



**Trân trọng chào đón !**

---

Chương Trình Cơ Kỹ thuật  
Lớp học: ngày thứ 7 + Chủ nhật  
Trường Đại học Điện lực

---

---

---

---

---

---

---

---



**Trân trọng chào đón!**

Thuyết trình:  
Đỗ Thiên Trà  
[dothientra@gmail.com](mailto:dothientra@gmail.com)  
0903353735



---

---

---


---

---

---

---

---



Chương trình Cơ Kỹ thuật

---

Giảng viên: ThS Đỗ Thiên Trà

---

---

---


---

---


---

---

---



## KÉO - NÉN ĐÚNG TÂM



I. Định nghĩa

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.

---

---

---


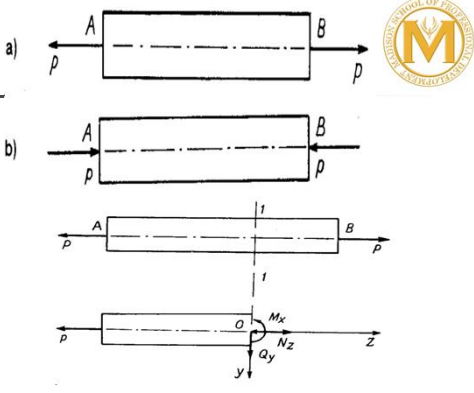

---

---

---

---

---

---

---

---


---

---


---

---

---



## KÉO - NÉN ĐÚNG TÂM



Ví dụ, thanh thẳng AB ở trạng thái cân bằng dưới tác dụng của hai lực đặt tại A và B.

Tưởng tượng cắt thanh AB làm hai phần bởi mặt cắt 1-1.

---

---

---

---

---

---

---

---

**KÉO - NÉN ĐÚNG TÂM**

- Xét sự cân bằng của phần trái.  
 - Từ phương trình cân bằng mômen các lực đối với điểm O, ta có  $M_x = 0$ , cân bằng lực trên trục y ta thấy  $Q_y = 0$ .

---

---

---

---

---

---

---

---

**KÉO - NÉN ĐÚNG TÂM**

Từ phương trình cân bằng hình chiếu các lực trên trục z, ta có:

$$\sum F_z = N_z - P = 0 \rightarrow N_z = P$$


---

---

---

---

---

---

---

---

**KÉO - NÉN ĐÚNG TÂM**

---

---

---


---

---

---

---

---



## KÉO - NÉN ĐÚNG TÂM

- Vậy trên mọi mặt cắt ngang của thanh ta có :  $N_z \neq 0, M = Q = 0$
- Dấu của lực dọc được quy ước là dương khi thanh chịu kéo, nghĩa là lực dọc hướng ra ngoài mặt cắt và làm thanh dãn dài ra.
- Lực dọc âm khi thanh chịu nén, nghĩa là lực dọc hướng vào phía trong mặt cắt và làm thanh co lại .

---

---

---


---

---

---

---

---



## KÉO - NÉN ĐÚNG TÂM

2. Biểu đồ lực dọc

Lực dọc có thể thay đổi từ mặt cắt ngang này sang mặt cắt ngang khác, hay từ đoạn thanh này sang đoạn thanh khác. Người ta dùng biểu đồ lực dọc để biểu diễn sự biến thiên của lực dọc theo trục của thanh.

---

---

---

---

---

---

---

---



## KÉO - NÉN ĐÚNG TÂM

Vẽ biểu đồ lực dọc của thanh chịu lực như hình




---

---

---


---

---

---

---

---



## KÉO - NÉN ĐÚNG TÂM

III. Ứng suất pháp trên mặt cắt ngang

1. Quan sát một mẫu thí nghiệm chịu kéo (nén)

Thí nghiệm kéo (nén) cho một mẫu là một thanh lăng trụ và trong quá trình thí nghiệm người ta phải đảm bảo là thanh luôn chịu lực đúng tâm.

---

---

---


---

---

---

---

---



## KÉO - NÉN ĐÚNG TÂM

Trước khi thí nghiệm người ta kẻ các đường vạch song song và vuông góc với trục thanh trên bề mặt thanh. Những vạch vuông góc với trục thanh được xem là vết của mặt cắt ngang

---

---

---


---

---

---

---

---



## KÉO - NÉN ĐÚNG TÂM

Khi quan sát thanh chịu kéo (hay nén), người ta nhận thấy:

- Trục thanh vẫn thẳng.
- Những vạch song song với trục thanh vẫn thẳng và song song với trục thanh.

