BÙI TRỌNG LỰU - NGUYỄN VĂN VƯỢNG

BÀI TẬP
SỨC BỀN VẬT LIỆU

Thu Vien DHKTCN-TN
MGT07028627

BÙI TRỌNG LỰU - NGUYỄN VĂN VƯỢNG

BÀI TẬP SỨC BỀN VẬT LIỆU

(Tái bản lần thứ mười)

TRƯỜNG ĐẠI HỌC KIẾN TRÚC
THƯ VIỆN
PHÒNG MƯỢN
Mgt 07028627

NHÀ XUẤT BẢN GIÁO DỤC

Bản quyền thuộc HEVOBCO – Nhà xuất bản Giáo dục.

04 – 2008/CXB/92 – 1999/GD Mã số : 7B106y8 – DAI

LỜI NÓI ĐẦU

*Sách **Bài tập sức bền vật liệu** được soạn theo chương trình môn học Sức bền vật liệu.*

Sách nhằm phục vụ việc học tập và giảng dạy tại các trường đại học kĩ thuật (cơ khí và xây dựng) thuộc hệ tập trung và tại chức.

Để thuận lợi cho người sử dụng, mỗi chương của sách có tóm tắt lí thuyết và đưa ra các ví dụ vừa để minh họa vừa làm bài giải mẫu. Các bài tập đều có đáp số để người sử dụng tự kiểm tra.

Trong lần tái bản đầu, sách đã được chỉnh lí lại cho hợp lí và chính xác hơn, đồng thời bổ sung thêm phần "Các đề thi Olympic cơ học về sức bền vật liệu" từ năm 1989 đến 1996.

Tuy có một số kinh nghiệm qua các lần xuất bản, song việc tái bản lần này chắc vẫn không tránh khỏi còn những sai sót. Chúng tôi mong nhận được nhiều ý kiến của bạn đọc. Thư góp ý xin gửi về : Nhà xuất bản Giáo dục – 81 Trần Hưng Đạo – Hà Nội. Xin chân thành cảm ơn.

Các tác giả

Chương 1

KÉO - NÉN ĐÚNG TÂM

1. Ứng suất pháp, biến dạng dài tuyệt đối

Một thanh gọi là chịu kéo, nén đúng tâm khi trên mặt cắt ngang của thanh chỉ có một thành phần nội lực là lực dọc : N_z.

Trên mặt cắt ngang không có ứng suất tiếp, ứng suất pháp phân bố là đều và được tính theo công thức :

$$\sigma = \frac{N_z}{F} \qquad (1\text{-}1)$$

Trong đó : N_z giá trị lực dọc trên mặt cắt ngang tính ứng suất, lực dọc được coi là dương khi thanh chịu kéo và là âm khi thanh chịu nén ;

F - diện tích mặt cắt ngang.

Độ dãn dài tuyệt đối của thanh được tính theo công thức:

$$\Delta l = \int_0^l \frac{N_z}{EF} dz \qquad (1\text{-}2)$$

Trong đó: N_z - lực dọc, là hàm của tọa độ theo trục thanh, $N_z(z)$;

F - diện tích mặt cắt ngang tổng quát cũng là hàm của tọa độ F(z) ;

E môđuyn đàn hồi khi kéo, nén của vật liệu ;

l chiều dài của thanh.

Nếu trên suốt chiều dài l của thanh N_z, E, F là hằng số thì

$$\Delta l = \frac{N_z . l}{EF} \qquad (1\text{-}3)$$

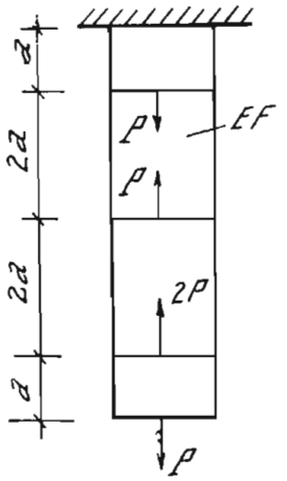
Tổng quát nếu thanh có nhiều đoạn có tính chất trên thì ta chia thanh ra làm nhiều đoạn và công thức có dạng :

$$\Delta l = \sum_{i=1}^{n} \int_0^{l_i} \frac{N_{zi}}{E_i F_i} dz \quad \text{hoặc} \quad \Delta l = \sum_{i=1}^{n} \frac{N_{zi} l_i}{E_i F_i} \qquad (1\text{-}4)$$

