

## CHƯƠNG II: TÍNH TOÁN CẤU KIỆN CƠ BẢN

### §1 CÁC PHƯƠNG PHÁP TÍNH TOÁN KCG

#### 1.1 Phương pháp tính theo ứng suất cho phép:

$$\sigma_{\max} \leq [\sigma] = \frac{\sigma_{gh}}{k} \quad (2.1)$$

$\sigma_{\max}$ : Ứng suất lớn nhất trong cấu kiện do tải trọng tiêu chuẩn sinh ra.

$[\sigma]$ : Ứng suất cho phép của vật liệu.

$\sigma_{gh}$ : Cường độ giới hạn của vật liệu.

$k$ : Hệ số an toàn xét đến ảnh hưởng tải trọng tác dụng lâu dài, khuyết tật và các yếu tố khác.

- Phương pháp này chỉ dùng 1 hệ số an toàn để xét đến mọi yếu tố khác, bỏ qua tính dẻo của vật liệu, chưa kể đến điều kiện làm việc thực tế của kết cấu.

#### 1.2 Phương pháp tính theo trạng thái giới hạn:

**1. Khái niệm:** Trạng thái giới hạn (TTGH) là trạng thái lúc kết cấu bắt đầu không thể tiếp tục sử dụng được nữa.

##### a. Trạng thái giới hạn I (Về cường độ và ổn định):

- Điều kiện:  $N \leq S$ , (2.2)

$N$ : Nội lực gây ra bởi tải trọng tính toán trong cấu kiện:

$$N = \sum P_i^c \cdot \overline{N}_i \cdot n_i \cdot \gamma_n^i \cdot n_c^i$$

$P_i^c \cdot \overline{N}_i$ : Nội lực do tải trọng tiêu chuẩn  $P_i^c$  gây ra trong điều kiện bất lợi nhất..

$n_i, \gamma_n^i, n_c^i$ : Hệ số vượt tải; hệ số an toàn; hệ số tổ hợp.

$S$ : Khả năng chịu lực, là nội lực giới hạn mà cấu kiện có thể chịu được, phụ thuộc vào các đặc trưng hình học của tiết diện và các đặc trưng cơ học của vật liệu:

$$S = \gamma \cdot R \cdot A$$

$\gamma$ : Hệ số điều kiện làm việc.

$R$ : Cường độ tính toán của gỗ  $R = k \cdot R_c$

$R_c$ : Cường độ tiêu chuẩn của gỗ

$k$ : Hệ số đồng nhất;  $k = k_1 \cdot k_2$

$A$ : Đặc trưng hình học của tiết diện ( $F, J, W, S, \dots$ ).

##### b. Trạng thái giới hạn II (Về biến dạng):

- Điều kiện:  $\Delta \leq [\Delta]$  (2.3)

$\Delta$ : Biến dạng do các tải trọng tiêu chuẩn gây ra trong trường hợp bất lợi nhất:

$$\Delta = \sum P_i^c \cdot \gamma_n^i \cdot n_c^i \cdot \delta_i$$

$\delta_i$ : Biến dạng gây bởi tải trọng đơn vị.

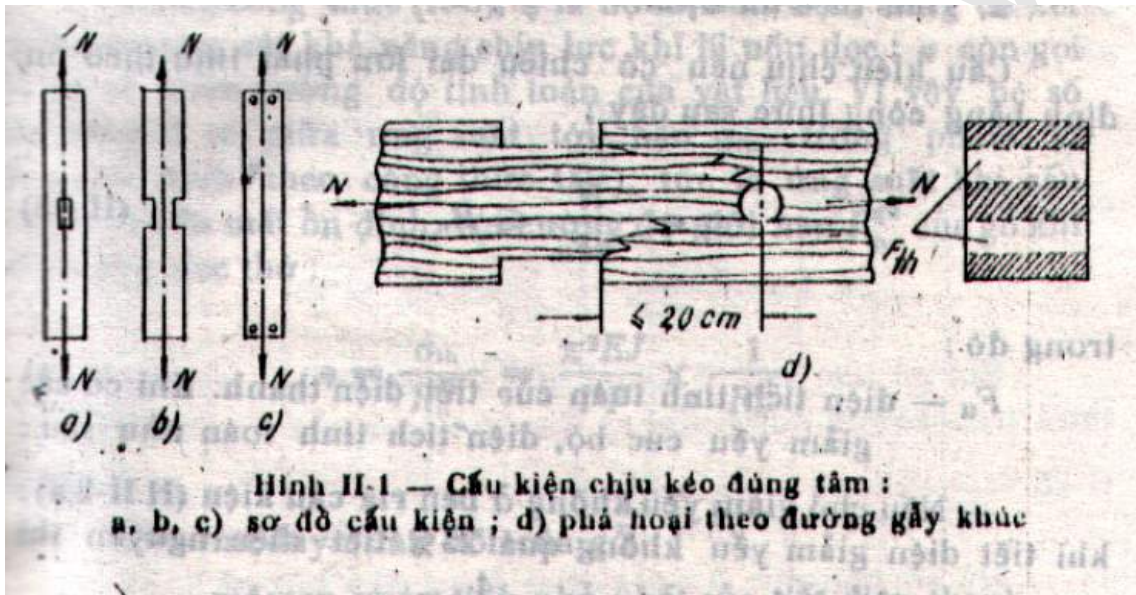
$[\Delta]$ : Biến dạng cho phép, được qui định trong tiêu chuẩn thiết kế KCG TCXD 44-70.