---

---

---

---

---

---

---

---

**KÉO - NÉN ĐÚNG TÂM**

---

---

---

---

---

---

---

---

**KÉO - NÉN ĐÚNG TÂM**

- Những vạch vuông góc với trục thanh thẳng và vuông góc với trục thanh, nhưng khoảng cách giữa các vạch đó có thay đổi.
- Khi chịu kéo các vạch tách xa nhau ra, khi chịu nén các vạch đó dịch gần nhau lại.

---

---

---

---

---

---

---

---

**KÉO - NÉN ĐÚNG TÂM**

Từ các nhận xét trên, người ta thừa nhận hai giả thiết sau:

- Giả thiết mặt cắt ngang phẳng (Bernoulli): Trong quá trình biến dạng, mặt cắt ngang của thanh luôn phẳng và vuông góc với trục thanh.

---

---

---


---

---


---

---

---



## KÉO - NÉN ĐÚNG TÂM



- Giả thiết về các thớ dọc: Trong quá trình biến dạng, các thớ dọc không ép lên nhau và cũng không đẩy xa nhau. Theo giả thiết này người ta thừa nhận giữa các thớ dọc với nhau không phát sinh ứng suất pháp (tức  $\sigma_x = \sigma_y = 0$ ).

---

---

---


---

---


---

---

---



## KÉO - NÉN ĐÚNG TÂM



Theo hai giả thiết trên, rõ ràng trên mặt cắt ngang của thanh chỉ có ứng suất pháp  $\sigma_z$ , còn thành phần ứng suất tiếp không có.

---

---

---


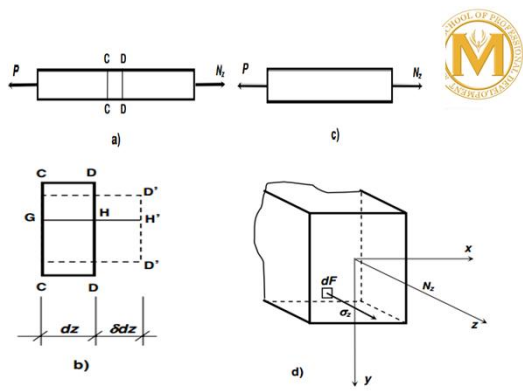

---

---

---

---

---

---

---

---


---

---

---

---

---



## KÉO - NÉN ĐÚNG TÂM

Theo các giả thiết về thanh chịu kéo (nén đúng tâm), sau khi chịu kéo (nén) trục thanh vẫn thẳng, những vạch vuông góc với trục thanh vẫn thẳng và vuông góc với nhau nên có thể thấy các thớ đều giãn (co) như nhau.

---

---

---


---

---

---

---

---



## KÉO - NÉN ĐÚNG TÂM

Nghĩa là mọi điểm trên mặt cắt ngang đều có biến dạng dài tỷ đối  $\varepsilon_z$  như nhau. Như vậy ứng suất pháp  $\sigma_z$  phân bố đều trên mặt cắt ngang

---

---

---


---

---

---

---

---



## KÉO - NÉN ĐÚNG TÂM

2. Biểu thức liên hệ giữa ứng suất pháp và lực dọc

Ta có:  $\int_F \sigma_z dF = N_z$  vì  $(\varepsilon_z = \frac{\delta dz}{dz} \quad \varepsilon_z = \frac{\sigma_z}{E})$

Nên  $\sigma_z = \text{const}$  ta được:  $\sigma_z F = N_z$

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

---

---

---

---

---

---

---

---



## KÉO - NÉN ĐÚNG TÂM

Bài toán. Cho thanh chịu lực như hình phần CD chịu tải trọng phân bố đều có cường độ  $1,5 \text{ kN/m}$ . Mặt cắt ngang thanh không đổi có diện tích  $F = 0,5 \text{ cm}^2$ .  
 Tính ứng suất pháp lớn nhất.

