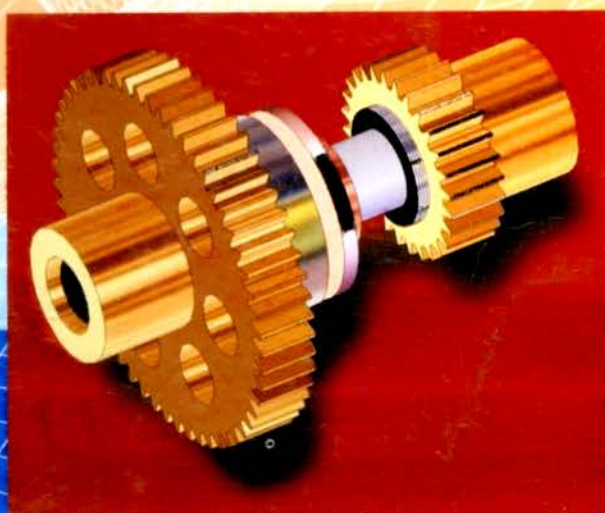




TRƯỜNG ĐẠI HỌC CÔNG NGHIỆP TP.HCM
KHOA CÔNG NGHỆ CƠ KHÍ

KS. NGUYỄN THỊ ẨM

Giáo trình
SỨC BỀN VẬT LIỆU
(DÙNG CHO HỆ CAO ĐẲNG)



LỜI NÓI ĐẦU

Sức Bền Vật Liệu là môn kỹ thuật cơ sở phục vụ rộng rãi cho nhiều ngành kỹ thuật, nên việc biên soạn giáo trình là cần thiết góp phần nâng cao chất lượng giảng dạy và học tập.

Nội dung giáo trình này phù hợp với chương trình giảng dạy trong trường Đại học Công nghiệp TP.HCM mà các giảng viên đã, đang và sẽ giảng dạy cho sinh viên hệ cao đẳng các thành phần (chính quy, tại chức cũng như liên thông).

Giáo trình gồm 8 chương, trong mỗi chương đều có nhiều ví dụ cho từng vấn đề và cuối chương có bài tập với đáp số kèm theo từ dễ đến khó để sinh viên dễ dàng học tập và rèn luyện kỹ năng tính toán của mình.

Chúng tôi xin chân thành cảm ơn Khoa Cơ khí trường Đại học Công nghiệp TP.HCM và các đồng nghiệp đã động viên và góp ý trong quá trình biên soạn giáo trình này.

Giáo trình chắc chắn không tránh khỏi các thiếu sót. Rất mong nhận được những ý kiến đóng góp của các bạn đồng nghiệp và độc giả.

Chúng tôi xin chân thành cảm ơn.

BỘ MÔN CƠ SỞ THIẾT KẾ MÁY

**Lưu hành nội bộ
(Có chỉnh sửa và bổ sung hằng năm)**

CHƯƠNG 1

NHỮNG KHÁI NIỆM CƠ BẢN VỀ SỨC BỀN VẬT LIỆU

1.1. Nhiệm vụ – Đối tượng – Đặc điểm nghiên cứu của môn sức bền vật liệu :

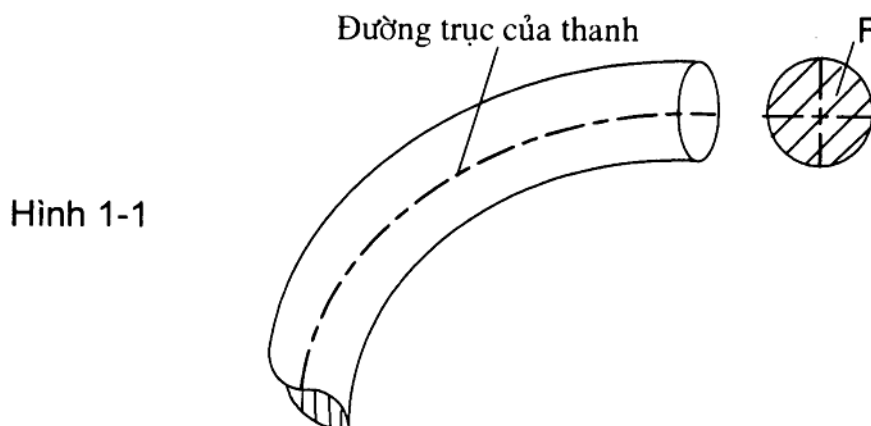
1.1.1. Nhiệm vụ :

