混凝土结构基本原理

第六章　偏心受力构件正截面性能与计算

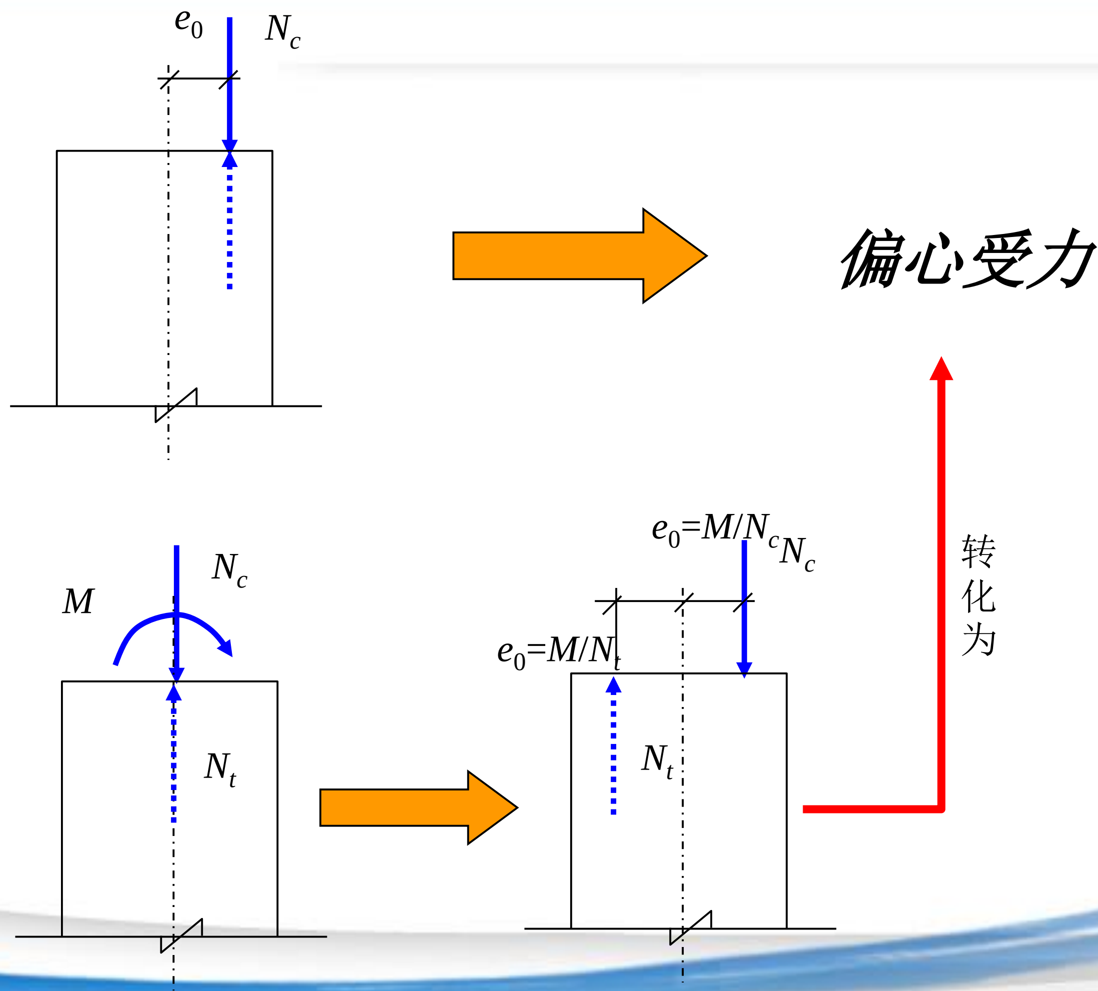
任晓丹

同济大学建筑工程系

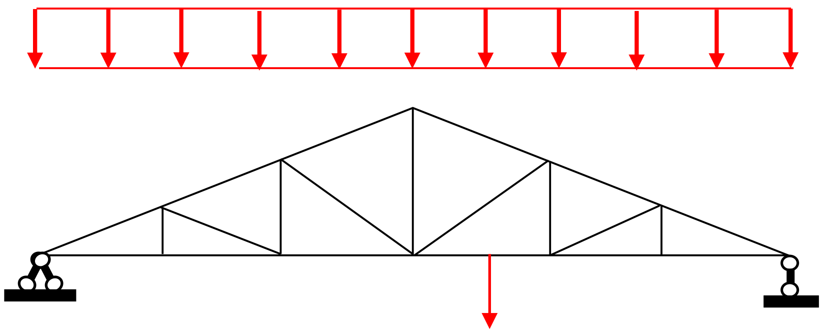
www.renxiaodan.com

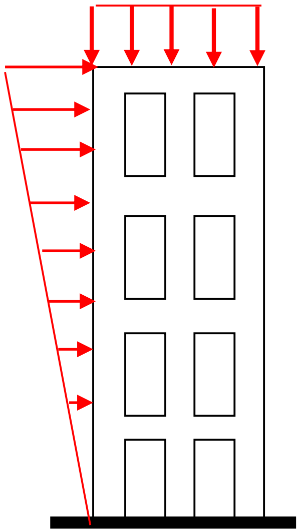
rxdtj@tongji.edu.cn

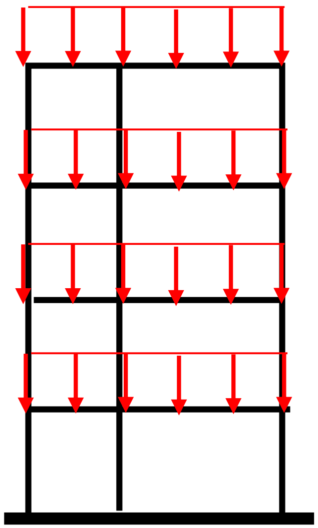
同济大学土木楼A413

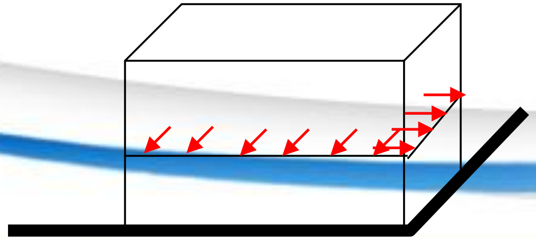

e_0
N_c
偏心受力
M
N_c
N_t
$e_0=M/N_c$
N_c
$e_0=M/N_t$
N_t
转化为

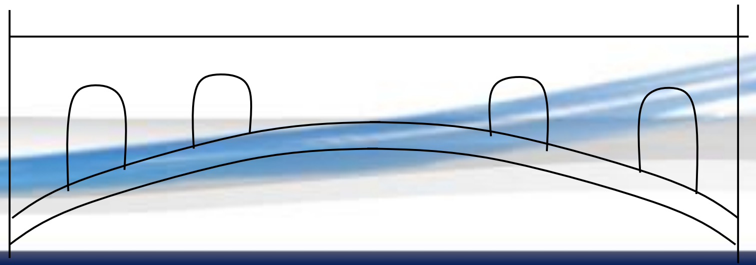
➢偏心受力构件的工程实例



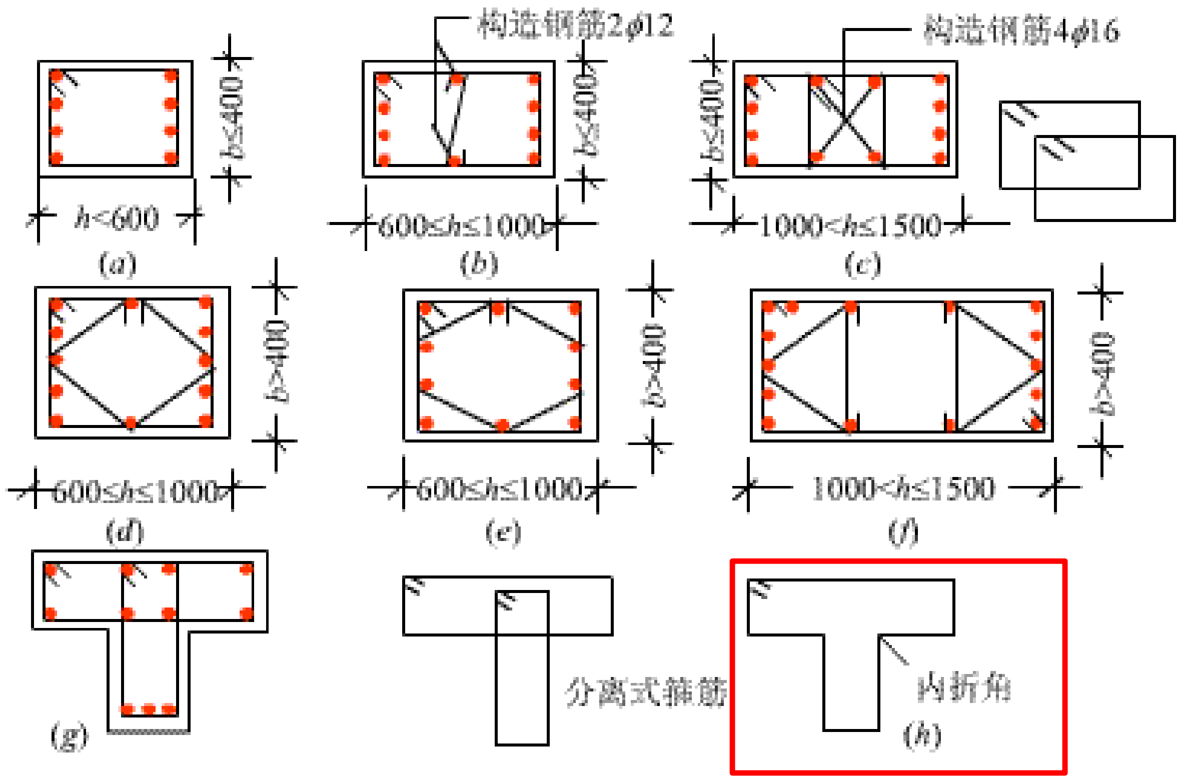




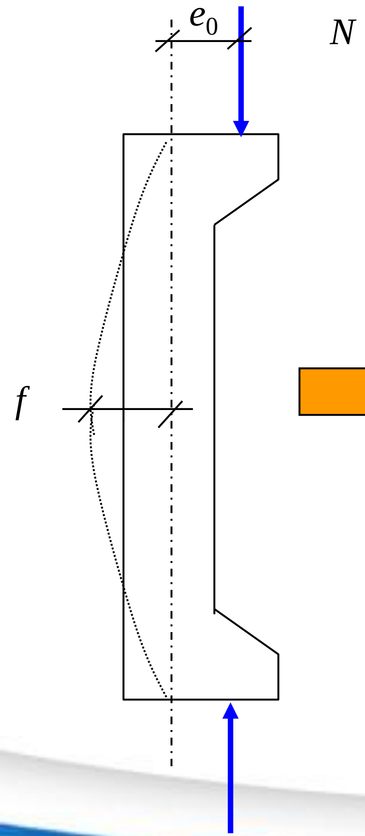




➢配筋形式


构造钢筋2ϕ12
构造钢筋4ϕ16
b≤400
h<600
(a)
600≤h≤1000
(b)
1000<h≤1500
(c)
b>400
600≤h≤1000
(d)
600≤h≤1000
(e)
1000<h≤1500
(f)
(g)
分离式箍筋
内折角
(h)