---

---

---

---

---

---

---

---

## KÉO - NÉN ĐÚNG TÂM

a)

---

---

---

---

---

---

---

---

## KÉO - NÉN ĐÚNG TÂM

**IV. Biến dạng - độ dẫn dài của thanh**

- Gọi  $l$  là chiều dài ban đầu của thanh, khi chịu lực chiều dài thanh thay đổi một đoạn  $\Delta l$ ,  $\Delta l$  là biến dạng dài tuyệt đối của thanh.
- Nếu ký hiệu  $\Delta dz$  (hay  $\delta dz$ ) là biến dạng dài của một phần tử thanh bất kỳ có chiều dài ban đầu  $dz$  vô cùng bé, ta có:

---

---

---


---

---

---

---

---



## KÉO - NÉN ĐÚNG TÂM

Biến dạng dọc trục z của đoạn dz chính là  $\delta dz$  hình

Như vậy biến dạng dài tương đối của đoạn dz là:  $\epsilon_z = \frac{\delta dz}{dz}$  (a)

---

---

---


---

---

---

---

---



## KÉO - NÉN ĐÚNG TÂM

Suy ra biến dạng dài (dãn khi thanh kéo, co khi thanh nén) của đoạn thanh dài L:

$$\Delta L = \int_L \delta dz = \int_L \frac{N_z}{EF} dz \quad (3.2)$$

Nếu E, F là hằng số và  $N_z$  cũng không đổi trên chiều dài L của thanh, ta sẽ được:

---

---

---


---

---

---

---

---



## KÉO - NÉN ĐÚNG TÂM

$$\Delta L = \frac{N_z}{EF} \int_L dz = \frac{N_z L}{EF} \quad (3.3)$$

Nếu thanh gồm nhiều đoạn chiều dài  $L_i$  và trên mỗi đoạn  $N_i$ , E, A không đổi thì:

---

---

---


---

---

---

---

---



## KÉO - NÉN ĐÚNG TÂM

$$\Delta L = \sum \Delta L_i = \sum \frac{N_i L_i}{E_i F_i} \quad (3.3')$$

Chỉ số  $E$  gọi là độ cứng khi chịu kéo hay nén đúng tâm của thanh.

---

---

---


---

---

---

---

---



## KÉO - NÉN ĐÚNG TÂM

Vật liệu	$E$ (kN/cm <sup>2</sup> )	$\mu$
Thép (0,15 ÷ 0,20)%C	$2 \times 10^4$	0,25 ÷ 0,33
Thép lò xo	$2,2 \times 10^4$	0,25 ÷ 0,33
Thép niken	$1,9 \times 10^4$	0,25 ÷ 0,33
Gang xám	$1,15 \times 10^4$	0,23 ÷ 0,27
Đồng	$1,2 \times 10^4$	0,31 ÷ 0,34
Đồng thau	$(1,0 \div 1,2) \cdot 10^4$	0,31 ÷ 0,34
Nhôm	$(0,7 \div 0,8) \cdot 10^4$	0,32 ÷ 0,36
Gỗ dọc thớ	$(0,08 \div 0,12) \cdot 10^4$	
Cao su	0,8	0,47

---

---

---


---

---

---

---

---



## KÉO - NÉN ĐÚNG TÂM

2. Biến dạng ngang:  
Theo phương ngang cũng có biến dạng, ta chọn  $z$  là trục thanh,  $x, y$  là các phương vuông góc với  $z$ . Nếu gọi  $\varepsilon_x$  và  $\varepsilon_y$  là biến dạng dài tương đối theo hai phương  $x, y$ , thì ta có quan hệ như sau:

---

---

---


---

---


---

---

---



## KÉO - NÉN ĐÚNG TÂM



$\epsilon_x = \epsilon_y = -\mu\epsilon_z$

Trong đó:  $\mu$  - hệ số Poisson, là hằng số vật liệu

Dấu (-) trong biểu thức chỉ rằng biến dạng theo phương dọc và ngang ngược nhau.

---

---

---


---

---


---

---

---



## KÉO - NÉN ĐÚNG TÂM



Thí dụ 3.1. Vẽ biểu đồ dọc  $N_z$  tính ứng suất và biến dạng dài toàn phần của thanh trên hình cho biết  $E = 2 \cdot 10^4$  kN/cm<sup>2</sup>;  $F_1 = 10$ cm<sup>2</sup>;  $F_2 = 20$ cm<sup>2</sup>.