Khi thiết kế các bộ phận công trình hoặc các chi tiết máy ta phải bảo đảm;

- Chi tiết không bị phá hỏng tức là đủ bền.
- Chi tiết không bị biến dạng quá lớn tức là đủ cứng.
- Luôn giữ được hình dáng cân bằng ban đầu tức là đảm bảo điều kiện ổn định.

Để đảm bảo được các điều kiện đó, trên cơ sở của Cơ lý thuyết môn Sức bền vật liệu có nhiệm vụ đưa ra các phương pháp tính toán về độ bền, độ cứng, độ ổn định của các bộ phận công trình hoặc các chi tiết máy.

1.1.2. Đối tượng nghiên cứu :



Hình 1-1

Đối tượng nghiên cứu của môn sức bền vật liệu là các vật rắn biến dạng (vật thực) mà chủ yếu là các thanh.

Thanh là những vật thể có kích thước theo hai phương nhỏ hơn so với phương thứ ba.

F: mặt cắt ngang của thanh, là giao của thanh với mặt phẳng vuông góc với trục thanh.

***Mặt cắt ngang của thanh và trục thanh là hai yếu tố đặc trưng cho mô hình của thanh.**

1.1.3. Đặc điểm :

*Môn SBVL khảo sát nội lực và biến dạng của vật thực, nhưng vẫn áp dụng các kết quả của cơ học lý thuyết.

*Môn SBVL là môn khoa học thực nghiệm với phương pháp nghiên cứu như sau :

- + Quan sát thực tế.
- + Đề ra các giả thuyết và tính toán.

+ Thí nghiệm kiểm tra.

1.2. Ngoại lực – Nội lực – Ứng suất :

1.2.1. Ngoại lực :

Ngoại lực là những lực tác động từ môi trường bên ngoài hay từ vật khác lên vật đang xét. Ngoại lực gồm:

- Tải trọng đã biết trước.
- Phản lực phát sinh tại các liên kết.

1.2.2. Nội lực :

a) Khái niệm về nội lực :

Trong vật thể luôn có các lực liên kết giữa các phân tử vật chất. Khi có ngoại lực tác dụng các phân tử vật chất có khuynh hướng thay đổi vị trí để chống lại ngoại lực làm cho vật thể bị biến dạng. Khi đó lực liên kết sẽ tăng lên để chống lại biến dạng này.

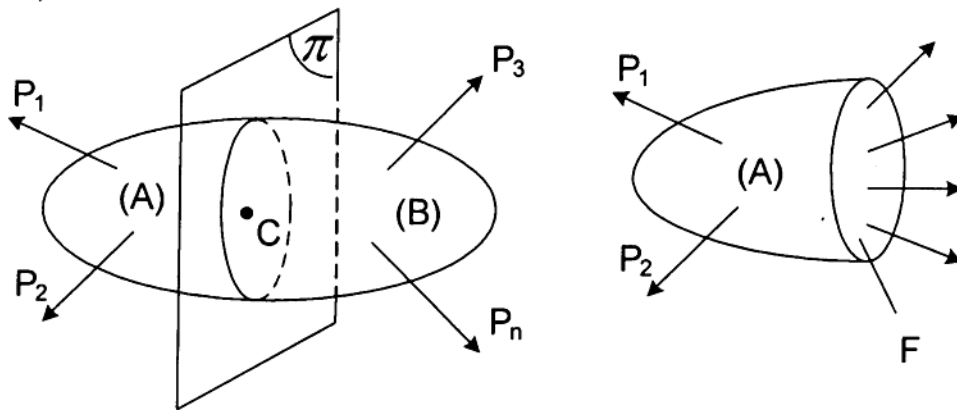
“Độ gia tăng của lực liên kết giữa các phân tử vật chất gọi là nội lực”.