➢偏心受压构件试验研究



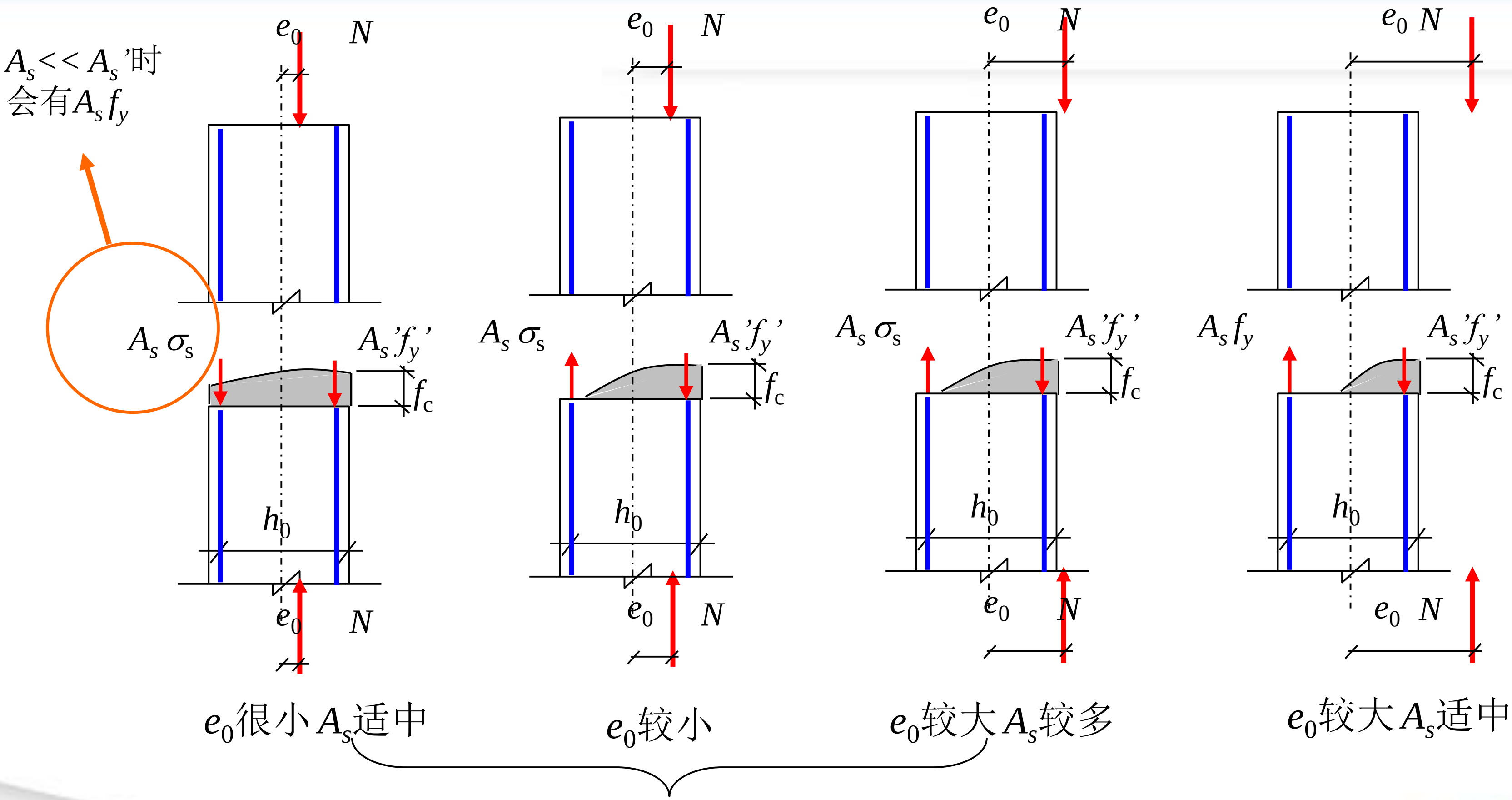
混凝土开裂

混凝土全部受压不开裂

→ 构件破坏

↓

破坏形态与 e_0，A_s， A_s' 有关

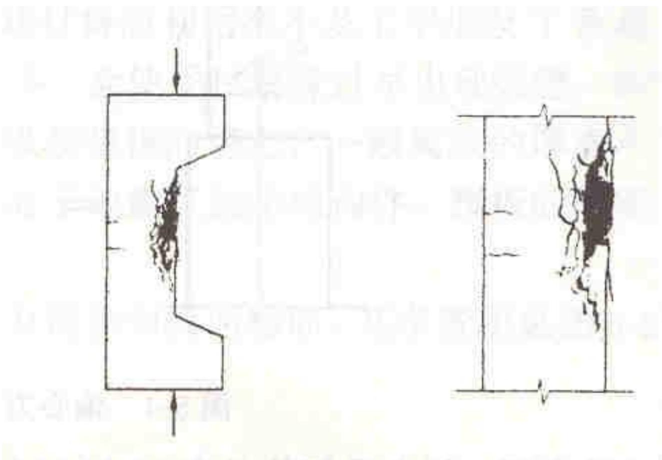


受压破坏（小偏心受压破坏）

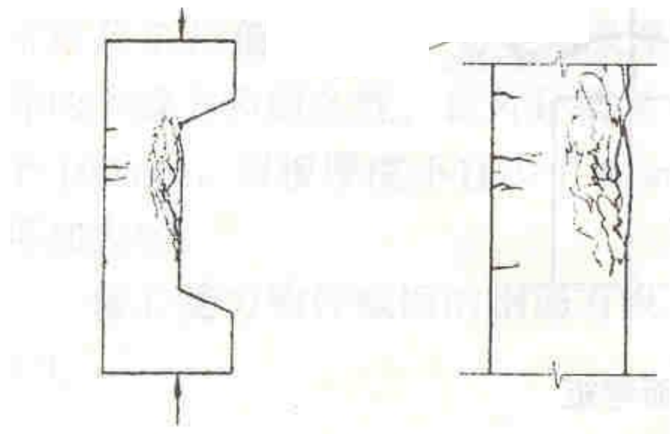
受拉破坏（大偏心受压破坏）

接近轴压 ← 界限破坏 → 接近受弯

➢偏心受压构件试验研究



小偏心受压破坏



大偏心受压破坏

➢偏心受压计算中的两个问题

- 附加偏心距

荷载位置的不确定性

混凝土质量的不均匀性

配筋的不对称性

施工偏差

↓

引入附加偏心距e_a来进行修正

《混凝土结构设计规范》（GB 50010—2010）规定：

$$e_a = \max\begin{cases} 20\text{mm} \\ h/30 \end{cases}$$

考虑e_a后 →

$$e_i = e_0 + e_a$$

➢偏心受压计算中的两个问题

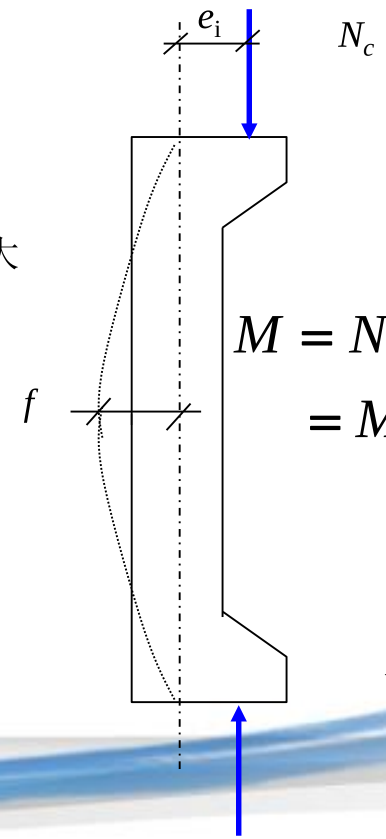
- 单个构件的偏心距增大系数

$$f + e_i = \eta e_i$$

考虑弯矩引起的横向挠度的影响

- l_0/h越大f的影响就越大
- 增大了偏心作用

$$\eta = 1 + \frac{f}{e_i}$$



$$M = N_c e_i + N_c f$$
$$= M + \Delta M$$

二次弯矩

➢偏心受压计算中的两个问题

- 单个构件的偏心距增大系数

设

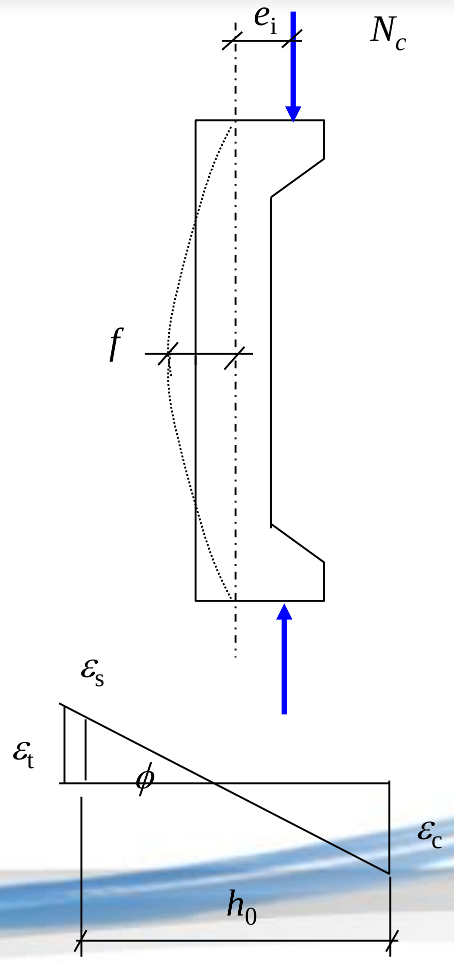
$$y = f\sin\frac{\pi x}{l_0}$$

则x=l_0/2处的曲率为