- Phương pháp này dùng các hệ số riêng biệt (hệ số vượt tải, hệ số đồng chất, hệ số điều kiện làm việc) cụ thể và có căn cứ khoa học để xét mỗi trạng thái nguy hiểm của kết cấu. Vì vậy, phản ánh đầy đủ tình hình làm việc thực tế của kết cấu, tận dụng được khả năng chịu lực, tiết kiệm vật liệu. Do đó, phương pháp tính toán theo trạng thái giới hạn đang được áp dụng ngày càng rộng rãi.

## §2 CẤU KIỆN CHỊU KÉO ĐÚNG TÂM

### 2.1 Khái niệm:

Cấu kiện chịu kéo đúng tâm khi lực kéo nằm dọc theo trục cấu kiện và các chỗ giảm yếu (nếu có) đối xứng qua trục cấu kiện.



Hình II-1 — Cấu kiện chịu kéo đúng tâm :  
a, b, c) sơ đồ cấu kiện ; d) phá hoại theo đường gãy khúc

### 2.2 Công thức tính:

$$\sigma = \frac{N}{F_{th}} \leq m_k R_k \quad (2.4)$$

$F_{th} = F_{ng} - F_{gy}$ : Diện tích tiết diện thu hẹp của tiết diện.

$F_{gy}$ : Tổng diện tích giảm yếu trên các tiết diện trong khoảng dài 20cm hay mọi giảm yếu trong phạm vi 20cm kể trên 1 tiết diện để tránh phá hoại trên đường gãy khúc

$F_{gy} < 0,5F_{ng}$ : Giảm yếu đối xứng

$F_{gy} < 0,4F_{ng}$ : Giảm yếu không đối xứng

$m_k$ : Hệ số điều kiện làm việc kể đến ảnh hưởng của sự tập trung ứng suất do giảm yếu làm giảm cường độ chịu kéo của gỗ:

$m_k = 0,8$ : khi có giảm yếu tiết diện.

$m_k = 1$ : khi không có giảm yếu tiết diện.

$R_k$ : Cường độ chịu kéo dọc thớ của gỗ

- Ngoài ra, qui phạm còn qui định:  $\lambda \leq [\lambda]$ : (2.5)

$[\lambda] = 150$ : cấu kiện chính chịu kéo.

$[\lambda] = 200$ : cấu kiện giằng liên kết.

### §3. CẤU KIỆN CHỊU NÉN ĐÚNG TÂM

#### 3.1 Khái niệm:

Cấu kiện chịu nén đúng tâm khi lực kéo nằm dọc theo trục cấu kiện và các chỗ giảm yếu (nếu có) đối xứng qua trục cấu kiện. Thường gặp ở cột, thanh chống...

#### 3.2 Công thức tính toán:

##### 1. Điều kiện cường độ:

$$\sigma = \frac{N}{F_{th}} \leq m_n R_n \quad (2.6)$$

$F_{th}$ : Diện tích tiết diện thu hẹp, tính như cấu kiện chịu kéo.

$m_n = 1$ : Do gỗ có tính dẻo khi chịu nén nên không cần xét ảnh hưởng của ứng suất tập trung ở tiết diện giảm yếu.

##### 2. Điều kiện ổn định:

$$\sigma = \frac{N}{\varphi F_{tt}} \leq m_n R_n \quad (2.7)$$

-  $F_{tt}$ : Diện tích tính toán tiết diện.