Tuy nhiên độ gia tăng này chỉ đến một mức độ nào đó tùy loại vật liệu, nếu lực cứ tăng mãi thì vật liệu sẽ bị phá hoại. Vì thế xác định nội lực là một trong những vấn đề cơ bản để tính bền cho các chi tiết hoặc cơ cấu.

b) Phương pháp khảo sát :

Khi vật thể chưa bị phá hoại thì “ nội lực cân bằng với ngoại lực ”. Vì thế để khảo sát nội lực ta dùng phương pháp mặt cắt (Hình 1-2) như sau :

Dùng mặt cắt (π) có phương bất kỳ cắt qua vật thể tại điểm cần khảo sát (điểm C).



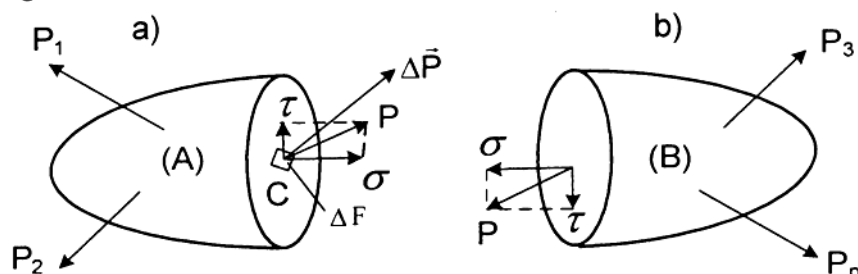
Hình 1-2

Mặt cắt này sẽ chia vật thể ra làm 2 phần A và B. Xét phần A cân bằng (hình 1-2b) dưới tác dụng của các ngoại lực ($\vec{P}_1, \vec{P}_2$) và hệ nội lực của phần B tác dụng lên A (và ngược lại). Hệ nội lực này sẽ phân bố liên tục trên toàn mặt cắt F. Theo nguyên lý cân bằng thì hệ nội lực trên phần (A) phải bằng với hệ nội lực trên phần (B).

Vì vậy khi tìm nội lực trên một mặt cắt nào đó, chúng ta dùng phương pháp mặt cắt và chọn phần xét cân bằng có ít ngoại lực tác dụng hơn.

1.2.3. Ứng suất

Cường độ của nội lực tại một điểm nào đó trên mặt phẳng (π) được gọi là ứng suất.



Hình 1-3

Ứng suất trung bình tại một điểm có diện tích ΔF , trên ΔF có nội lực phân bố với hợp lực là $\Delta \vec{P}$ (Hình 1-3a):

$$\bar{P}_{tb} = \frac{\Delta \vec{P}}{\Delta F}$$

Ứng suất toàn phần: $\vec{P} = \lim_{\Delta F \rightarrow 0} \frac{\Delta \vec{P}}{\Delta F}$

Thứ nguyên của ứng suất: $\frac{\text{Lực}}{(\text{chiều dài})^2}$,

Đơn vị thường dùng là kN/cm^2 , MN/m^2

N/m^2 : Pascal (Pa)

1MPa (Mégapascal) = $10^6 \text{ Pa} = 10^6 \text{ N/m}^2 = 1 \text{ N/mm}^2$

1Gpa (Gégapascal) = 10^9 Pa .

Trong tính toán ta thường phân ứng suất toàn phần $\vec{P}$ ra làm 2 thành phần hình 1-3b:

- Thành phần vuông góc với mặt cắt gọi là ứng suất pháp, ký hiệu là σ .
- Thành phần nằm trong mặt cắt gọi là ứng suất tiếp, ký hiệu là τ

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

Phân tích tương tự cho phần B. Theo nguyên lý tác dụng và phản tác dụng, ứng suất tại mỗi điểm trên phần B sẽ có cùng trị số, cùng phương nhưng ngược chiều với ứng suất tại điểm tương ứng trên phần A.