$$\varphi\Big|_{x=\frac{l_0}{2}} = \frac{-\mathrm{d}^2 y}{\mathrm{d}x^2} = f\frac{\pi^2}{l_0^2} \approx 10\frac{f}{l_0^{\ 2}}$$

根据平截面假定

$$\varphi = \frac{\varepsilon_c + \varepsilon_s}{h_0}$$



➢偏心受压计算中的两个问题

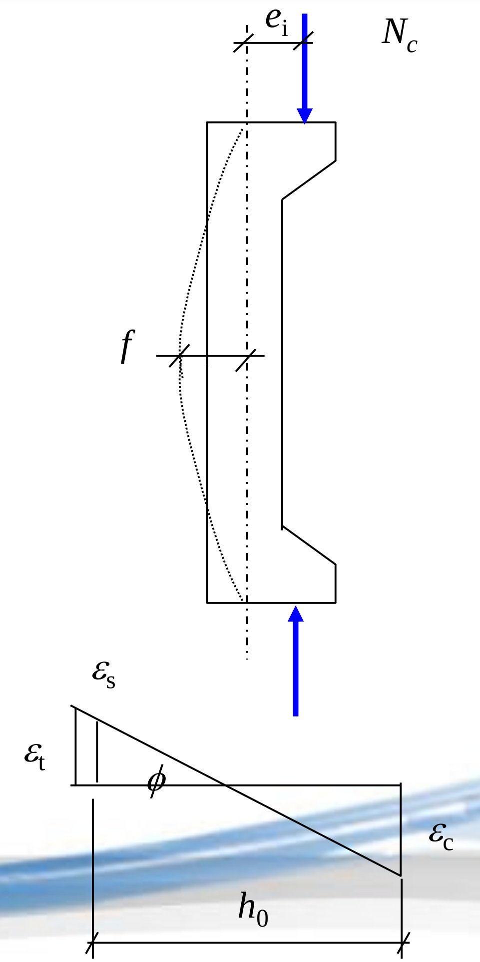
- 单个构件的偏心距增大系数

若f_{cu}≤50Mpa，则发生界限破坏时截面的曲率

长期荷载下的徐变使混凝土的应变增大

$$\varphi_b = \frac{1.25\times 0.0033+\varepsilon_y}{h_0} = \frac{1}{171.7h_0}$$

$$\varepsilon_y = f_y / E_s \approx 0.0017$$



➢偏心受压计算中的两个问题

- 单个构件的偏心距增大系数

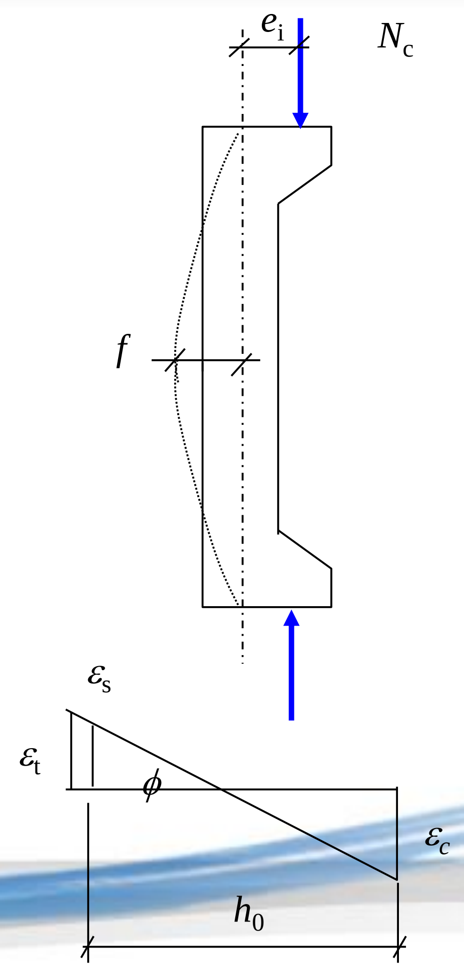
实际情况并不一定发生界限破坏。
另外，柱的长细比对ϕ又有影响

引入二系数ζ_1、ζ_2进行修正

$$\varphi = \varphi_{\mathrm{b}}\zeta_1\zeta_2 = \frac{1}{171.7h_0}\zeta_1\zeta_2$$

$$\phi \approx 10\frac{f}{l_0^{\ 2}}$$

$$f = \frac{1}{1717}\frac{l_0^{\ 2}}{h_0}\zeta_1\zeta_2$$



➢偏心受压计算中的两个问题

- 单个构件的偏心距增大系数

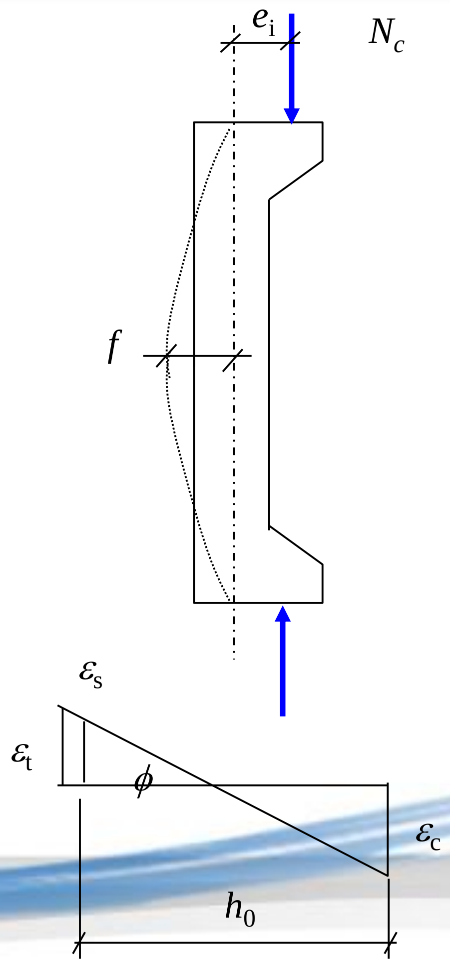
$$\eta = 1 + \frac{f}{e_i} \qquad f = \frac{1}{1717}\frac{l_0^2}{h_0}\zeta_1\zeta_2$$