+ Giảm yếu ở giữa và đối xứng:

$$F_{tt} = F_{ng} \quad \text{Khi } F_{gy} \leq 25\% F_{ng}$$

$$F_{tt} = 4/3 F_{th} \quad \text{Khi } F_{gy} > 25\% F_{ng}$$

+ Khi giảm yếu ở biên và đối xứng:  $F_{tt} = F_{th}$

+ Khi chỗ giảm yếu ở biên và không đối xứng thì phải tính theo nén lệch tâm

-  $\varphi$ : Hệ số uốn dọc:  $\varphi = \frac{\sigma_{th}}{\sigma_b^n} \quad (2.8)$

+  $\sigma_b^n$ : Giới hạn bền khi nén dọc thớ

+  $\sigma_{th}$ : Ứng suất tới hạn.

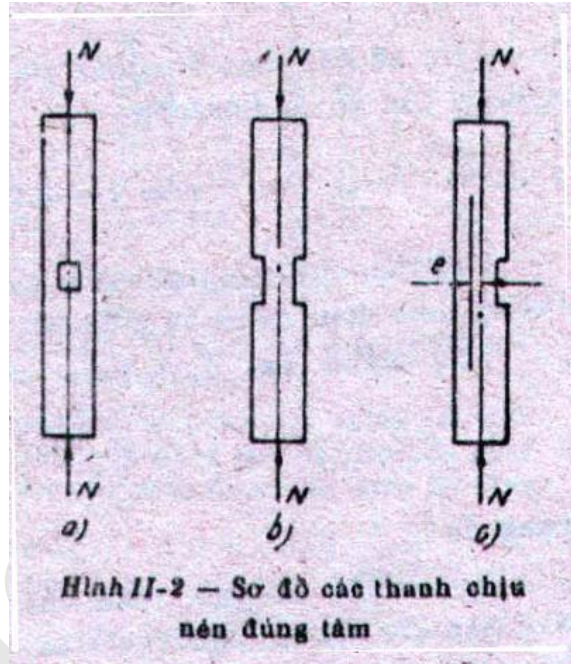
$$\varphi = \frac{\sigma_{th}}{\sigma_b^n} = \frac{\pi^2 EJ_{\min}}{l_o^2 F_{ng}} \frac{1}{\sigma_b^n} = \frac{\pi^2 E}{\lambda^2 \sigma_b^n}$$

Đặt  $r_{\min} = \sqrt{\frac{J_{\min}}{F_{ng}}}$ : Bán kính quán tính nhỏ nhất của tiết diện (2.9)

$$\lambda = \frac{l_o}{r_{\min}} \quad (2.10)$$

$l_o = \mu \cdot l$ : Chiều dài tính toán của thanh nén

Trong giai đoạn đàn hồi: Khi  $\sigma_{th} = \frac{\pi^2 E}{\lambda^2} \leq \sigma_{tl} \Leftrightarrow \lambda \geq \pi \sqrt{\frac{E}{\sigma_{tl}}} \approx 75$ ; kết cấu gỗ,



Hình 11-2 - Sơ đồ các thanh chịu nén đúng tâm

ta có:  $\frac{E}{\sigma_n^{gh}} = 312$  nên:  $\varphi = \frac{3100}{\lambda^2}$  khi  $\lambda > 75$  (2.11)

Ngoài giai đoạn đàn hồi: Công thức thực nghiệm của Đ.A Côtécốp:  
 $\varphi = 1 - 0,8(\lambda/100)^2$  khi  $\lambda \leq 75$  (2.12)

Các trị số có khác so với  $l_0$  theo lý thuyết vì thực tế không thể ngàm chặt được đầu gối, chỗ ngàm sẽ bị nén mà biến dạng đi

**3. Điều kiện độ mảnh:**

$\lambda \leq [\lambda]$  (2.13)

$[\lambda]$ : Lấy theo qui phạm:  
 + Công trình nhà cửa:

$[\lambda] = 120$  cho kết cấu chịu nén chính.

$[\lambda] = 150$  cho kết cấu phụ.

$[\lambda] = 200$  cho kết cấu giằng.

+ Công trình cầu:

$[\lambda] = 100$  cho kết cấu chịu nén chính.

$[\lambda] = 150$  cho kết cấu giằng.

**3.3. Bài toán thực hành chọn tiết diện cần thiết F:**

Chọn trước hình dạng tiết diện (chữ nhật, tròn) và độ mảnh ( $>75$  hay  $<75$ ) để tính hệ số uốn dọc  $\varphi$ .