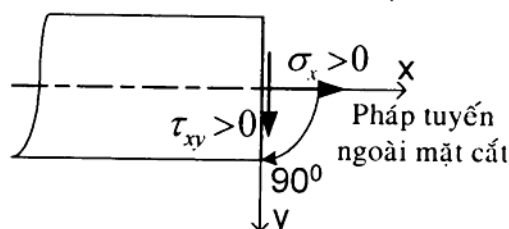
Quy ước dấu và cách viết ứng suất hình 1-4:

- 1) Ứng suất pháp dương khi vector biểu diễn nó có chiều trùng với chiều dương của pháp tuyến ngoài mặt cắt. Ứng suất pháp kèm theo một chỉ số dưới chỉ chiều của pháp tuyến.

Ví dụ: σ_x , σ_z .

- 2) Ứng suất tiếp được coi là dương khi pháp tuyến ngoài của mặt cắt quay một góc 90° theo chiều quay của kim đồng hồ sẽ trùng với chiều của ứng suất tiếp. Ứng suất tiếp kèm theo hai chỉ số dưới, chỉ số thứ nhất chỉ chiều của pháp tuyến ngoài mặt cắt, chỉ số thứ hai chỉ chiều của ứng suất tiếp song song. Ví dụ : τ_{xy} , τ_{xz}

Hình 1-4

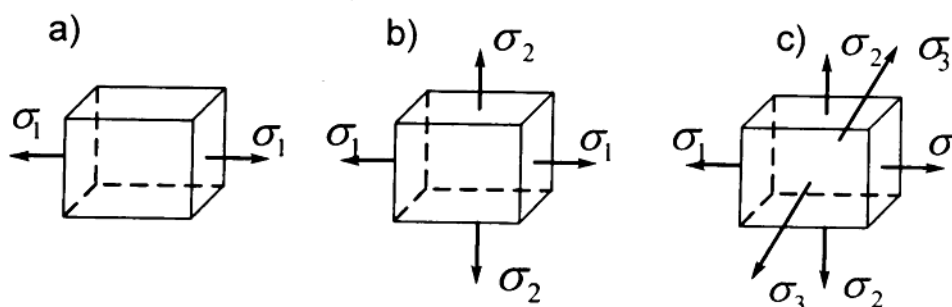


1.2.4. Trạng thái ứng suất:

Nếu qua C xét những mặt cắt khác nhau thì tương ứng với mỗi vị trí của mặt cắt (π) ta được một ứng suất $\vec{P}$ có giá trị khác nhau. Tập hợp tất cả các ứng suất $\vec{P}$ này ta được trạng thái ứng suất tại C.

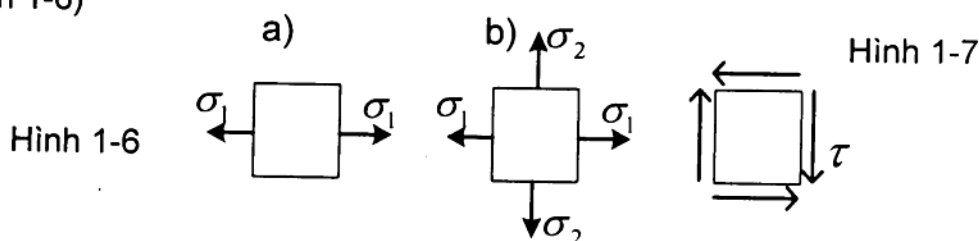
Qua một điểm luôn tìm được ba mặt cắt vuông góc với nhau và trên ba mặt cắt đó thành phần ứng suất tiếp bằng không, các mặt đó gọi là các mặt chính, ứng suất pháp trên mặt chính gọi là ứng suất chính. Đối với ba mặt chính đó (Hình 1-5) xảy ra ba trường hợp sau :

- Một mặt chính có ứng suất pháp, hai mặt chính còn lại ứng suất pháp bằng không, ta có điểm chịu trạng thái ứng suất đơn (Hình 1-5a).
- Hai mặt chính có ứng suất pháp, một mặt chính ứng suất pháp bằng không, ta có điểm chịu trạng thái ứng suất phẳng (Hình 1-5b).
- Trên ba mặt chính đều có ứng suất pháp, ta có điểm chịu trạng thái ứng suất khối (Hình 1-5c).