⇩

$$\eta = 1 + \frac{1}{1717e_i}\frac{l_0^2}{h_0}\zeta_1\zeta_2$$

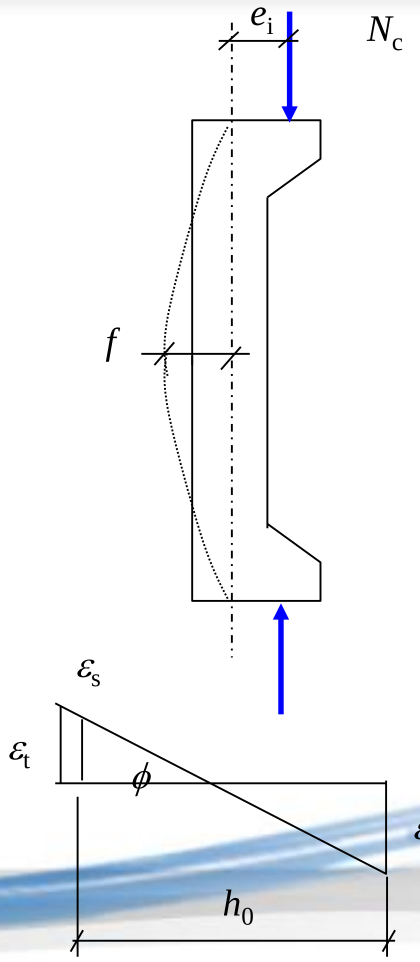
⇩ $h = 1.1h_0$

$$\eta = 1 + \frac{1}{1400\frac{e_i}{h_0}}\left(\frac{l_0}{h}\right)^2\zeta_1\zeta_2$$



➢偏心受压计算中的两个问题

- 单个构件的偏心距增大系数



$$\eta = 1 + \frac{1}{1400\frac{e_i}{h_0}}\left(\frac{l_0}{h}\right)^2 \zeta_1\zeta_2$$

$$\zeta_1 = \frac{0.5 f_c A}{N_c}$$

考虑偏心距（轴压比）修正系数，若ζ_1>1.0，取 ζ_1=1.0

$$\zeta_2 = 1.15 - 0.01\frac{l_0}{h}$$

考虑长细比的修正系数

若ζ_2>1.0，取 ζ_2=1.0

$\frac{l_0}{h} \le 5$或$\frac{l_0}{d} \le 5$时，$\eta = 1.0$

➢偏心受压构件受力分析

- 大偏压构件 → 类似于双筋适筋梁
- 小偏压构件 → 类似于双筋超筋梁

→ 类似梁的方法进行分析

↓

重点讲承载力

➢大偏心受压构件承载力

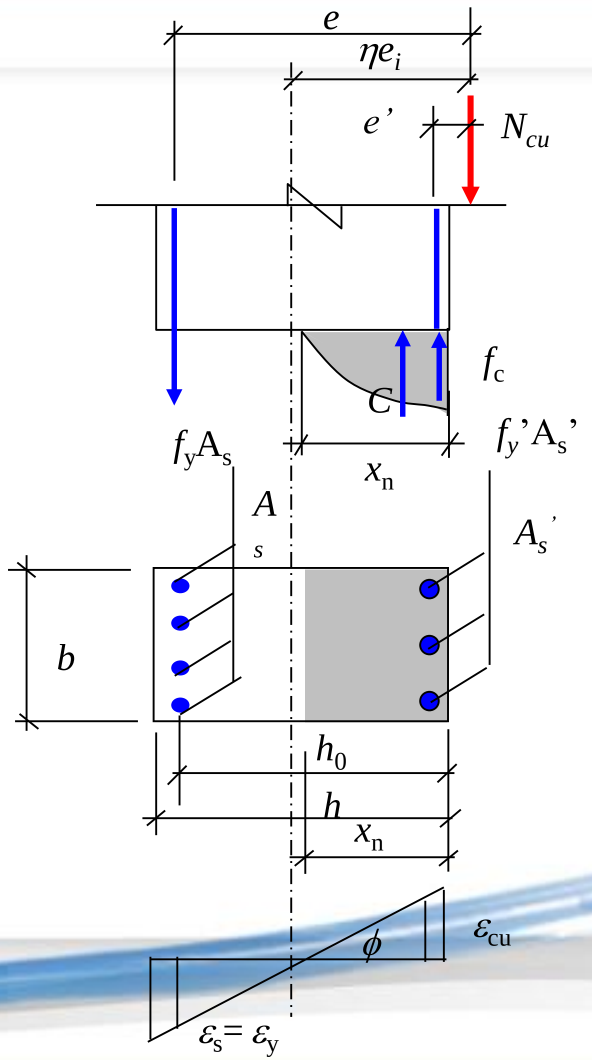
受压钢筋的应力

$$\frac{\varepsilon_s'}{x_n - a_s'} = \frac{\varepsilon_{cu}}{x_n} \Rightarrow x_n = \frac{\varepsilon_{cu}}{\varepsilon_{cu} - \varepsilon_s'} a_s'$$

$\varepsilon_{cu} = 0.0033$,由$\varepsilon_s' = \varepsilon_y' = 0.0017$知

只要$x_n \geq 2.06 a_s'$，A_s'就能屈服

对偏压构件，这一条件一般均能满足。故认为A_s'屈服

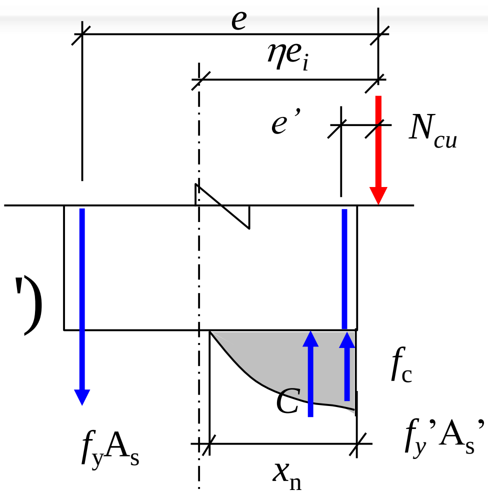


➢大偏心受压构件的承载力

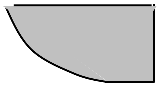
$$N_{\mathrm{cu}} = \int_0^{x_{\mathrm{n}}} \sigma_{\mathrm{c}} b\mathrm{d}x + f_{\mathrm{y}}' A_{\mathrm{s}}' - f_{\mathrm{y}} A_{\mathrm{s}}$$

$$N_{\mathrm{cu}} e = \int_0^{x_{\mathrm{n}}} \sigma_{\mathrm{c}} b\mathrm{d}x (h_0 - y_{\mathrm{c}}) + f_{\mathrm{y}}' A_{\mathrm{s}}' (h_0 - a_{\mathrm{s}}')$$

$$e = \eta e_i + \frac{h}{2} - a_{\mathrm{s}}$$



当$f_{\mathrm{cu}} \le 50$Mpa时，压区混凝土的形状



$$N_{\mathrm{cu}} = 0.798 f_{\mathrm{c}} b x_{\mathrm{n}} + f_{\mathrm{y}}' A_{\mathrm{s}}' - f_{\mathrm{y}} A_{\mathrm{s}}$$

$$N_{\mathrm{cu}} e = 0.798 f_{\mathrm{c}} b x_{\mathrm{n}} (h_0 - 0.412 x_{\mathrm{n}}) + f_{\mathrm{y}}' A_{\mathrm{s}}' (h_0 - a_{\mathrm{s}}')$$

已知截面的几何物理性能及偏心距e，由上述方程便可求出N_{cu}

➢小偏心受压承载力

基本特征 ⇒ A_s不屈服（特殊情况例外）

受力形式 ⇒
- 部分截面受压
- 全截面受压

➢小偏心受压承载力

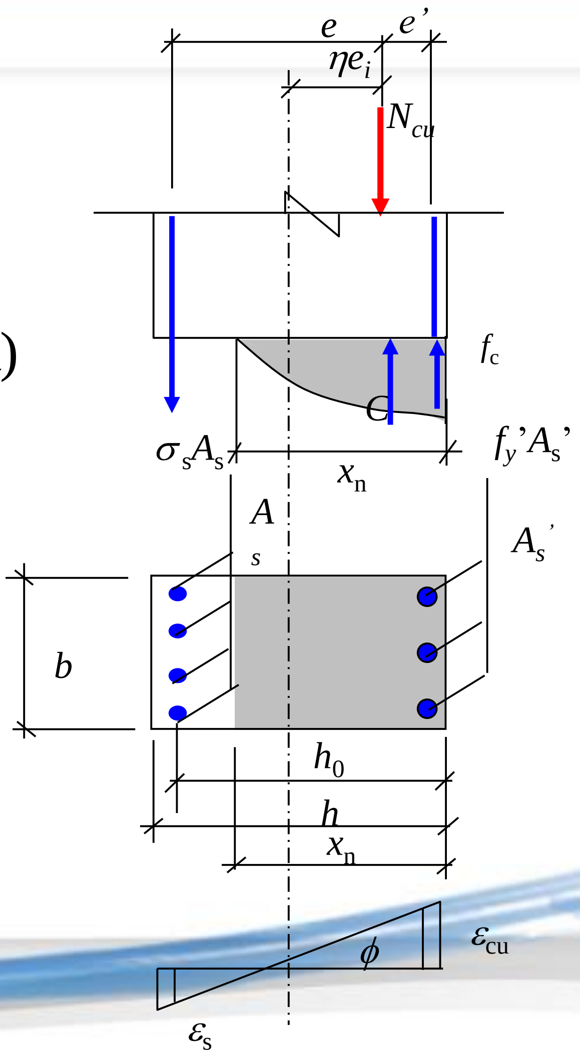
情形I（部分截面受压）

$$\frac{\varepsilon_s}{h_0 - x_n} = \frac{\varepsilon_{cu}}{x_n} \Rightarrow \varepsilon_s = \varepsilon_{cu}\left(\frac{h_0}{x_n} - 1\right) = \varepsilon_{cu}\left(\frac{1}{\xi_n} - 1\right)$$

$$\sigma_s = E_s \varepsilon_s = E_s \varepsilon_{cu}\left(\frac{1}{\xi_n} - 1\right) \le f_y$$