---

---

---

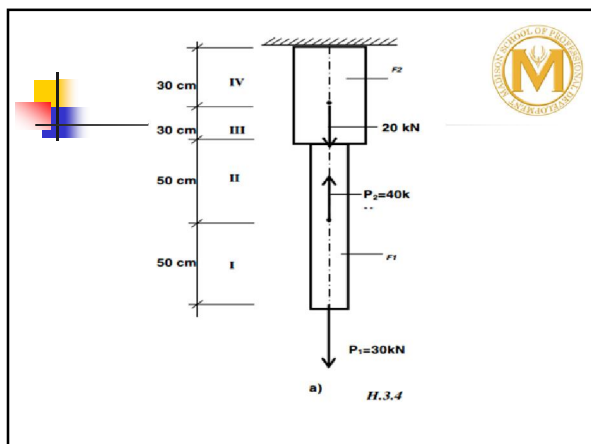
---

---

---

---

---




---

---

---


---

---

---

---

---



## KÉO - NÉN ĐÚNG TÂM

V. Điều kiện bền

1. Ứng suất cho phép.

Khi tính sức bền các chi tiết, các kết quả tính toán phải đảm bảo cho chúng không bị phá hỏng. Ví dụ, đối với vật liệu giòn chưa phát sinh các vết nứt, đối với vật liệu dẻo - chưa có biến dạng lớn.

---

---

---


---

---

---

---

---



## KÉO - NÉN ĐÚNG TÂM

Muốn vậy ứng suất tính toán lớn nhất tại một điểm nào đó trong quá trình chịu lực không được vượt quá giới hạn quy định cho từng loại vật liệu. Ta gọi đó là ứng suất giới hạn nguy hiểm, ký hiệu là  $\sigma_0$ .

---

---

---


---

---

---

---

---



## KÉO - NÉN ĐÚNG TÂM

Trong bài toán kéo nén đúng tâm, đối với vật liệu giòn ta chọn  $\sigma_0 = \sigma_b$  là giới hạn bền còn đối với vật liệu dẻo ta chọn  $\sigma_0 = \sigma_{ch}$  là giới hạn chảy vì khi đạt tới giới hạn đó tuy vật liệu chưa bị phá hủy nhưng biến dạng đã quá lớn so với biến dạng đàn hồi.

---

---

---


---

---

---

---

---



## KÉO - NÉN ĐÚNG TÂM

Để đảm bảo an toàn, trong thực tế người ta thường sử dụng một giá trị ứng suất bé hơn ứng suất nguy hiểm gọi là ứng suất cho phép, kí hiệu là  $[\sigma]$

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


---

---

---


---

---

---

---

---



## KÉO - NÉN ĐÚNG TÂM

$n$ - là hệ số an toàn, nó nhận giá trị lớn hơn 1.  
Như vậy, đối với vật liệu dẻo

$$[\sigma]_n = [\sigma]_k = \frac{\sigma_{ch}}{n}$$


---

---

---


---

---

---

---

---



## KÉO - NÉN ĐÚNG TÂM

Đối với vật liệu giòn, vì khả năng chịu nén tốt hơn chịu kéo, nên ta có:

$$[\sigma]_n = \frac{\sigma_b^n}{n}$$

$$[\sigma]_k = \frac{\sigma_b^k}{n}$$


---

---

---


---

---

---

---

---



## KÉO - NÉN ĐÚNG TÂM

$[\sigma]_n$  ứng suất cho phép khi nén.  
 $[\sigma]_k$  ứng suất cho phép khi kéo  
 $\sigma_b^n, \sigma_b^k$  giới hạn bền khi nén, khi kéo  
 $\sigma_{ch}$  giới hạn chảy

---

---

---


---

---

---

---

---



## KÉO - NÉN ĐÚNG TÂM

**b.** Điều kiện bền của thanh chịu kéo- nén đúng tâm.  
 Đối với vật liệu dẻo:

$$|\sigma|_{max} = \frac{N_z}{F} [\sigma]$$


---

---

---


---

---

---

---

---



## KÉO - NÉN ĐÚNG TÂM

Còn đối với vật liệu giòn là:

$$\sigma_{max} = \frac{N_z^k}{F} \leq [\sigma]_k$$

$$|\sigma_{min}| = \frac{N_z^n}{F} \leq [\sigma]_n$$


---

---

---


---

---

---

---

---



## KÉO - NÉN ĐÚNG TÂM

VI. Ba bài toán cơ bản của thanh chịu kéo nén đúng tâm

1. Kiểm tra bền (nghiệm bền)

Trình tự kiểm tra bền của thanh như sau:

- Tính ứng suất lớn nhất và nhỏ nhất trong thanh

\* So sánh  $\sigma_{\max}$  với  $[\sigma]_k$ ,  $\sigma_{\min}$  với  $[\sigma]_n$

---

---

---


---

---

---

---

---



## KÉO - NÉN ĐÚNG TÂM

Nếu  $\sigma_{\max} \leq [\sigma]_k$  và  $|\sigma_{\min}| \leq [\sigma]_n$ : kết luận thanh đủ bền.