**1. Cấu kiện chịu lực dài và yếu:**

Giả thiết  $\lambda > 75$ :  $\frac{N}{\varphi F_n} \leq m_n R_n$

$\Rightarrow F_n \geq \frac{N}{\varphi R_n} = \frac{N \lambda^2}{3100 R_n}$  (2.14)

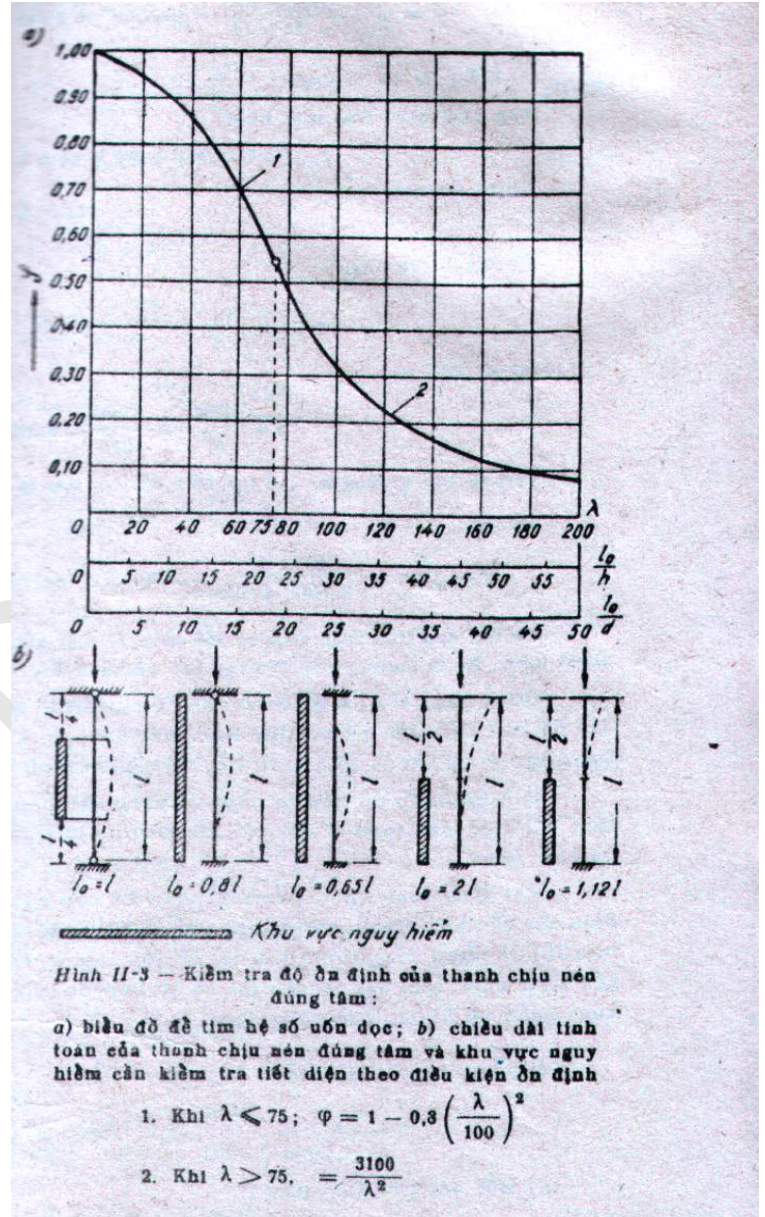
**a. Tiết diện chữ nhật:**

$k = h/b$ ;  $F = bh = kb^2$ ;  $r_{min} = \sqrt{J/F} = b/\sqrt{12}$ ;  $\lambda^2 = \frac{l_0^2}{r^2} = \frac{12l_0^2}{b^2} = \frac{12kl_0^2}{F}$

Thay vào (2.14)  $F \geq \frac{l_0}{16} \sqrt{\frac{kN}{R_n}}$  (2.15)

**b. Tiết diện tròn:**  $F = \frac{\pi d^2}{4}$ ;  $J = \frac{\pi d^4}{64} \Rightarrow i^2 = \frac{J}{F} = \frac{d^2}{16} = \frac{F}{4\pi} \Rightarrow \lambda^2 = \frac{l_0^2}{i^2} = \frac{4\pi l_0^2}{F}$

Thay vào (2.14)  $F \geq \frac{l_0}{15,75} \sqrt{\frac{N}{R_n}}$  (2.16)