Tích số EF được gọi là độ cứng của thanh kéo - nén đúng tâm.

Ví dụ 1-1.

Cho thanh thẳng có mặt cắt không đổi chịu lực như trên hình vẽ. Vẽ biểu đồ lực dọc, biểu đồ ứng suất và biểu đồ chuyển vị của các mặt cắt ngang (H. 1-1).



Hình 1-1

Bài giải

Bằng phương pháp mặt cắt, ta tính được nội lực ở bốn đoạn từ đầu tự do :

$N_1 = P$; $N_2 = P - 2P = P$; $N_3 = P - 2P - P = 2P$;

$N_4 = P - 3P + P = - P$.

Ứng suất ở các đoạn:

$$\sigma_1 = \frac{P}{F}\ ;\ \sigma_2 = -\frac{P}{F}\ ;\ \sigma_3 = -\frac{2P}{F}\ ;\ \sigma_4 = -\frac{P}{F}.$$

Chuyển vị của các mặt cắt tính theo công thức chung :

$$\Delta l = \sum \int \frac{Ndz}{EF} = \frac{1}{EF}\sum \int Ndz.$$

Đoạn 4 (0 ≤ ≤ a)

$$\Delta l_4 = \frac{1}{EF}\int_0^z N_4 d\xi = -\frac{Pz}{EF}.$$

Đoạn 3 (a ≤ z ≤ 3a) :

$$\Delta l_3 = \frac{1}{EF}\left(\int_0^a N_4 dz + \int_a^z N_3 d\xi\right) = \frac{1}{EF}(-Pa - 2Pz + 2Pa) = \frac{1}{EF}(Pa - 2Pz).$$

Đoạn 2 (3a ≤ z ≤ 5a) :

$$\Delta l_2 = \frac{1}{EF}\left(\int_0^a N_4 dz + \int_a^{3a} N_3 dz + \int_{3a}^z N_2 d\xi\right),$$

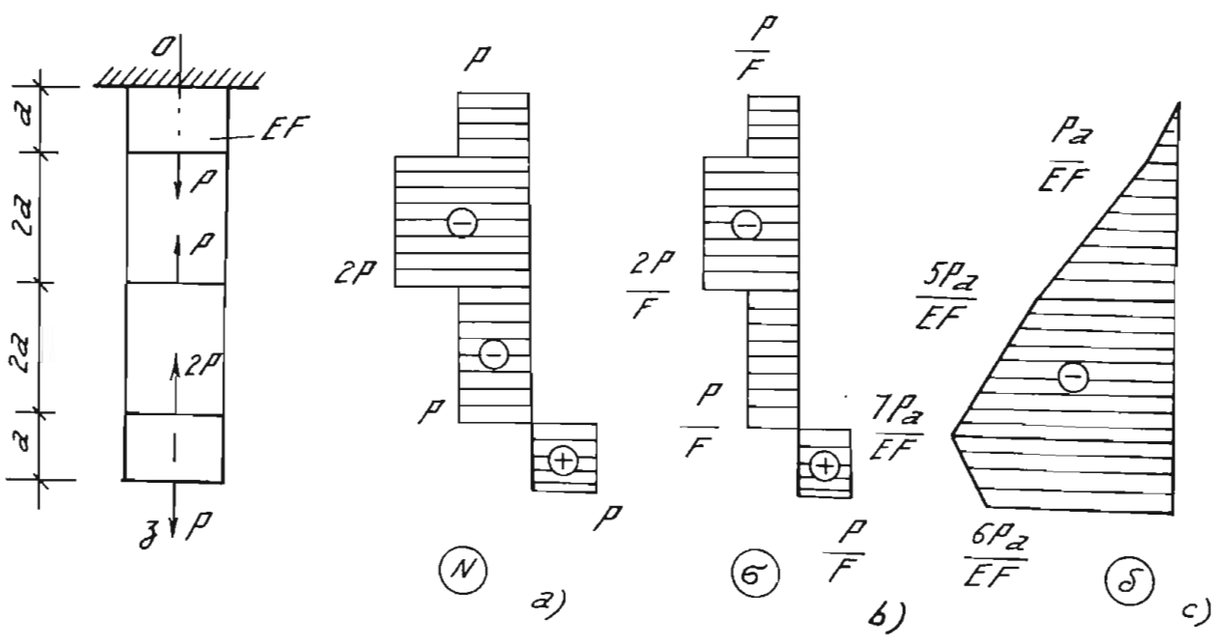
$$= \frac{1}{EF}(-Pa - 4Pa - Pz + 3Pa) = \frac{1}{EF}(-2Pa - Pz).$$