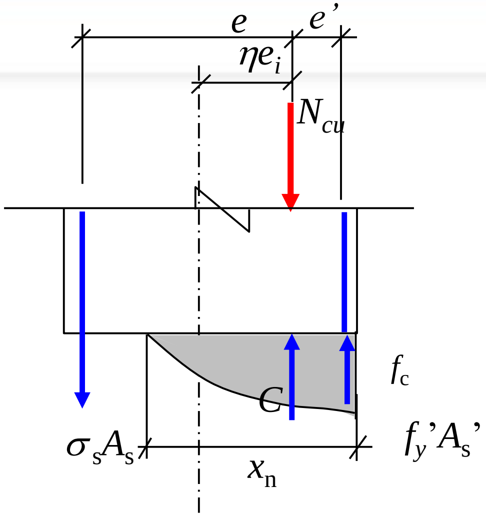
$$N_{cu} = \int_0^{x_n} \sigma_c b \mathrm{d}x + f_y' A_s' - \sigma_s A_s$$

$$N_{cu} e = \int_0^{x_n} \sigma_c b \mathrm{d}x (h_0 - y_c) + f_y' A_s' (h_0 - a_s')$$



➢小偏心受压承载力

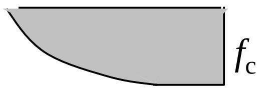
情形I（部分截面受压）



$$N_{cu}=\int_0^{x_n}\sigma_c b\mathrm{d}x+f_y{}'A_s'-\sigma_s A_s$$

$$N_{cu}e=\int_0^{x_n}\sigma_c b\mathrm{d}x(h_0-y_c)+f_y'A_s'(h_0-a_s')$$

当$f_{cu}\le 50$Mpa时，压区混凝土的形状



$$N_{cu}=0.798f_c bx_n+f_y'A_s'-\sigma_s A_s$$

$$N_{cu}e=0.798f_c bx_n(h_0-0.412x_n)+f_y'A_s'(h_0-a_s')$$

$$e=\eta e_i+\frac{h}{2}-a_s$$

➢小偏心受压承载力

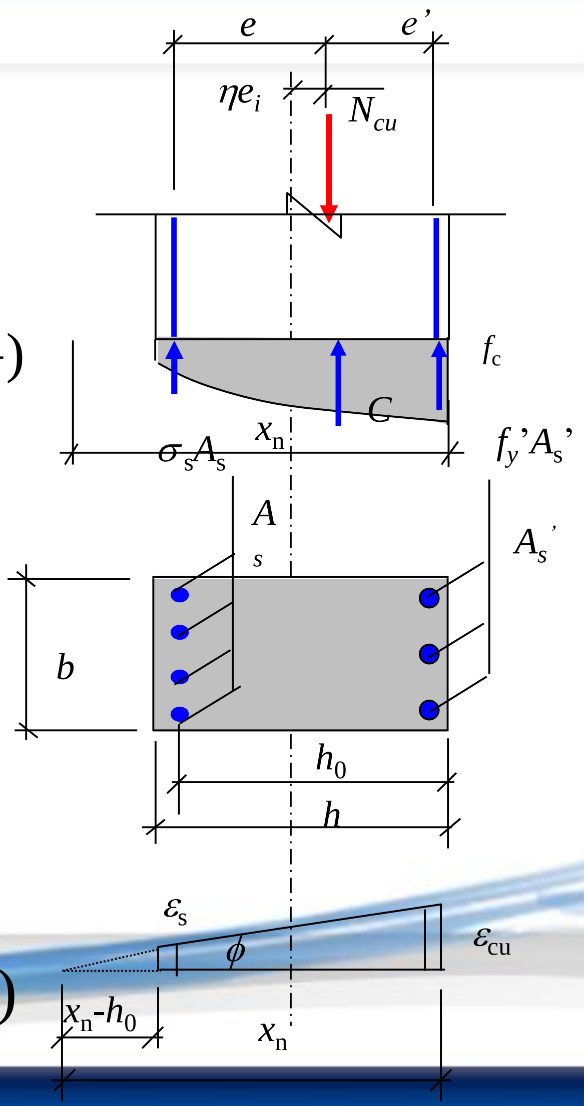
情形II（全截面受压）

$$\frac{\varepsilon_{\rm s}}{x_{\rm n}-h_0}=\frac{\varepsilon_{\rm cu}}{x_{\rm n}} \Rightarrow \varepsilon_{\rm s}=\varepsilon_{\rm cu}(1-\frac{h_0}{x_{\rm n}})=\varepsilon_{\rm cu}(1-\frac{1}{\xi_{\rm n}})$$

$$\sigma_{\rm s}=E_{\rm s}\varepsilon_{\rm s}=E_{\rm s}\varepsilon_{\rm cu}(\frac{1}{\xi_{\rm n}}-1)\le f_{\rm y}$$

$$N_{\rm cu}=\int_0^h \sigma_{\rm c} b {\rm d}x+f_{\rm y}'A_{\rm s}'+\sigma_{\rm s}A_{\rm s}$$

$$N_{\rm cu}e=\int_0^h \sigma_{\rm c} b {\rm d}x(h_0-y_c)+f_{\rm y}'A_{\rm s}'(h_0-a_{\rm s}')$$

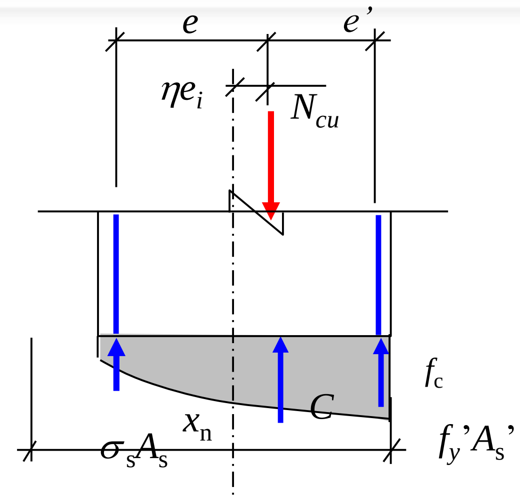


➢小偏心受压承载力

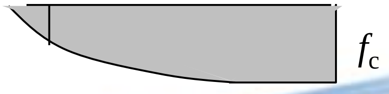
情形II（全截面受压）

$$N_{cu}=\int_0^{x_n}\sigma_c b\mathrm{d}x+f_y{}'A_s'-\sigma_s A_s$$

$$N_{cu}e=\int_0^{x_n}\sigma_c b\mathrm{d}x(h_0-y_c)+f_y'A_s'(h_0-a_s')$$



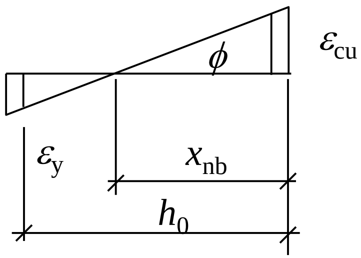
当$f_{cu}\leq 50$Mpa时，压区混凝土的形状



同样可以进行积分（略）

➢大小偏压界限的判别

$$\frac{\varepsilon_y}{h_0 - x_{nb}} = \frac{\varepsilon_{cu}}{x_{nb}} \Rightarrow \frac{1}{\xi_{nb}} = \frac{\varepsilon_y + \varepsilon_{cu}}{\varepsilon_{cu}}$$



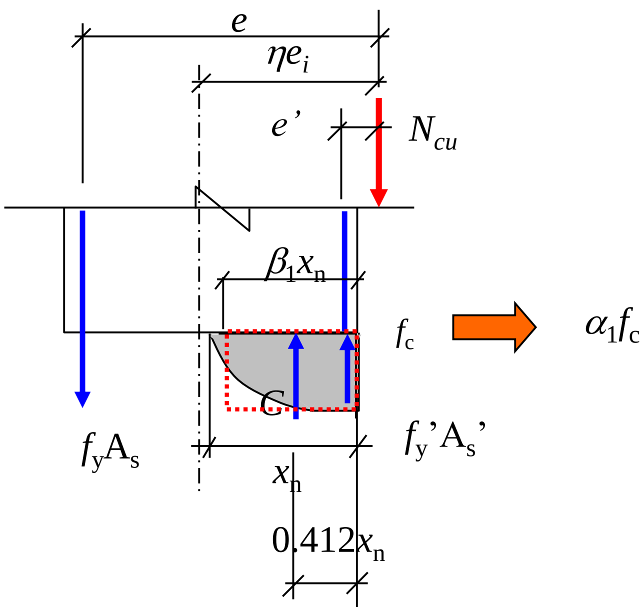
$$\xi_{nb} = \frac{1}{1 + \dfrac{f_y}{E_s \varepsilon_{cu}}}$$