**2. Cấu kiện chịu lực ngắn và nhỏ:** Giả thiết  $\lambda \leq 75$ :

$$N = \varphi R_n F = [1 - 0,8(\lambda/100)^2] R_n F = [F - 0,00008\lambda^2 F] R_n.$$

Hay: 
$$F = \frac{N}{R_n} + 0,00008\lambda^2 F. \quad (3.13)$$

**a. Tiết diện chữ nhật:**

Thay vào (3.13) ta được: 
$$F = \frac{N}{R_n} + 0,001kl_o^2. \quad (3.14)$$

**b. Tiết diện tròn:**

Thay vào (3.13) ta được: 
$$F = \frac{N}{R_n} + 0,001l_o^2. \quad (3.15)$$

**§4. CẤU KIỆN CHỊU UỐN:**

**4.1. Khái niệm:**

- Tùy theo phương của tải trọng, cấu kiện chịu uốn được chia ra thành 02 loại:
  - + *Uốn phẳng*: Tải trọng nằm trong mặt phẳng chứa một trục quán tính chính của tiết diện.
  - + *Uốn xiên*: Tải trọng không nằm trong mặt phẳng chứa trục quán tính chính nào.
- Các kết cấu chịu uốn phổ biến: ván sàn, dầm sàn, dầm mái, xà gỗ, dầm cầu ...
- Khi tính toán ta giả thiết:
  - + Gỗ làm việc trong giai đoạn đàn hồi.
  - + Ứng suất pháp phân bố đều trên chiều cao tiết diện theo đường thẳng.
  - + Môđun đàn hồi ở khu vực chịu nén và chịu kéo bằng nhau.

**4.2. Tính toán cấu kiện chịu uốn phẳng:**

**1. Điều kiện cường độ:**

$$\sigma = \frac{M}{W} \leq m_u R_u \quad (3.16)$$

*M*: Mômen uốn tính toán.

*W<sub>th</sub>*: Mômen chống uốn của tiết diện thu hẹp.

*M* và *W<sub>th</sub>* lấy trên 1 tiết diện nơi có *M<sub>max</sub>* hay giảm yếu lớn nhất

*m<sub>u</sub>*: Hệ số điều kiện làm việc, phụ thuộc hình dạng và kích thước của tiết diện:

*m<sub>u</sub>* = 1,2: Tiết diện tròn không có khe, rãnh

*m<sub>u</sub>* = 1,15: Tiết diện có *b* ≥ 15cm và *h/b* ≤ 3,5.

*m<sub>u</sub>* = 1,0: Tiết diện có *b* ≤ 15cm.

*R<sub>u</sub>*: Cường độ chịu uốn tính toán của gỗ.

- Ngoài ra, cần kiểm tra ứng suất tiếp trong các trường hợp sau:
  - + Dầm ngắn: *l/h* ≤ 5 (*l*: chiều dài dầm, *h*: chiều cao dầm).
  - + Dầm gỗ tiết diện chữ I.
  - + Dầm có lực tập trung ở gần gối.

$$\tau = \frac{Q_{\max} S_{ng}}{J_{ng} b} \leq m_{tr} R_{tr} \quad (3.17)$$

$S_{ng}, J_{ng}$ : Mômen tĩnh và mômen quán tính của tiết diện nguyên.

$b$ : Bề rộng tiết diện ở mặt trượt.

$m_{tr}$ : Hệ số điều kiện làm việc.

$R_{tr}$ : Cường độ trượt dọc thớ của gỗ khi uốn.

## 2. Điều kiện biến dạng:

$$\frac{f}{l} \leq \left[ \frac{f}{l} \right] \quad (3.18)$$

$f$ : Độ võng lớn nhất do tải trọng tiêu chuẩn gây ra (bỏ qua các giảm yếu cục bộ).

$$f = \frac{k \cdot M^{tc} \cdot l^2}{2EJ};$$

$k=0,208$ : Dầm đơn, tải phân bố đều.