Đoạn 1 (5a ≤ z ≤ 6a) :

$$\Delta l_1 = \frac{1}{EF}\left(\int_0^a N_4 dz + \int_a^{3a} N_3 dz + \int_{3a}^{5a} N_2 dz + \int_{5a}^z N_1 d\xi\right),$$

$$= \frac{1}{EF}(-Pa - 4Pa - 2Pa + Pz - 5Pa) = \frac{1}{EF}(-12Pa + Pz).$$

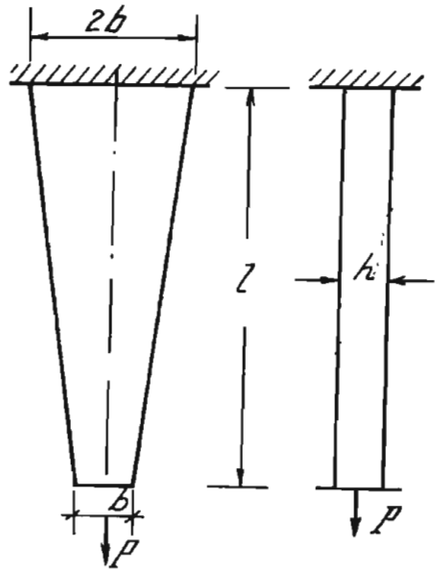
biểu đồ lực dọc, ứng suất, chuyển vị xem hình 1-1a (a, b, c).



Hình 1-1a

Ví dụ 1-2.

Một thanh thẳng có bề dầy không đổi, bề rộng biến đổi theo hàm bậc nhất chịu một lực tập trung ở đầu tự do. Vẽ biểu đồ lực dọc, ứng suất và chuyển vị của các mặt cắt (H. 1-2).



Hình 1-2

Bài giải.

Bề rộng mặt cắt ngang:

$$b_z = b\left(1 + \frac{z}{l}\right).$$

Diện tích mặt cắt ngang m - n:

$$F_z = bh\left(1 + \frac{z}{l}\right).$$

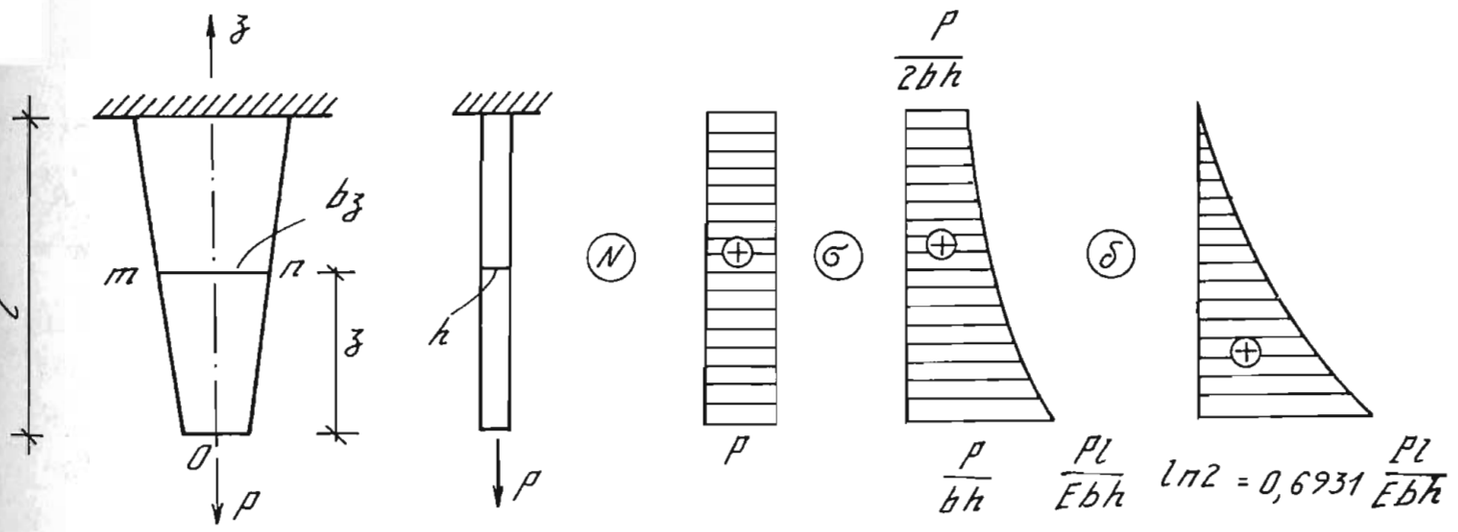
Ứng suất pháp ở mặt cắt ngang m n:

$$\sigma = \frac{P}{bh}\,\frac{1}{1 + \frac{z}{l}}.$$

Chuyển vị của mặt cắt ngang m n:

$$\sigma = \frac{P}{Ebh}\int_z^l \frac{dz}{1 + \frac{z}{l}} = \frac{Pl}{Ebh}\left[\ln\left(1 + \frac{z}{l}\right)\right]_z^l = \frac{Pl}{Ebh}\ln\left|\frac{2}{1 + \frac{z}{l}}\right|.$$

Biểu đồ lực dọc, ứng suất, chuyển vị xem trên hình 1-2a (a, b, c)

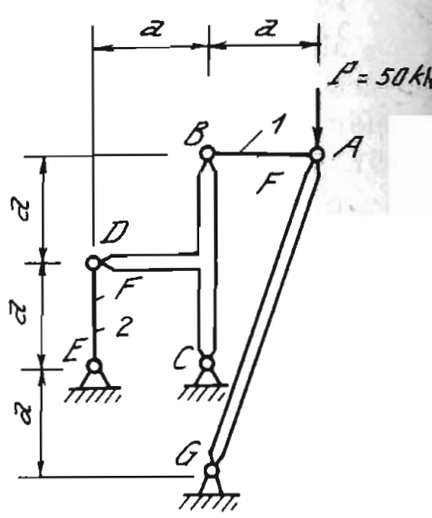


Hình 1-2a

2. Chuyển vị các điểm của hệ thanh liên kết khớp

Chuyển vị đàn hồi các điểm của một hệ thanh liên kết khớp tính theo sơ đồ tổng quát sau : Từ điều kiện cân bằng tĩnh học ta tìm được lực dọc trục của các bộ phận đàn hồi. Dùng công thức tính độ dãn dài tuyệt đối của các bộ phận, vì khi biến dạng các bộ phận của hệ không rời nhau ra, do đó bằng phương pháp các đường giao nhau, ta lập được các điều kiện chập của chuyển vị, tức là các quan hệ hình học của các bộ phận hợp thành hệ thống. Từ những quan hệ ấy ta xác định được các chuyển vị cần tìm.

