



Sức Bền Vật Liệu

(Strength of Material)

Chương 2: Thanh chịu kéo và nén

TS. Lê Hữu Thanh

Chương 2: Thanh chịu kéo nén

2.1 Nội lực

Vật thể tồn tại trong thực tế được xem là cấu tạo bởi các phần tử, giữa các phần tử có các lực liên kết với nhau.

Khi có các tác nhân làm biến dạng hình dáng của vật thể, các lực phần tử sẽ có xu hướng chống lại sự thay đổi này. Sự thay đổi của các lực phần tử này được gọi là **nội lực**

2

Chương 2: Thanh chịu kéo nén

Dưới tác động của các tác nhân bên ngoài (ngoại lực) các phần tử của vật thể bị dịch chuyển và vật thể bị biến dạng. Biến dạng của vật thể kết thúc khi vật thể đạt tới trạng thái cân bằng mới.

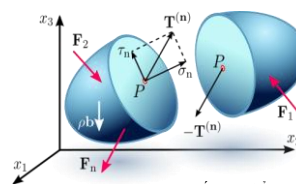
Ngoại lực thực hiện được một 'Công cơ học'. Trong quá trình biến dạng Công được chuyển toàn bộ hoặc một phần thành các 'thể năng biến dạng'.

Ví dụ: Biến dạng của lò xo

3

Chương 2: Thanh chịu kéo nén

Ứng suất



H 2.1 Vector ứng suất tại 1 điểm

σ_n Ứng suất pháp
 τ_n Ứng suất tiếp
 T_n Ứng suất toàn phần

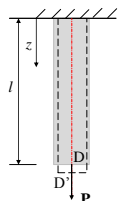
Source: <http://en.wikipedia.org>

4

Chương 2: Thanh chịu kéo nén

2.2. Thanh chịu kéo

Xét thanh chịu tác dụng lực P ở đầu như hình vẽ sau



- Điểm D bị dịch xuống phía dưới (D'),
- Thanh bị dài ra (biến dạng dài)
- Kích thước của thanh bị thu nhỏ lại

H 2.3 Thanh chịu lực

5

Chương 2: Thanh chịu kéo nén

Phân loại đàn hồi

- 1) Đàn hồi hoàn toàn (toàn phần): khi ngoại lực thôi tác dụng, thanh trở lại hình dáng giống như trạng thái ban đầu (Thể năng biến dạng chuyển hóa hoàn toàn thành Công).
- 2) Đàn hồi một phần: xảy ra khi thanh không trở về giống như trạng thái ban đầu. (Thể năng biến dạng chỉ chuyển hóa 1 phần thành Công).

6

Chương 2: Thanh chịu kéo nén

- 3) Vật liệu dùng để chế tạo kết cấu được xem là đàn hồi tuyến tính, đồng nhất, đẳng hướng, và tuân theo định luật Hook

Định luật Hook

$$\varepsilon = \frac{\sigma}{E} \quad (2.1)$$

Trong đó:

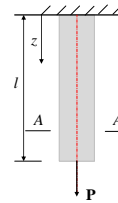
ε : biến dạng/1 đơn vị độ dài
 E : Modul đàn hồi

7

Chương 2: Thanh chịu kéo nén

2.2.2 Ứng suất trong thanh:

Xem thanh bao gồm các thớ dọc và ngang vuông góc với nhau. Trên cùng một phương, các thớ làm việc như nhau. Xét một phần thanh như hình vẽ.



H 2.4 Cân bằng của đoạn thanh

- Tồn tại một lực phân bố trên toàn bộ mặt cắt ngang của thanh.
- Lực phân bố (σ) này là hằng số (Hooke)

8

Chương 2: Thanh chịu kéo nén

Ứng suất: tổng lực phân bố ở mặt trên đoạn thanh phải bằng lực tác dụng P, ta có:

$$\sigma = \frac{P}{A} \quad (2.2)$$

Trong đó:

- σ : là lực tác dụng trên mỗi đơn vị diện tích và được gọi là ứng suất;
- A : diện tích mặt cắt ngang của thanh
- P : Lực tác dụng bên ngoài;
- σA : là nội lực trong thanh.

