó xét cân bằng nửa dưới của thanh DC

$$N_{zDC} = + P_3 = 2 \text{ KN}$$



Xét đoạn thanh CB: Dùng mặt cắt 2-2 cắt thanh và xét cân bằng nửa dưới của đoạn thanh:

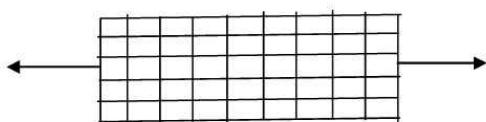
$$N_{zBC} = + P_3 - P_2 = 2 - 5 = 3 \text{ KN}$$

Xét đoạn thanh BA : Dùng mặt cắt 3-3 và xét cân bằng nước dưới của đoạn thanh:

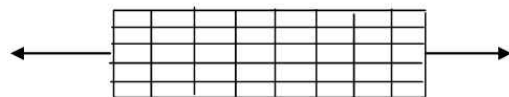
$$N_{zBA} = + P_3 - P_2 + P_1 = 2 - 5 + 7 = 4 \text{ KN}$$

2.2. ỨNG SUẤT, BIẾN DẠNG, ĐỊNH LUẬT HÚC

2.2.1. Ứng suất



Trước khi kéo



Sau khi kéo

a. Ứng suất trên mặt cắt ngang

Xét thanh chịu kéo bởi hệ lực cùng phương, ngược chiều, hợp lực P của hệ nằm dọc theo trục thanh.

Trước khi cho thanh chịu lực ta kẻ ở mặt ngoài của thanh những đường thẳng song song và vuông góc với trục thanh tạo thành lưới ô vuông.

+ Những đường thẳng vuông góc với trục thanh biểu diễn các mặt cắt ngang của thanh.

+ Những đường thẳng song song với trục thanh biểu diễn các lớp vật liệu nằm dọc trục thanh gọi là các thớ của thanh.

Sau khi kéo thanh, quan sát các biến dạng của thanh ta thấy: Những đường thẳng vẫn song song và vuông góc với trục thanh. Khoảng cách giữa các đường thẳng có sự thay đổi nhưng các góc vuông thì không thay đổi. Qua đó ta đưa ra một số giả thiết về tính chất biến dạng như sau:

+ Giả thiết các thớ dọc: Trong quá trình biến dạng của thớ dọc không ép lên nhau cũng không đẩy nhau.

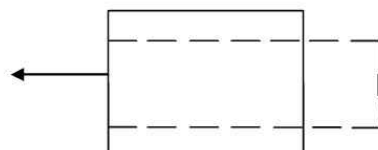
+ Giả thiết về các mặt cắt ngang: Trước và sau biến dạng các mặt cắt ngang vẫn thẳng và vuông góc với trục thanh.

Với các giả thiết trên ta thấy các phân tử chỉ có biến dạng dài, không có biến dạng góc, tại mỗi điểm trên một mặt cắt ngang chỉ tồn tại một thành phần ứng suất pháp.

$$N_z = \int_F N_z . dF$$

Xét một đoạn thanh nằm giữa 2 mặt cắt cách nhau một đoạn là d_z

Vì sau khi biến dạng mặt cắt 2-2 vẫn vuông góc với trục thanh nên độ giãn dài của các thớ dọc là như nhau



Ta có: $\epsilon_z = \text{const}$ $\partial_z =$ không đổi

Từ công thức:
$$N_z = \int_F \partial_z . dF$$

$$\rightarrow \partial_z = \frac{N_z}{F}$$

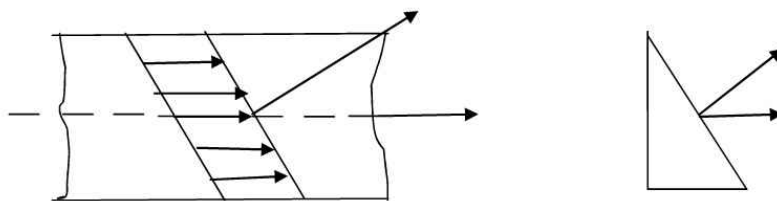
Trong đó: ∂_z là trị số ứng suất tại điểm bất kỳ trên mặt cắt đang xét

N_z là lực dọc

F là diện tích của tiết diện

Vậy ứng suất ∂_z trên mặt cắt ngang thanh chịu kéo hay chịu nén đúng tâm là mật độ lực dọc trục trên mặt cắt ngang của thanh

b. Ứng suất trên mặt cắt xiên



Ta có ứng suất trên mặt cắt xiên

$$\rightarrow P_z = \frac{N_z}{F_\alpha}$$

Trong đó: P_z Ứng suất trên mặt cắt xiên

N_z Lực dọc trục

F_α Diện tích mặt cắt xiên

Ta có:

$$F_\alpha = \frac{F}{\cos \alpha}$$

$$\rightarrow P_z = \frac{N_z}{F} \cdot \cos \alpha$$

Ta có:

$$\frac{N_z}{F} = \sigma_z$$

$$\rightarrow P_z = \sigma_z \cdot \cos \alpha$$

Trong đó: σ_z là ứng suất phân bố của mặt cắt ngang, mặt cắt vuông góc với trục thanh