$k=0,167$ : Dầm đơn giản tải tập trung ở giữa nhịp

$l$ : Nhịp của cấu kiện,

$[f/l]$ : Độ võng tương đối cho phép theo quy phạm

$[f/l]=1/250$ : Ván sàn;

$[f/l]=1/200$ : Sàn mái, xà gỗ, vì kèo;

$[f/l]=1/150$ : Cầu phong, ván mái;

## 4.3. Tính toán cấu kiện chịu uốn xiên:

- Phân tải trọng tác dụng thành các thành phần theo phương các trục chính x, y:

+ Theo phương x:

$$q_x = q \cos \alpha \Rightarrow M_x$$

+ Theo phương y:

$$q_y = q \sin \alpha \Rightarrow M_y$$

### 1. Điều kiện cường độ:

- Kiểm tra ứng suất lớn nhất theo:

$$\sigma = \frac{M_x}{W_x} + \frac{M_y}{W_y} \leq R_u \quad (3.19)$$

$$\sigma = \frac{M_x}{W_x} \left( 1 + \frac{M_y}{M_x} \frac{W_x}{W_y} \right) \leq R_u \quad (3.20)$$

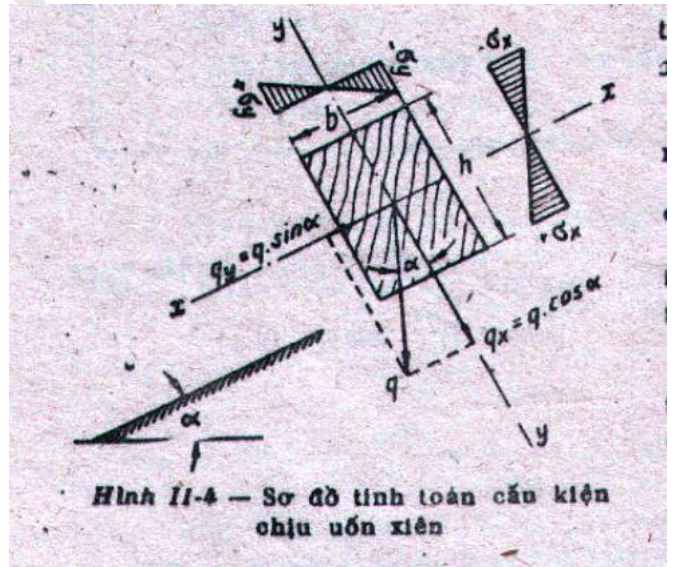
+ Tiết diện chữ nhật  $b, h$ ;  $l_x = l_y = l$ :

$$\frac{W_x}{W_y} = \frac{h}{b} = k; \quad \frac{M_y}{M_x} = \operatorname{tg} \alpha.$$

Thay vào (3.20), ta được:  $W_x \geq \frac{M_x}{R_u} (1 + k \operatorname{tg} \alpha) \quad (3.21)$

Để cấu kiện làm việc hợp lý:

$$\sigma_x = \sigma_y \Leftrightarrow \frac{M_x}{W_x} = \frac{M_y}{W_y} \Leftrightarrow \frac{W_x}{W_y} = \frac{M_x}{M_y} \Leftrightarrow \frac{h}{b} = k = \frac{1}{\operatorname{tg} \alpha} = \operatorname{cotg} \alpha \Leftrightarrow k = \operatorname{cotg} \alpha.$$



**2. Điều kiện biến dạng:**

$$f = \sqrt{f_x^2 + f_y^2} \leq [f] \quad (3.22)$$

$f_x, f_y$ : độ võng theo phương  $x$  và phương  $y$  do tải trọng tiêu chuẩn gây ra.

Dầm đơn giản tải phân bố đều:  $f_x = \frac{5}{384} \cdot \frac{q_y l^4}{EJ_y}$   $f_y = \frac{5}{384} \cdot \frac{q_{yi} l^4}{EJ_x}$

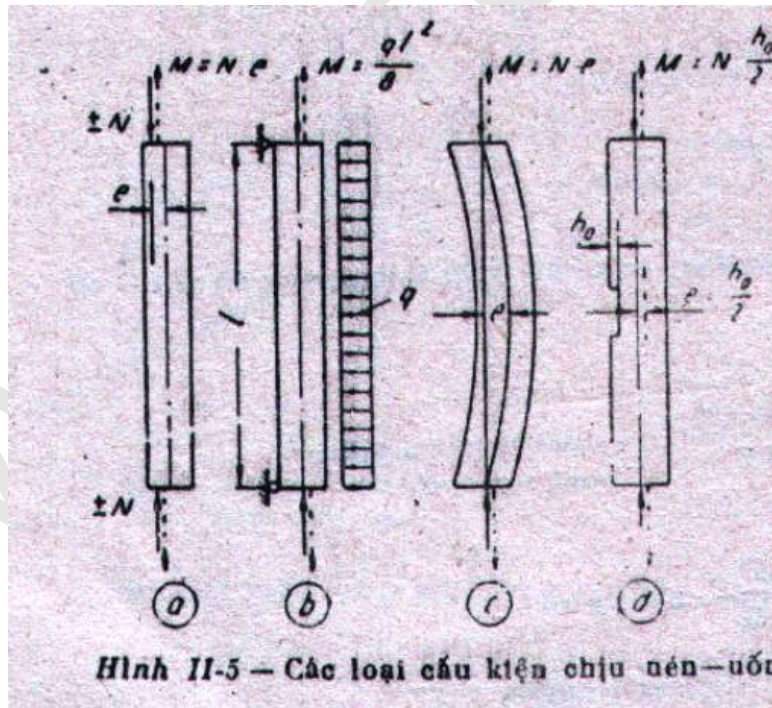
Để cấu kiện làm việc hợp lý:

$$f_x = f_y \Leftrightarrow \frac{\cos \alpha}{J_x} = \frac{\sin \alpha}{J_y} \Leftrightarrow \frac{J_x}{J_y} = \frac{12bh^3}{12hb^3} = \cot g \alpha \Leftrightarrow \frac{h}{b} = k = \sqrt{\cot g \alpha}$$

**§5. CẤU KIỆN CHỊU NÉN- UỐN.**

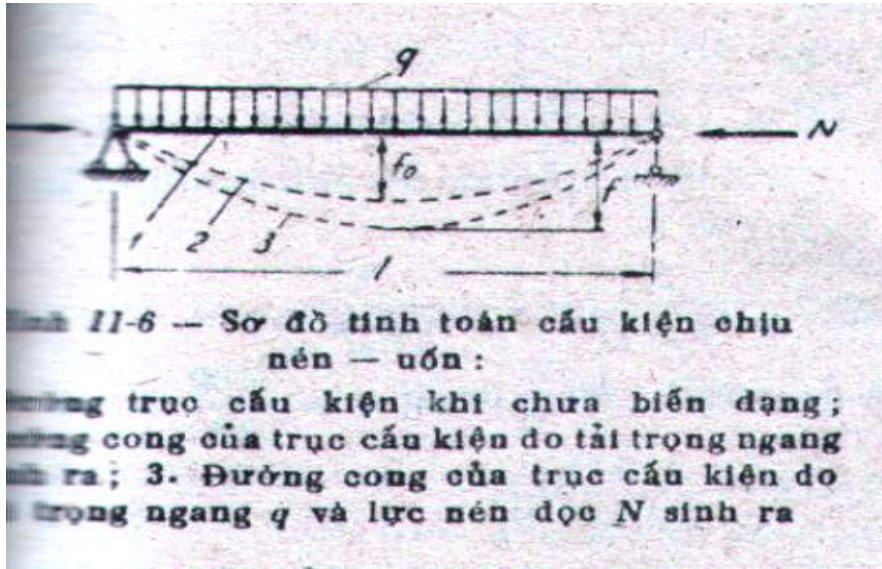
**5.1 Khái niệm:** Là cấu kiện vừa chịu lực nén dọc  $N$ , vừa chịu mômen uốn  $M$ , có thể do:

- + Lực nén tác dụng lệch tâm.
- + Tải trọng ngang.
- + Cấu kiện bị cong.
- + Cấu kiện có chỗ khuyết không đối xứng và chịu lực nén dọc trục.



**5.2 Tính toán cấu kiện chịu nén- uốn:**

- Xét sơ đồ tính toán của cấu kiện chịu các thành phần nội lực:
  - + Lực nén dọc trục  $N$
  - + Mômen uốn  $M$  do tải trọng ngang  $q$
  - + Mômen uốn phụ  $N \cdot f$  ( Do  $N$  sinh ra khi cấu kiện bị võng )



- Ứng suất lớn nhất ở thớ ngoài cùng:

$$\sigma = \frac{N}{F_{th}} + \frac{M + Nf}{W_{th}} \quad (3.23)$$

$M$ : Mômen uốn do tải trọng  $q$  gây ra.

$f$ : Độ võng lớn nhất do  $M$  và  $N$  cùng tác dụng gây ra.