Hình 1-5

Trạng thái ứng suất đơn và phẳng được biểu diễn dưới dạng đơn giản (Hình 1-6)



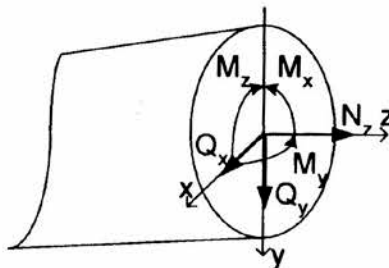
Hình 1-6

Hình 1-7

Ở trạng thái ứng suất phẳng, nếu chỉ có ứng suất tiếp không có ứng suất pháp thì trạng thái ứng suất đó được gọi là trạng thái trượt thuần túy (Hình 1-7).

1.3. Các thành phần nội lực trên mặt cắt ngang (Hình 1-8):

Hình 1-8



Tại trọng tâm O của mặt cắt ta gắn một hệ trục Oxyz. Hợp lực của hệ nội lực phải cân bằng với hợp lực của các ngoại lực tác dụng lên phần đang xét.

Thu gọn hợp lực $\vec{R}$ về trọng tâm O của mặt cắt ngang ta được vector chính $\vec{R}'$ và mômen chính $\vec{M}$.

Chiếu chúng lên 3 trục toạ độ ta được các thành phần nội lực sau :

$$\vec{R}' \begin{cases} + \text{Lực dọc } N_z \text{ (hướng theo trục } z \text{)} \\ + \text{Lực cắt } Q_x \text{ (hướng theo trục } x \text{)} \\ + \text{Lực cắt } Q_y \text{ (hướng theo trục } y \text{)} \end{cases}$$

$$\vec{M} \begin{cases} + \text{Mômen xoắn } M_z \text{ (quay quanh trục } z \text{)} \\ + \text{Mômen uốn } M_x \text{ (quay quanh trục } x \text{)} \\ + \text{Mômen uốn } M_y \text{ (quay quanh trục } y \text{)} \end{cases}$$

$N_z, Q_x, Q_y, M_x, M_y, M_z$ là 6 thành phần nội lực trên mặt cắt ngang. Chúng được xác định từ điều kiện cân bằng của phần đang xét dưới dạng các phương trình :

Các phương trình tổng hình chiếu :

$$\begin{cases} * N_z + \sum_{k=1}^n \bar{P}_{kz} = 0 \\ * Q_x + \sum_{k=1}^n \bar{P}_{kx} = 0 \\ * Q_y + \sum_{k=1}^n \bar{P}_{ky} = 0 \end{cases}$$

Các phương trình tổng mômen :

$$\left\{ \begin{array}{l} * \quad M_z + \sum_{k=1}^n \bar{m}_z(\vec{P}_k) = 0 \\ * \quad M_x + \sum_{k=1}^n \bar{m}_x(\vec{P}_k) = 0 \\ * \quad M_y + \sum_{k=1}^n \bar{m}_y(\vec{P}_k) = 0 \end{array} \right.$$

$\sum_{k=1}^n \bar{P}_{kx}, \sum_{k=1}^n \bar{P}_{ky}, \sum_{k=1}^n \bar{P}_{kz}$: tổng đại số hình chiếu của tất cả các ngoại lực thuộc thành phần đang xét trên các trục x, y, z tương ứng.

$\sum_{k=1}^n \bar{m}_x(\vec{P}_k), \sum_{k=1}^n \bar{m}_y(\vec{P}_k), \sum_{k=1}^n \bar{m}_z(\vec{P}_k)$: tổng đại số mômen của các ngoại lực thuộc thành phần đang xét đối với các trục x, y, z tương ứng.

Nội lực tại mặt cắt ngang bất kỳ trên phần phải sẽ có cùng trị số, cùng phương, nhưng ngược chiều với nội lực tương ứng cũng tại mặt cắt đó trên phần trái.

1.4. Các giả thuyết cơ bản về vật liệu:

1.4.1. Giả thuyết 1:

Vật liệu có tính liên tục, đồng chất và đẳng hướng.

Vật liệu liên tục nghĩa là không có lỗ hổng; vật liệu đồng chất khi tính chất cơ học và vật lý tại mọi điểm của nó giống nhau; vật liệu đẳng hướng nghĩa là tính chất cơ học và vật lý xung quanh một điểm bất kỳ và theo hướng bất kỳ như nhau.