Phân tích P_z thành 2 thành phần : ∂'_z và τ'_z

∂'_z là ứng suất pháp của mặt cắt xiên

τ'_z là ứng suất tiếp

Ta có $\partial'_z = P_z \cdot \cos \alpha$

$$\rightarrow \partial'_z = \partial_z \cdot \cos \alpha$$

$$\rightarrow \tau'_z = P_z \cdot \sin \alpha$$

$$\rightarrow \tau'_z = \partial_z \cdot \cos \alpha \cdot \sin \alpha$$

2.2.2. Biến dạng

a. Biến dạng dọc trục

Theo định luật Hooke: Biến dạng dọc trục của một đơn vị chiều dài thanh là:

$$\varepsilon = \frac{\partial}{E} = \frac{N}{EF}$$

Biến dạng dài dọc trục của một vi phân chiều dài thanh d_z là εd_z .

Khi đó biến dạng dài dọc trục của cả chiều dài thanh là:

$$\Delta l = \int_0^l \varepsilon \cdot d_z = \int_0^l \frac{N}{E \cdot F} \cdot d_z$$

Nếu thanh có tiết diện không đổi và lực dọc trục không đổi thì:

$$\Delta l = \frac{N \cdot l}{E \cdot F}$$

Δl là biến dạng dài tuyệt đối của thanh

Nếu thanh có nhiều mặt cắt khác nhau thì:

$$\Delta l = \sum \Delta l_i = \sum \frac{N_{zi} \cdot l_i}{E_i F_i}$$

Trong đó: N_{zi} là lực dọc trục của đoạn thanh thứ i

l_i là chiều dài của thanh

E_i là mô đun đàn hồi của thanh thứ i

F_i là tiết diện của đoạn thanh thứ i

b. Biến dạng dài theo phương ngang

Biến dạng dài theo phương ngang được tính theo công thức:

$$\varepsilon' = -\mu \cdot \varepsilon$$

Trong đó: ε là biến dạng dọc trục

μ là hệ số phụ thuộc vào vật liệu

Ví dụ: Xét thanh có: $N_1 = 2\text{KN}$; $F_1 = 10\text{Cm}^2$; $L_1 = 0,5\text{ m}$

$N_2 = -3\text{KN}$; $F_2 = 20\text{Cm}^2$; $L_1 = 0,4\text{ m}$

$N_3 = -3\text{KN}$; $F_1 = 20\text{Cm}^2$; $L_1 = 0,8\text{ m}$

$N_4 = 4\text{KN}$; $F_1 = 20\text{Cm}^2$; $L_1 = 0,5\text{ m}$

$$E = 2.10^2 \text{ KN/cm}^2$$

Giải

Ta có biến dạng dài theo công thức:

$$\Delta l = \sum \Delta l = \frac{\sum N_{zi} \cdot l_i}{E_i \cdot F_i}$$

$$\Delta l = \frac{2.0,5.10^2}{2.10^4.10} - \frac{3.0,4.10^2}{2.10^4.20} - \frac{3.0,8.10^2}{2.10^4.20} + \frac{4.0,5.10^2}{2.10^4.20}$$

2.2.3. Định luật Húc

Biến dạng của vật tỷ lệ thuận với lực tác động, quan hệ giữa biến dạng và nội lực là quan hệ bậc nhất, thuận nhất.

Khi phân tử chịu ứng suất pháp theo một phương, biến dạng dài theo phương ứng suất tác dụng tỷ lệ với ứng suất:

$$\varepsilon = \frac{\partial}{E} = \frac{N}{E \cdot F}$$

Khi phân tử chỉ chịu ứng suất tiếp, biến dạng dài;

$$\gamma = \frac{\tau}{G}$$

Trong đó: τ là ứng suất tiếp

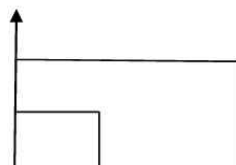
G là mô đun đàn hồi trượt của thanh

γ là biến dạng dài

2.3. Tính chất cơ học của vật liệu

2.3.1. Thí nghiệm kéo của vật liệu dẻo

Mẫu thí nghiệm là một thanh thép



CT 38 có chiều dài $l_0 = 10d_0$

Trong đó d_0 là đường kính trung bình của thanh thép

Tiến hành thí nghiệm: Đặt vật kéo vào máy kéo thủy lực và tiến hành kéo. Giả thiết ứng suất pháp phân bố đều trên mặt cắt, ta có ứng suất phân bố trên mặt cắt ngang là:

$$\sigma = \frac{P}{F_0}$$

P là lực kéo

F_0 là tiết diện ngang của thanh

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l_0}$$

Δl là biến dạng của thanh

l_0 là chiều dài thanh ban đầu

Từ đó ta thiết lập được quan hệ giữa ε và σ (Đồ thị) các giai đoạn và đặc điểm của mẫu trong quá trình kéo.