$\xi_n \le \xi_{nb}$ ⇒ 大偏心受压

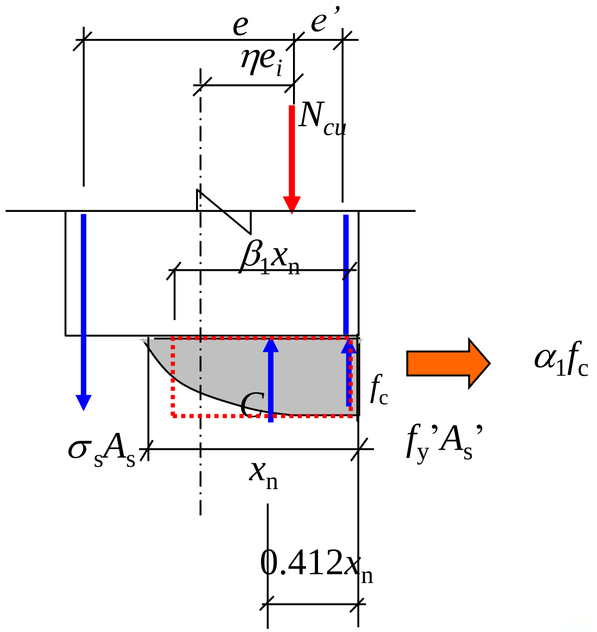
$\xi_n > \xi_{nb}$ ⇒ 小偏心受压

➢承载力简化分析

简化分析的基本原则



大偏心受压



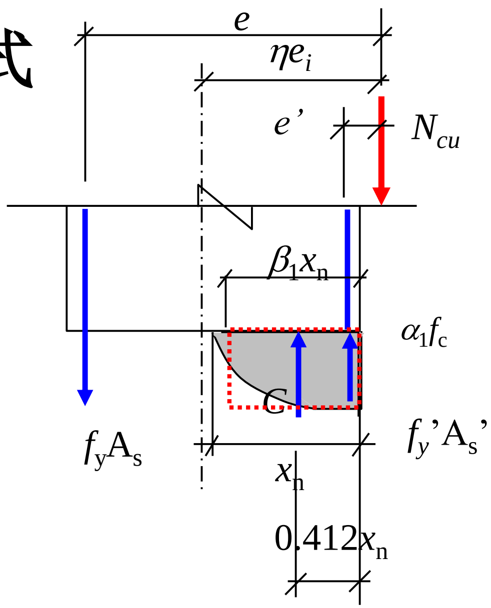
小偏心受压

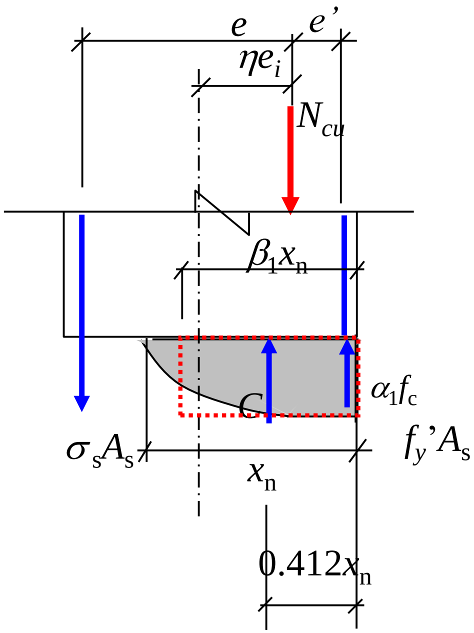
➢承载力简化分析

界限状态的判别式

$$\xi_b = \beta_1 \xi_{nb}$$

$$\xi_b = \frac{\beta_1}{1 + \dfrac{f_y}{E_s \varepsilon_{cu}}}$$





$\xi \le \xi_b$ ➡ 大偏心受压

$\xi > \xi_b$ ➡ 小偏心受压

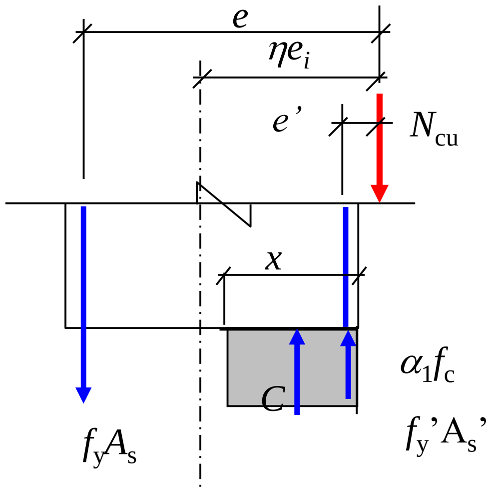
当f_{cu}≤50MPa时，β_1=0.8

➢承载力简化分析

基本计算公式—大偏压

$$N_{cu} = \alpha_1 f_c bx + f_y' A_s' - f_y A_s$$

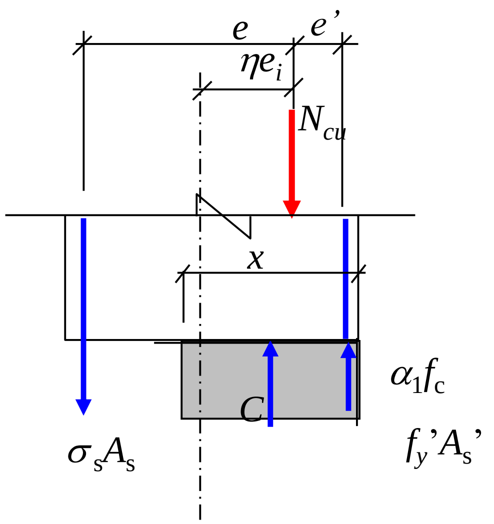
$$N_{cu} e = \alpha_1 f_c bx(h_0 - 0.5x) + f_y' A_s'(h_0 - a_s')$$



$$\xi \le \xi_b \qquad x \ge 2a_s'$$

➢承载力简化分析

基本计算公式—小偏压



$$N_{\mathrm{cu}} = \alpha_1 f_{\mathrm{c}} bx + f_{\mathrm{y}}' A_{\mathrm{s}}' - \sigma_{\mathrm{s}} A_{\mathrm{s}}$$

$$N_{\mathrm{cu}} e = \alpha_1 f_{\mathrm{c}} bx (h_0 - 0.5x) + f_{\mathrm{y}}' A_{\mathrm{s}}' (h_0 - a_{\mathrm{s}}')$$

$$\sigma_{\mathrm{s}} = E_{\mathrm{s}} \varepsilon_{\mathrm{cu}} \left(\frac{0.8}{\xi} - 1 \right)$$

$$\sigma_{\mathrm{s}} = \frac{0.8 - \xi}{0.8 - \xi_{\mathrm{b}}} f_{\mathrm{y}}, \quad (-f_{\mathrm{y}} \le \sigma_{\mathrm{s}} \le f_{\mathrm{y}})$$

和超筋梁类似，为了避免解高次方程简化为（当f_{cu}≤50Mpa）

➢基本公式的应用

应用于截面设计时的实用的大小偏压判别式

问题：A_s和A_s'均不知, 无法求出ξ

采用二步判别法

初步判别

$\eta e_i>0.3h_0$时为大偏心受压；$\eta e_i\le0.3h_0$时为小偏心受压

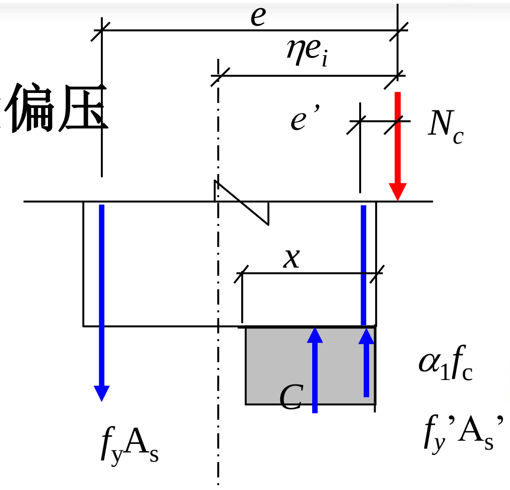
最终判别

$\xi \le \xi_b$ 大偏心受压

$\xi > \xi_b$ 小偏心受压

➢基本公式的应用

不对称配筋时（$A_s \neq A_s'$）的截面设计——大偏压



情形I：A_s和A_s'均不知。若$\eta_{ei}>0.3h_0$时初定为大偏心受压

设计的基本原则：A_s+A_s'为最小

取$x = \xi_b h_0$

充分发挥混凝土的作用

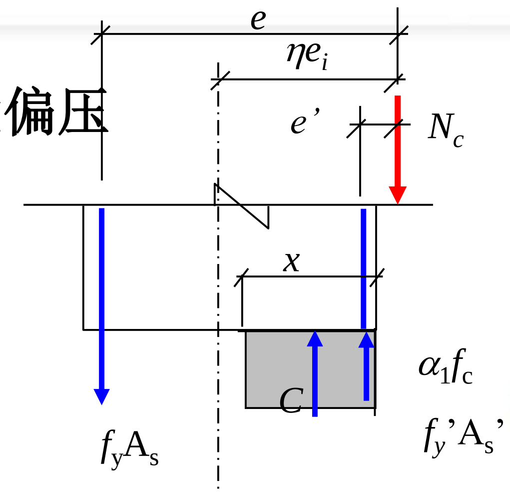
$$A_s' = \frac{N_c e - \alpha_1 f_c b x_b (h_0 - 0.5 x_b)}{f_y'(h_0 - a_s')}$$