Giả thuyết này cho ta nghiên cứu tính chất cơ học, tính chịu lực của vật thể qua một phân tố vô cùng bé tưởng tượng được tách khỏi vật thể đó. Khi tính sức bền, ta chỉ xét tại những nơi nguy hiểm nhất.

1.4.2. Giả thuyết 2 :

Vật liệu có tính đàn hồi tuyệt đối và tuân theo định luật Húc.

Dưới tác dụng của nguyên nhân ngoài, vật thể bị thay đổi hình dạng, kích thước ban đầu. Tuy nhiên khi bỏ các nguyên nhân này đi thì vật thể có khuynh hướng trở về hình dạng và kích thước ban đầu. Nếu vật thể có khả năng trở về nguyên hình dạng và kích thước ban đầu ta gọi là vật thể đàn hồi tuyệt đối.

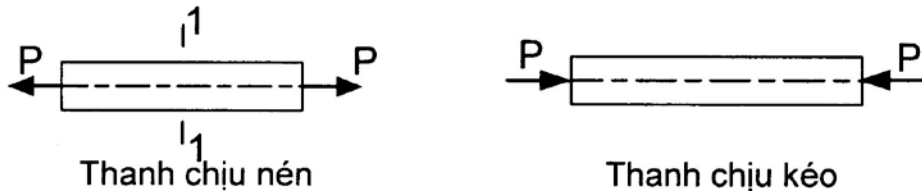
Trong miền đàn hồi tuyệt đối, vật liệu làm việc tuân theo định luật Húc ta có:

Biến dạng tại mọi điểm của vật thể tỷ lệ bậc nhất với ứng suất tại điểm đó.

CHƯƠNG 2

KÉO - NÉN ĐÚNG TÂM

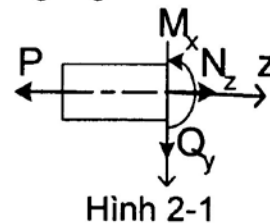
2.1. Định nghĩa:



Thanh chịu kéo – nén đúng tâm khi trên mặt cắt ngang của thanh chỉ có một thành phần nội lực là lực dọc N_z (Hình 2-1).

$$\sum_{k=1}^n F_{kz} = N_z - P = 0 \Leftrightarrow N_z = P$$

Quy ước dấu của N_z : $N_z > 0$: khi thanh chịu kéo
 $N_z < 0$: khi thanh chịu nén



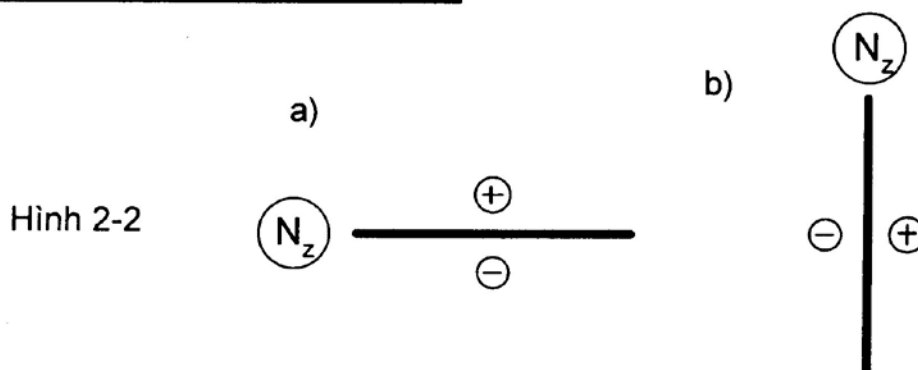
2.2. Biểu đồ lực dọc:

Biểu đồ lực dọc là đường biểu diễn sự biến thiên của lực dọc, dọc theo trục của thanh.

+ Trị số của lực dọc bằng trị số ngoại lực tác dụng lên đoạn thanh đang xét cân bằng; dấu cộng ứng với thanh chịu kéo; dấu trừ ứng với thanh chịu nén.

+ Nếu đoạn thanh đang xét cân bằng có nhiều ngoại lực tác dụng thì lực dọc bằng tổng đại số các lực dọc do từng ngoại lực tác dụng một cách riêng rẽ trên mặt cắt đang xét.