Khi dùng phương pháp đường giao nhau, cần chú ý rằng các bộ phận của hệ không những có biến dạng dọc trục mà còn có thể quay chung quanh khớp nào đó. Do đó mỗi một điểm của bộ phận đều có thể chuyển vị dọc trục của bộ phận và chuyển vị trên cung tròn có bán kính tương ứng. Cung tròn (đường giao) đó có thể thay bằng đường kẻ vuông góc với bán kính quay vì biến dạng của thanh rất bé so với chiều dài của nó.



Hình 1-3

Ví dụ 1-3.

Xác định đường kính của các thanh có đánh số 1 và 2 sao cho chuyển vị đứng của điểm A không vượt quá 1mm, và ứng suất trong các thanh 1, 2 không quá 16 $\frac{kN}{cm^2}$;

a = 1m, E = 2 10^4 kN/cm^2 (H. 1-3).

Bài giải.

Tính lực dọc trong các thanh 1 và 2 :

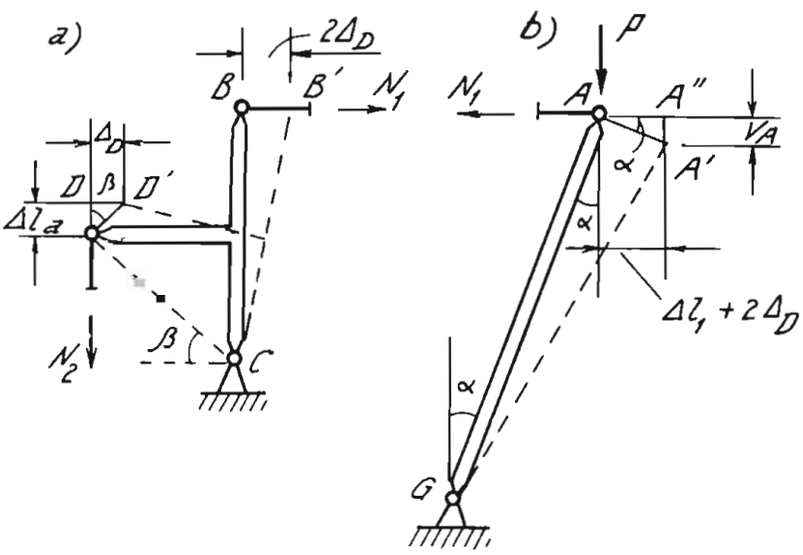
Xét phần phải hình 1-3a(a, b).

$$\sum M_G = 0 \; ; \; N_1 \quad 3a = P \quad a. \text{ Rút ra } N_1 = \frac{P}{3}.$$

Xét phần trái (hình 1-3a-b) $\sum M_c = 0$, $N_2 \quad a = N_1 \quad 2a$

Rút ra $N_2 = 2N_1 = \frac{2}{3}P$.

Biến dạng của các thanh $\Delta l_1 = \frac{N_1 a}{EF} = \frac{Pa}{3EF}$



Hình 1-3a

$$\Delta l_2 = \frac{N_2 a}{EF} = \frac{2Pa}{3EF}.$$

– Tính chuyển vị đứng của điểm A

$$v_A = \overline{AA''}tg\alpha = (2\Delta_D + \Delta l_1)tg\alpha = \frac{2\Delta_D + \Delta l_1}{3}.$$

Nhưng

$$\Delta_D = \Delta l_2 \quad tg\beta = \Delta l_2 \quad 1 = \Delta l_2.$$

Vậy

$$v_A = \frac{2\Delta l_2 + \Delta l_1}{3} = \frac{5Pa}{9EF}$$

– Xác định đường kính theo điều kiện cứng :

$$v_A \leqslant [v_A],$$

hay

$$\frac{5Pa}{9EF} \leqslant [v_A].$$