9

Chương 2: Thanh chịu kéo nén

2.2.3 Biến dạng dài (dọc trục) của thanh:

Biến dạng dọc trục phân bố trên một đơn vị độ dài được định nghĩa bởi công thức

$$\varepsilon = \frac{\delta}{l} \quad (2.3)$$

Trong đó:

- ε : biến dạng dọc/đơn vị độ dài (không thứ nguyên)
- δ : tổng biến dạng dài đo được trên toàn bộ thanh
- l : chiều dài thanh

10

Chương 2: Thanh chịu kéo nén

Thay công thức của định luật Hooke vào công thức (2.3) ta có

Tổng biến dạng dài của thanh được xác định theo công thức

$$\delta = \frac{\sigma}{E} l = \frac{Pl}{AE} \quad (2.4)$$

11

Chương 2: Thanh chịu kéo nén

Nhận xét:

- 1) Trên mặt cắt ngang của thanh chỉ tồn tại 1 thành phần ứng suất vuông góc và được gọi là ứng suất pháp
- 2) Chiều của ứng suất pháp có hướng đi ra ngoài mặt cắt, được ký hiệu là ứng suất dương (ứng suất kéo).
- 3) Thanh có ứng suất pháp là ứng suất dương, và được gọi là bài toán thanh chịu kéo.

12

Chương 2: Thanh chịu kéo nén

Nhận xét (tiếp)

- 4) Ứng suất pháp có hướng đi vào mặt cắt thì được gọi là ứng suất âm (ứng suất nén). Thanh có ứng suất âm được gọi là thanh chịu nén
- 5) Công thức (2.1) – (2.4) có thể áp dụng cho bài toán thanh chịu nén.

13

Chương 2: Thanh chịu kéo nén

- 6) Từ công thức (2.1) và (2.3) ta có

$$\varepsilon = \frac{\delta}{l} \quad \varepsilon = \frac{\sigma}{E}$$

- ε : là thành phần không thứ nguyên.
- Đơn vị của ứng suất (σ) và Module đàn hồi (E) là giống nhau.
- Tùy vào bài toán ε có thể được gọi là biến dạng kéo hoặc nén.

14

Chương 2: Thanh chịu kéo nén

2.3 Vẽ biểu đồ cho thanh chịu kéo nén**2.3.1. Các quy ước cơ bản**

- Trục thanh được xem như trục chuẩn, chiều dài của trục chuẩn tỉ lệ thuận với chiều dài của thanh.
- Trên mỗi thanh, tải trọng tác dụng, tiết diện mặt cắt ngang của thanh là không đổi.
- Lực dọc và ứng suất dương được vẽ về bên phải trục chuẩn
- Chuyển vị của thanh được vẽ từ vị trí cố định (không dịch chuyển, các gối cố định)

15

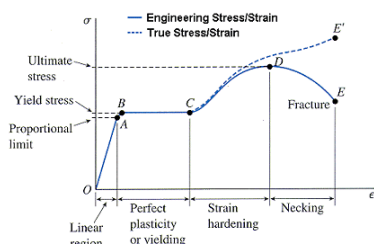
Chương 2: Thanh chịu kéo nén

Ví dụ 2.1

Ví dụ trang 51, SBVL – Đại học kiến Trúc

16

Chương 2: Thanh chịu kéo nén

2.4 Quan hệ ứng suất – biến dạng

H 2.2 Đường cong ứng suất – biến dạng của vật liệu thép chịu kéo

17

Chương 2: Thanh chịu kéo nén

2.5 Ứng suất cho phép – điều kiện bền

Đường cong ứng suất – biến dạng cho ta biết giá trị của các đại lượng như ứng suất đàn hồi, chảy và ứng suất giới hạn

Để vật liệu làm việc ở trạng thái bình thường, ứng suất lớn nhất xuất hiện trong vật liệu phải nhỏ hơn giá trị của một ứng suất quy ước nào đấy. Ứng suất quy ước này được gọi là **ứng suất cho phép**.