Chúng minh được thanh chịu nén uốn được tính theo:

$$\sigma = \frac{N}{F_{th}} + \frac{M}{\xi W_{th}} \frac{R_n}{R_u} \leq R_n \quad (3.24)$$

$\xi$ : Hệ số xét đến hiện tượng tăng mômen do ảnh hưởng của lực dọc  $N$ :

$$\xi = 1 - \frac{N}{N_e} = 1 - \frac{N}{\sigma_e \cdot F_{ng}} = 1 - \frac{N}{\varphi \cdot R_n \cdot F_{ng}} \quad (3.25)$$

Ở TTGH, ứng suất thớ biên đạt  $R_n$ ; chỉ cần quy đổi thành phần chịu uốn  $\frac{M}{\xi W_{th}} \frac{R_n}{R_u}$

- Khi  $\lambda > 75$ : 
$$\xi = 1 - \frac{N}{N_{th}} = 1 - \frac{\lambda^2 N}{3100 F_{ng} R_n} \quad (3.26)$$

$\xi = 1 \Leftrightarrow \lambda = 0 \Leftrightarrow$  thanh rất cứng, không cần xét biến dạng thanh  $\Leftrightarrow$  Thanh chịu uốn thuần túy:

$$\sigma = \frac{N}{F_{th}} + \frac{M}{W_{th}} \leq R_u$$

$\xi = 1 \Leftrightarrow$  Thanh chịu nén đúng tâm: 
$$\sigma = \frac{N}{\varphi \cdot F_u} \leq R_n$$

- Khi  $\lambda \leq 75$ :

+ Nếu  $\sigma_u < 10\% \sigma_n$ : Bỏ qua mômen uốn và tính như cầu kiện chịu nén đúng tâm theo điều kiện ổn định.

+ Nếu  $\sigma_u < 10\% \sigma_n$ : Dùng (3.26)

- Khi thiết kế, phải giả thiết trước kích thước tiết diện, rồi tính ứng suất và so sánh với  $R_n$ . Nếu chưa đúng, chọn lại tiết diện và tính lại ứng suất cho tới khi đạt yêu cầu.

Có thể dùng những công thức sau:



- Nếu  $e = \frac{M}{N} > 25\text{cm}$ :  $W = \frac{M}{0,85R_n}$  (3.27)

- Nếu  $1 < e = \frac{M}{N} < 25\text{cm}$ :  $W = \frac{N}{R_n} [3,3 + 0,35(1-1)^2 + \frac{M}{N}]$  (3.28)

- Nếu  $e = \frac{M}{N} < 1\text{cm}$ : tính như thanh chịu nén đúng tâm.

$W, N, M, R_n, l$  lần lượt có đơn vị là  $\text{cm}^3, \text{daN}, \text{daNm}, \text{daN/cm}^3, \text{m}$ .

- Cấu kiện chịu nén uốn cần được kiểm tra về ổn định khi uốn ngoài mặt phẳng uốn (theo phương y-y) như cấu kiện chịu nén đúng tâm.

- Khi tính lực cắt ngang Q và lực trượt T, phải xét đến mômen uốn phụ do lực nén dọc sinh ra vì Q và T là các hàm số của mômen uốn:

$$Q = Q_0/\xi; \quad T = T_0/\xi = \frac{Q_0 S}{J\xi}$$

$Q_0, T_0$  là lực cắt và lực trượt chỉ do tải trọng ngang sinh ra.

## §6. CẤU KIỆN CHỊU KÉO- UỐN.

**6.1 Khái niệm:** Là cấu kiện vừa chịu lực kéo dọc N, vừa chịu mômen uốn M. Ở đây, thiên về an toàn, ta không xét đến mômen phụ Nf vì nó làm giảm mômen uốn do tải trọng.

### 6.2 Tính toán cấu kiện chịu kéo - uốn:



Hình 11-7 – Sơ đồ tính toán cấu kiện chịu kéo uốn :  
 1. đường trục cấu kiện khi chưa biến dạng ; 3. đường cong của trục do tải trọng ngang P sinh ra ; 2. đường cong của trục do tải trọng ngang P và lực dọc N sinh ra

- Kiểm tra tại tiết diện có  $M_{\max}$  hay giảm yếu lớn nhất:

$$\sigma = \frac{N}{F_{th}} + \frac{M}{W_{th}} \frac{R_k}{R_u} \leq R_k \quad (3.29)$$

M: Mômen do tải trọng ngang hoặc lực tác dụng lệch tâm gây ra, không xét đến độ võng thanh.

- Mômen uốn sinh ra do tác dụng lệch tâm của lực kéo sẽ làm cho ứng suất ở tiết diện giảm yếu tăng lên rất nhiều. Do đó, khi thiết kế cấu kiện chịu kéo lệch tâm, cần hướng cho lực kéo vào trọng tâm tiết diện đã thu hẹp.