Nếu  $\sigma_{\max} > [\sigma]_k$  hoặc  $|\sigma_{\min}| > [\sigma]_n$  kết luận thanh không đủ bền.

Chú ý: nếu thanh bằng vật liệu dẻo chỉ cần so sánh giá trị lớn nhất trong hai giá trị  $\sigma_{\max}$  và  $|\sigma_{\min}|$  với  $[\sigma]$

---

---

---


---

---

---

---

---



## KÉO - NÉN ĐÚNG TÂM

2. Chọn kích thước mặt cắt ngang

Để thiết kế một chi tiết về phương diện bền, sau khi chọn vật liệu, xác định lực tác dụng người thiết kế phải tính kích thước mặt cắt ngang cần thiết để chi tiết làm việc đủ bền.

---

---

---

---


---

---

---

---





## KÉO - NÉN ĐÚNG TÂM

Khi xác định được dọc từ công thức ta suy ra điều kiện để chọn mặt cắt:

$$F \geq \frac{N}{[\sigma]}$$


---

---

---


---

---

---

---

---



## KÉO - NÉN ĐÚNG TÂM

Với đoạn thanh chịu kéo:

$$F \geq \frac{N_{zmax}}{[\sigma]_K}$$

Với đoạn thanh chịu nén

$$F \geq \frac{N_{zmin}}{[\sigma]_n}$$


---

---

---


---

---

---

---

---



## KÉO - NÉN ĐÚNG TÂM

3. Xác định lực tác dụng

Khi biết vật liệu (biết  $[\sigma]_n$ ,  $[\sigma]_k$ ), kích thước mặt cắt ngang, cần phải xác định giá trị các lực tác dụng lớn nhất vào thanh mà thanh vẫn đủ bền. Nghĩa là xác định các lực tác dụng vào thanh sao cho nội lực lớn nhất sinh ra trong các mặt cắt ngang của thanh phải đảm bảo điều kiện:

---

---

---


---

---


---

---

---



## KÉO - NÉN ĐÚNG TÂM



Với vật liệu dẻo:  
 $N_{zmax} \leq F[\sigma]$   
 Với vật liệu giòn:  
 Với đoạn thanh chịu kéo:  
 $N_{zmax} \leq F[\sigma]_k$   
 Với đoạn thanh chịu nén  
 $N_{zmin} \leq F[\sigma]_n$

---

---

---


---

---


---

---

---



## KÉO - NÉN ĐÚNG TÂM



Bài toán: Cho hệ lực như hình vẽ. Xác định tải trọng cho phép [P] theo điều kiện bền của thanh 1, 2, 3. Cho biết  $[\sigma] = 16\text{kN/cm}^2$ ;  $F_1 = 2\text{ cm}^2$ ;  $F_2 = 1\text{cm}^2$ ;  $F_3 = 2\text{cm}^2$ ;

---

---

---

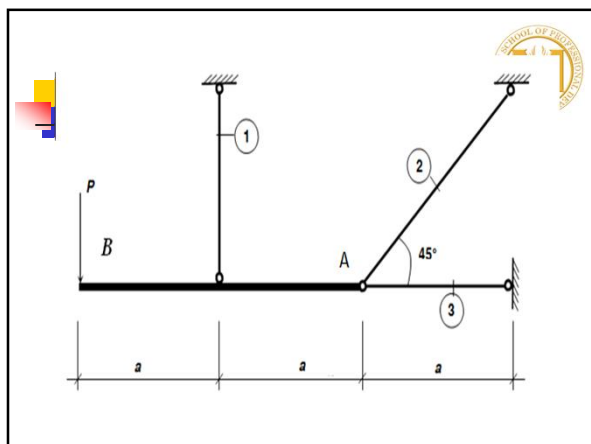
---

---

---

---

---




---

---

---

---

---

---

---

---



---

---

---

---

---

---

---