$$A_s = \frac{\alpha_1 f_c b x_b + f_y' A_s' - N}{f_y}$$

若$A_s' < \rho_{min}' bh$，则取$A_s' = \rho_{min}' bh$，按A_s'已知计算

➢基本公式的应用

不对称配筋时（$A_s \neq A_s'$）的截面设计——大偏压



情形II：已知A_s'求A_s。若$\eta_{ei}>0.3h_0$时初定为大偏心受压

$$N_c e = \alpha_1 f_c bx(h_0 - 0.5x) + f_y' A_s'(h_0 - a_s')$$

求x

$>2a_s'$，$\leq \xi_b h_0$：另一平衡方程求A_s

$>\xi_b h_0$：按小偏压求解

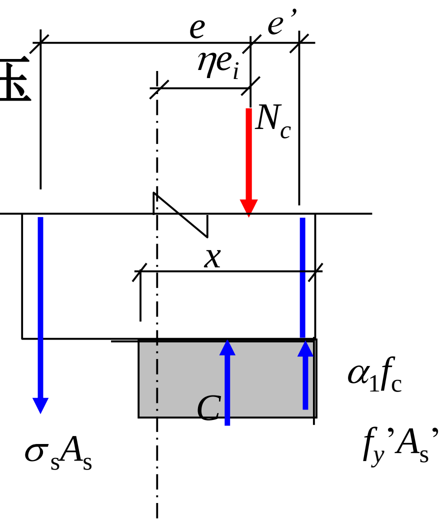
$\leq 2a_s'$：

补充方程$\sigma_s' = E_s \varepsilon_{cu}\left(\frac{0.8a_s'}{\xi h_0} - 1\right)$

或取$x = 2a_s'$，$A_s = \frac{Ne}{f_y(h_0 - a_s')}$

➢基本公式的应用

不对称配筋时（$A_s \neq A_s'$）的截面设计——小偏压



设计的基本原则：A_s+A_s'为最小。若$\eta_{ei} \leq 0.3h_0$时初定为小偏心受压

取$A_s = \rho_{s,\min} bh$

小偏压时A_s一般达不到屈服

联立求解平衡方程即可（应确认是小偏心受压）

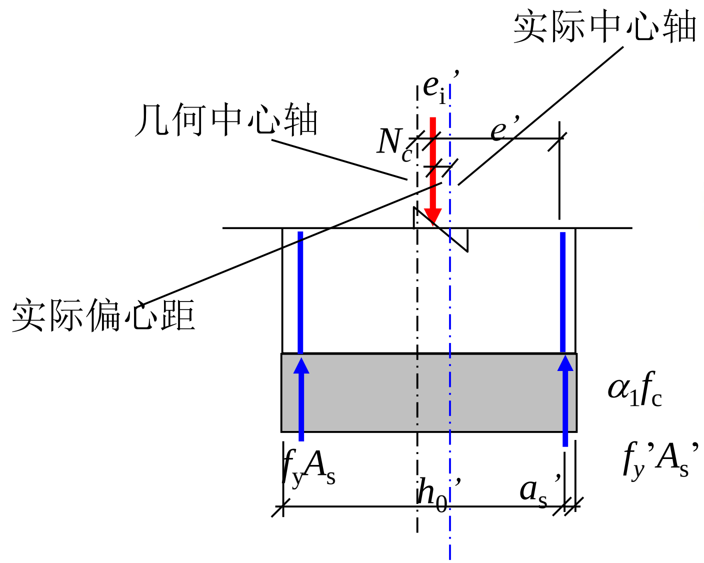
➢基本公式的应用

不对称配筋时（$A_s \neq A_s'$）的截面设计——小偏压

特例：e_i过小，A_s过少，导致A_s一侧混凝土压碎，A_s屈服。为此，尚需作下列补充验算：

偏于安全，使实际偏心距更大

$$e_i' = e_0 - e_a, \eta = 1.0$$



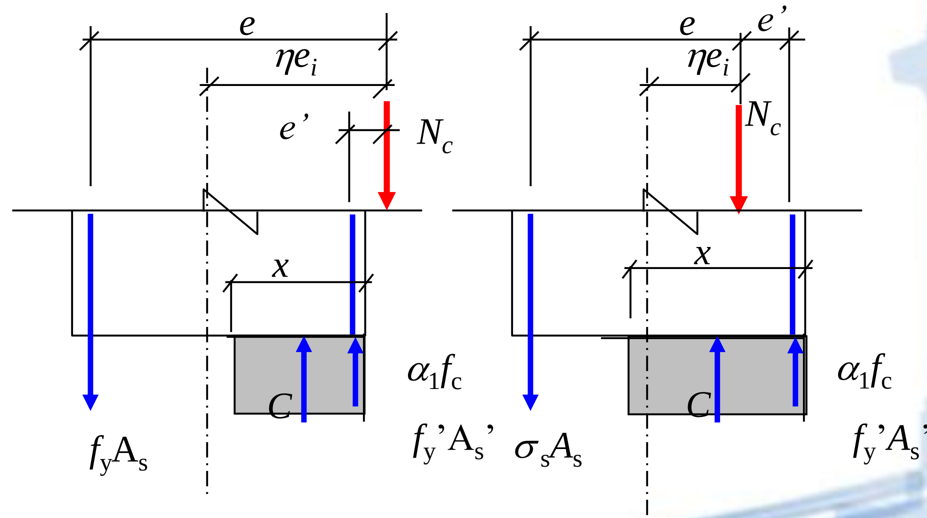
$$A_s \geq \frac{N_c e' - \alpha_1 f_c bh(h_0' - 0.5h)}{f_y(h_0' - a_s')}, e' = \frac{h}{2} - e_i' - a_s'$$