Giai đoạn đầu là giai đoạn tỷ lệ: Vật liệu có tính đàn hồi, nghĩa là khi bỏ lực kéo mẫu lại trở lại chiều dài như cũ, giai đoạn này được biểu diễn bằng đoạn thẳng OA. Ứng suất tỷ lệ lớn nhất ở điểm

A là σ_{tl} gọi là giới hạn ứng suất tỷ lệ. Tại điểm B vật liệu vẫn đàn

hồi và ứng suất tại điểm B là $\sigma_{đh}$

Giai đoạn chảy: Khi kéo mẫu đến điểm C .Trên đồ thị là một đoạn thẳng CC' gọi là mặt chảy. Ở giai đoạn này mẫu vẫn tiếp tục chảy, khi lực kéo không tăng, ứng suất lớn nhất ở giai đoạn này là

$$\sigma_{ch}$$

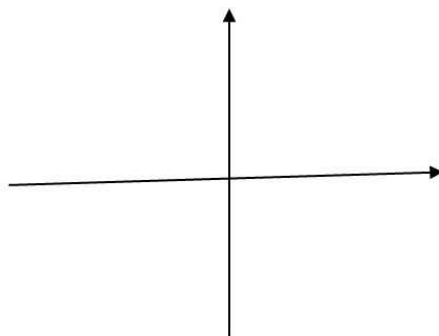
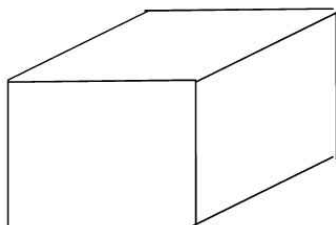
Giai đoạn bền:: Là giai đoạn độ bền của vật liệu được khôi phục tương ứng với đoạn C'D trên đồ thị, ở giai đoạn này mẫu hình thành một điểm thóp và ứng suất ở giai đoạn này lớn nhất ở điểm D . Điểm này gọi là ứng suất lớn nhất của vật liệu.

Giai đoạn phá hủy: Là giai đoạn các liên kết mạng tinh thể của vật liệu bị phá hủy, mẫu bị đứt ở đoạn DE

$$\sigma_{ph} < \sigma_b$$

Nhận xét: Từ đồ thị ta thấy bao giờ vật liệu cũng có biến dạng dư và biến dạng dẻo ở đoạn OP, đoạn PQ là biến dạng đàn hồi

2.3.2. Thí nghiệm vật liệu giòn



Vật liệu hình lập phương là khối gang

Đặt mẫu thí nghiệm vào máy ép và thực hiện quá trình kéo và nén mẫu cho đến khi phá hủy mẫu. Đối với vật liệu giòn kết thúc quá trình đàn hồi mẫu đã bị phá hủy và giới hạn bền nén của vật liệu cao hơn rất nhiều so với giới hạn kéo.

Kết quả thí nghiệm cho thấy vật liệu giòn có 2 dạng phá hủy chính như hình vẽ. Dạng phá hủy phụ thuộc vào trạng thái kéo.

2.4. Tính thanh kéo nén đúng tâm

2.4.1. Khái niệm về ứng suất cho phép và hệ số an toàn

a. Khái niệm về ứng suất cho phép

Độ bền của một điểm được đảm bảo khi ứng suất hoặc tổ hợp các ứng suất phát sinh tại điểm đó không vượt quá một tích số giới hạn xác định và đó gọi là ứng suất cho phép.

Trị số của ứng suất cho phép phụ thuộc vào từng loại vật liệu và được tìm ra bằng phương pháp thực nghiệm

Ký hiệu ứng suất cho phép $[\sigma]$ và được tính:

$$[\sigma] = \frac{\sigma_0}{n}$$

Trong đó: σ_0 là trị số ứng suất nguy hiểm mà ứng với nó vật liệu sẽ bị phá hoại, được tìm bằng thực nghiệm (Đối với vật liệu dẻo

σ_0 là giới hạn tỷ lệ (σ_{tl}) hoặc giới hạn chảy σ_{ch} . Với vật liệu giòn

σ_0 được lấy theo giới hạn bền (σ_b) trong thí nghiệm kéo nén vật liệu giòn

N Là hệ số an toàn $n > 1$

b. Hệ số an toàn

Hệ số an toàn là một hệ số phản ánh sự ảnh hưởng của các yếu tố như độ bền của vật liệu, độ lớn của tải trọng, phương pháp công nghệ, kết cấu, mức độ tin cậy về các số liệu về tải trọng, phương pháp và kết quả tính toán, điều kiện làm việc cụ thể của kết cấu... đến mức độ an toàn của kết cấu.