18

Chương 2: Thanh chịu kéo nén

Tùy theo điều kiện bài toán, tính chất của vật liệu và phương pháp tính mà ứng suất cho phép được xác định bởi ứng suất chảy hay ứng suất giới hạn chia cho hệ số $n > 1$. n được gọi là hệ số an toàn.

$$[\sigma] = \frac{\sigma_y}{n} \text{ hoặc } [\sigma] = \frac{\sigma_u}{n}$$

Trong đó

$[\sigma]$: ứng suất cho phép

σ_y, σ_u : ứng suất chảy và ứng suất giới hạn

n : hệ số an toàn ($n > 1$)

19

Chương 2: Thanh chịu kéo nén

2.6 Bài toán siêu tĩnh

Bài toán siêu tĩnh là bài toán mà ta không thể xác định được nội lực của các thanh trong hệ kết cấu bằng các phương trình cân bằng.

Để giải các bài toán này, ta phải dựa vào liên hệ chuyển vị giữa các thanh để lập thêm các phương trình phụ.

Số phương trình phụ bằng tổng số ẩn – số phương trình cân bằng tĩnh định độc lập.

21

Chương 2: Thanh chịu kéo nén

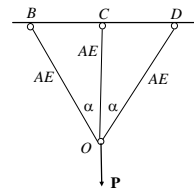
Ví dụ 2.2

Ví dụ trang 62. SBVL – ĐHKT Hà Nội

20

Chương 2: Thanh chịu kéo nén

Ví dụ 2.3

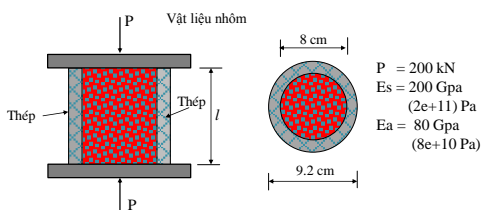


22

Chương 2: Thanh chịu kéo nén

Ví dụ 4:

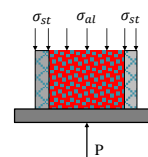
Một vòng thép bọc ngoài khối hợp kim nhôm, hai đầu được bịt bởi vật liệu xem như cứng tuyệt đối. Khối vật liệu chịu tác dụng của lực P ở hai đầu (hình vẽ). Tìm ứng suất trong vòng thép và lớp hợp kim nhôm



23

Chương 2: Thanh chịu kéo nén

Xét cân bằng đoạn vật liệu như hình vẽ:



Viết các phương trình cân bằng

$$\sum Y = P_{st} + P_{al} - P = 0 \quad (1)$$

Trong đó

$$P_{st} = \sigma_{st} \cdot A_{st}$$

$$P_{al} = \sigma_{al} \cdot A_{al}$$

$$A_{st}: \text{Diện tích của vòng thép, ta có } A_{st} = \frac{129}{25} \pi = 16.21$$

$$A_{al}: \text{Diện tích của khối hợp kim, ta có } A_{al} = 16\pi = 50.26 \text{ cm}^2$$

24

Chương 2: Thanh chịu kéo nén

Viết phương trình phụ

Tổng biến dạng dài của vành thép và khối hợp kim phải bằng nhau:

Ta có:

$$\delta_{st} = \delta_{al} \leftrightarrow \frac{P_{st}l}{A_{st}E_{st}} = \frac{P_{al}l}{A_{al}E_{al}} \leftrightarrow P_{st} = \frac{A_{st}E_{st}}{A_{al}E_{al}} P_{al}$$

$$P_{st} = \frac{129}{25.16} \cdot \frac{2.10^{11}}{8.10^{10}} \cdot P_{al} = \frac{129}{160} \cdot P_{al} \quad (2)$$

Từ (1) và (2) ta có:

$$\frac{129}{160} \cdot P_{al} + P_{al} = \frac{289}{160} \cdot P_{al} = P = 200 \quad P_{al} = 110.7 \text{ (kN)}$$

$$P_{st} = 89.3 \text{ (kN)}$$

25

Chương 2: Thanh chịu kéo nén

Tính ứng suất:

$$\sigma_{al} = \frac{P_{al}}{A_{al}} = 2.2 \text{ (kN/cm}^2\text{)}$$

$$\sigma_{st} = \frac{P_{st}}{A_{st}} = 5.5 \text{ (kN/cm}^2\text{)}$$

26