Quy ước cách vẽ biểu đồ (Hình 2-2):



Vẽ đường chuẩn song song với trục thanh (trục nằm ngang hình 2-2a, trục thẳng đứng hình 2-2b). Các đường trang trí mảnh, cách đều nhau và vuông góc với đường chuẩn.

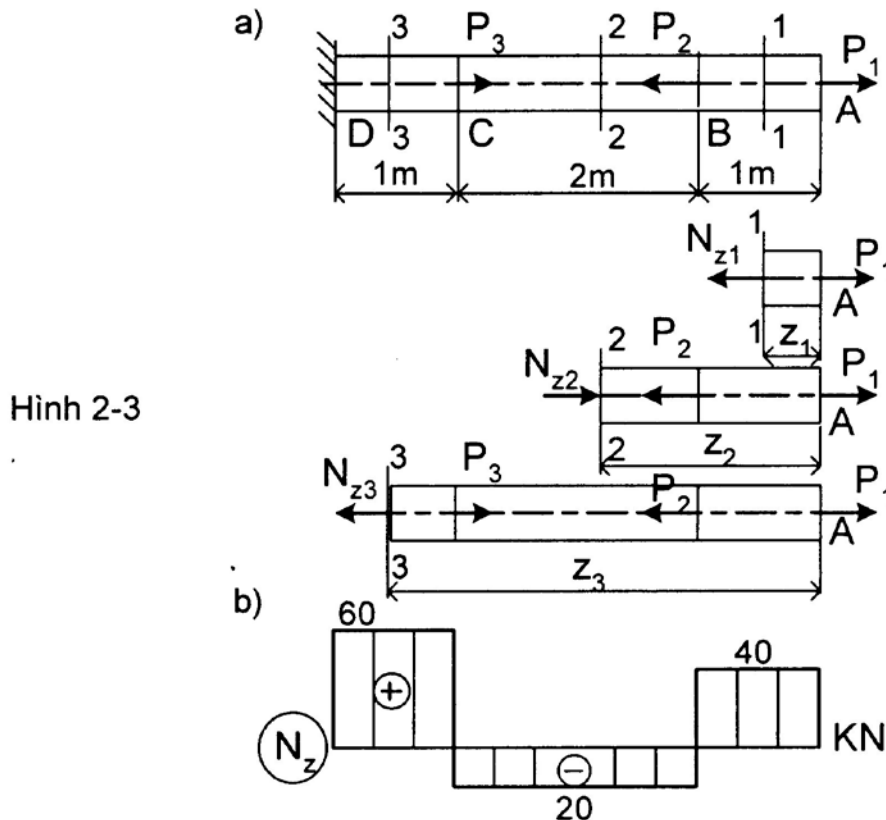
Ví dụ 2.1:

Vẽ biểu đồ nội lực cho thanh có sơ đồ chịu lực hình 2-3a, cho $P_1 = 40$ kN, $P_2 = 60$ kN, $P_3 = 80$ kN

Giải

Phân thanh AD ra thành 3 đoạn : AB, BC, CD.

Cắt từ đầu tự do cắt lần vào :



Biểu thức nội lực trong từng đoạn thanh :

Đoạn AB : Mặt cắt 1 -1 (xét cân bằng phần phải)

$$0 \leq z_1 \leq 1\text{m}$$

$$N_{z1} = P_1 = 40 \text{ kN}$$

Đoạn BC : Mặt cắt 2 -2 (xét cân bằng phần phải)

$$1\text{m} \leq z_2 \leq 3\text{m}$$

$$N_{z2} = P_1 - P_2 = -20 \text{ kN}$$

Đoạn CD : Mặt cắt 3 -3 (xét cân bằng phần phải)

$$3\text{m} \leq z_3 \leq 4\text{m}$$

$$N_{z3} = P_1 - P_2 + P_3 = 60 \text{ kN}$$

Biểu đồ nội lực vẽ ở hình 12-3b

Nhận xét : Tại những mặt cắt có lực tập trung, biểu đồ N_z có bước nhảy, trị số bước nhảy đúng bằng trị số của lực tập trung.