➢基本公式的应用

不对称配筋时（$A_s \neq A_s'$）的截面设计——平面外承载力的复核

设计完成后应按已求的配筋对平面外（*b*方向）的承载力进行复核

按照轴压构件



➢基本公式的应用

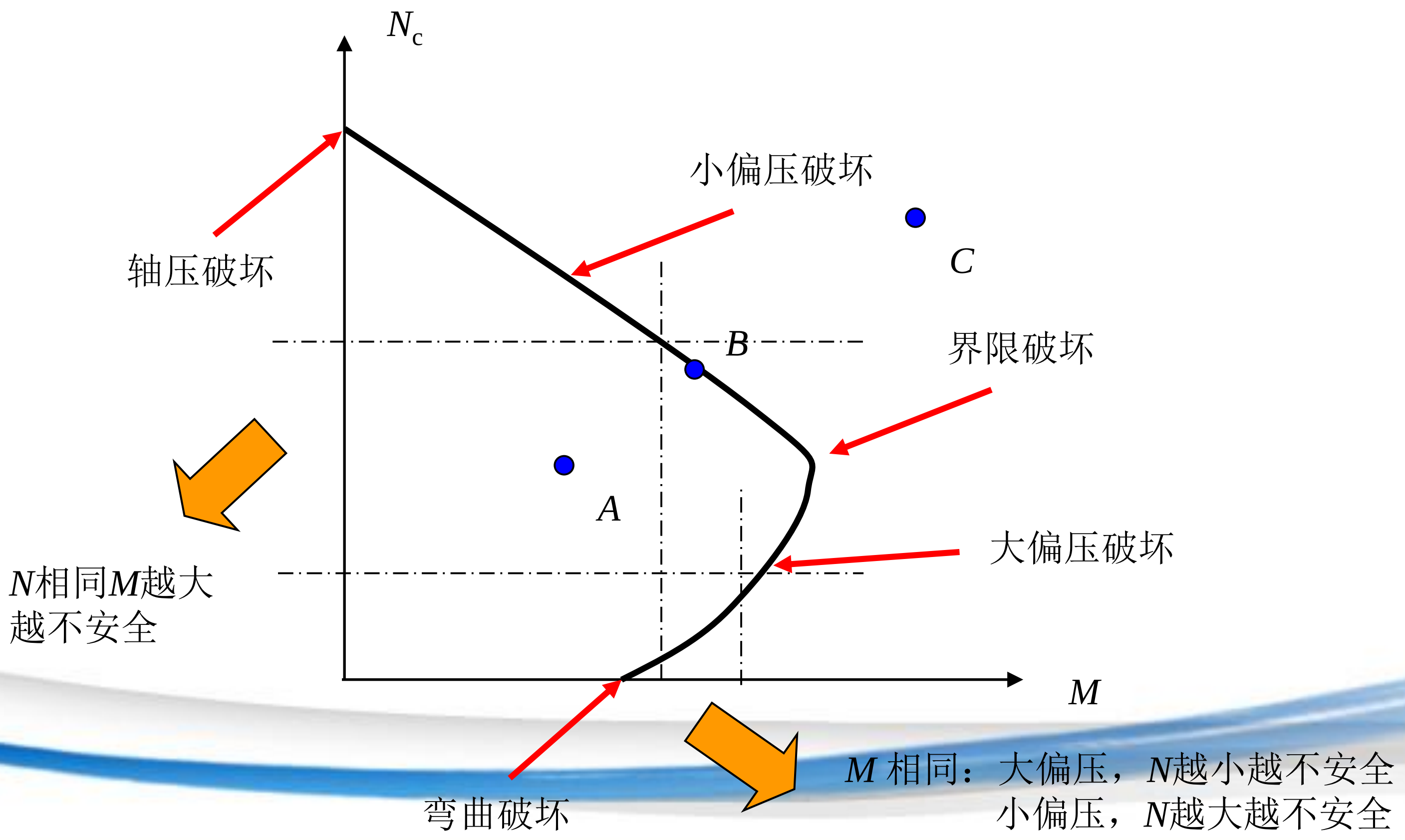
不对称配筋时（$A_s \neq A_s'$）的截面承载力

已知e_0 → 求N_{cu} → 直接求解基本方程求N_{cu} / 按轴压求N_{cu} → 取二者的小值 ↓

已知N_c → 求M_u → 直接求解基本方程 → 注意特例

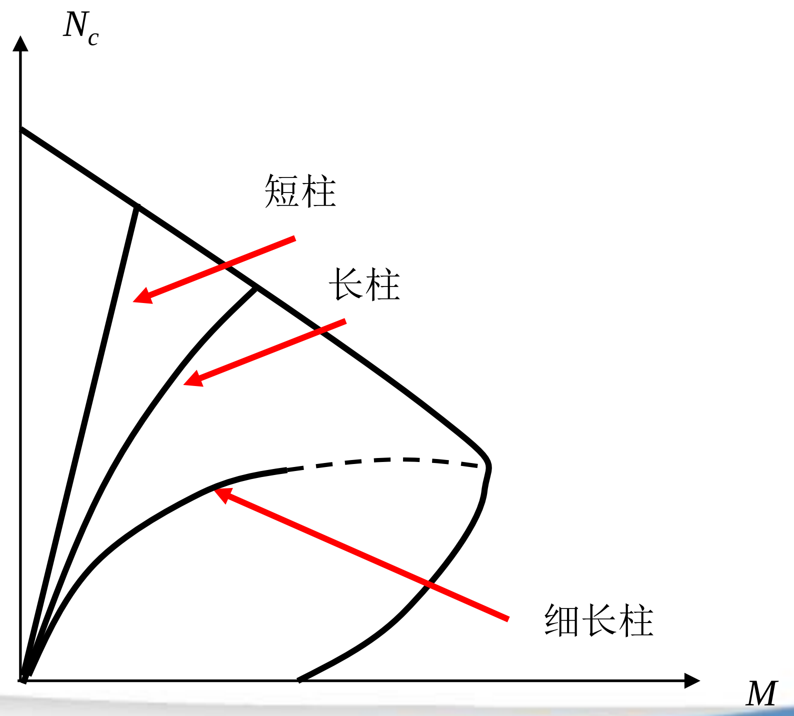
➢基本公式的应用

N_c-M相关曲线



➢基本公式的应用

N_c-M相关曲线



➢基本公式的应用

对称配筋（A_s=A_s'）偏心受压构件的截面设计——判别式

对称配筋的大偏心受压构件

$$N=\alpha_1 f_c bx+f_y' A_s'-f_y A_s(\sigma_s A_s)$$

$$Ne=\alpha_1 f_c bx(h_0-0.5x)+f_y' A_s'(h_0-a_s')$$

$$\sigma_s=E_s\varepsilon_{cu}(\frac{0.8}{\xi}-1)\text{或}\sigma_s=\frac{0.8-\xi}{0.8-\xi_b}f_y$$

$$A_s f_y=A_s' f_y'$$

应用基本公式1

$$\xi=\frac{N_c}{\alpha_1 f_c bh_0}$$

$\xi\le\xi_b$，大偏压

$\xi>\xi_b$，小偏压

➢基本公式的应用

对称配筋（A_s=A_s'）大偏心受压构件的截面设计

$$\xi=\frac{N_c}{\alpha_1 f_c b h_0}$$

⬇

$$A_s=A_s'=\frac{N_c e-\alpha_1 f_c b h_0(\xi-0.5\xi^2)}{f_y'(h_0-a_s')}$$

若$\xi<\frac{2a_s'}{h_0}$，取$\xi=\frac{2a_s'}{h_0}$

➢基本公式的应用

对称配筋（A_s=A_s'）小偏心受压构件的截面设计

$$\xi=\frac{N_c}{\alpha_1 f_c b h_0}$$

$$N_c=\alpha_1 f_c bx+f_y' A_s'-f_y A_s(\sigma_s A_s)$$

$$N_c e=\alpha_1 f_c bx(h_0-0.5x)+f_y' A_s'(h_0-a_s')$$

$$\sigma_s=E_s\varepsilon_{cu}(\frac{0.8}{\xi}-1)\text{或}\sigma_s=\frac{0.8-\xi}{0.8-\xi_b}f_y$$

对小偏心受压构件不真实，需重新计算ξ

由基本公式知

f_{cu}≤50Mpa时，要解关于ξ的三次或二次方程，f_{cu}>50Mpa时，要解关于ξ的高次方程

有必要做简化

➢基本公式的应用

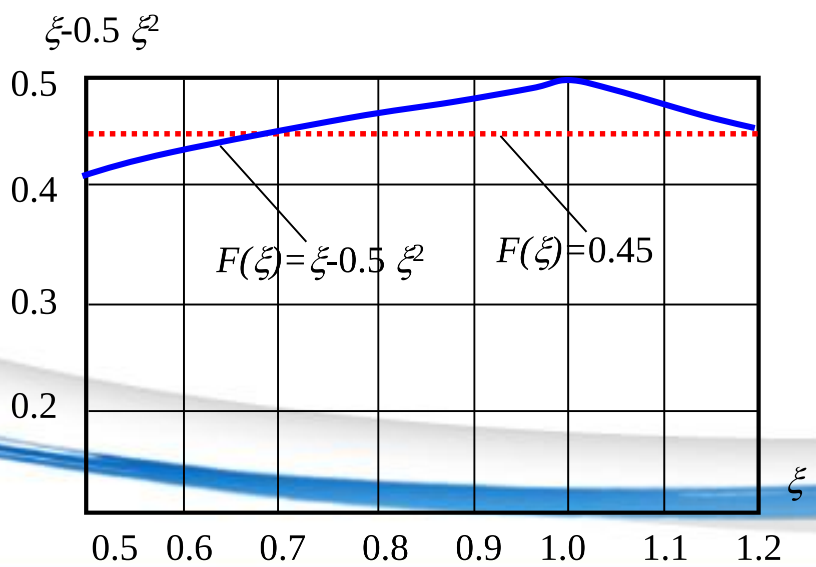
对称配筋（$A_s = A_s'$）小偏心受压构件的截面设计

以$f_{cu} \le$ 50Mpa为例，如将基本方程中的ξ-0.5 ξ^2换为一关于ξ的一次方程或为一常数，则就可能将高次方程降阶

$$N_c = \alpha_1 f_c b x + f_y' A_s' - f_y A_s (\sigma_s A_s)$$

$$N_c e = \alpha_1 f_c b x (h_0 - 0.5x) + f_y' A_s' (h_0 - a_s')$$

$$\sigma_s = E_s \varepsilon_{cu} \left(\frac{0.8}{\xi} - 1\right) \text{或} \sigma_s = \frac{0.8 - \xi}{0.8 - \xi_b} f_y$$



➡ 用0.45代替ξ-0.5 ξ^2

➢基本公式的应用

对称配筋（A_s=A_s'）小偏心受压构件的截面设计

$$N_c = \alpha_1 f_c bx + f_y' A_s' - f_y A_s (\sigma_s A_s)$$

$$N_c e = \alpha_1 f_c bx(h_0 - 0.5x) + f_y' A_s'(h_0 - a_s')$$

$$\sigma_s = E_s \varepsilon_{cu}\left(\frac{0.8}{\xi} - 1\right) \text{或} \sigma_s = \frac{0.8-\xi}{0.8-\xi_b} f_y$$

⇦

$$N_c = f_c bx + f_y' A_s' - \sigma_s A_s$$

$$N_c e = 0.45 f_c b h_0^2 + f_y' A_s'(h_0 - a_s')$$

$$\sigma_s = \frac{0.8-\xi}{0.8-\xi_b} f_y$$

⇩ 联立求解

$$\xi = \frac{N_c - f_c b h_0 \xi_b}{\dfrac{N_c e - 0.45 f_c b h_0^2}{(h_0 - a_s')(0.8-\xi_b)} + f_c b h_0} + \xi_b$$

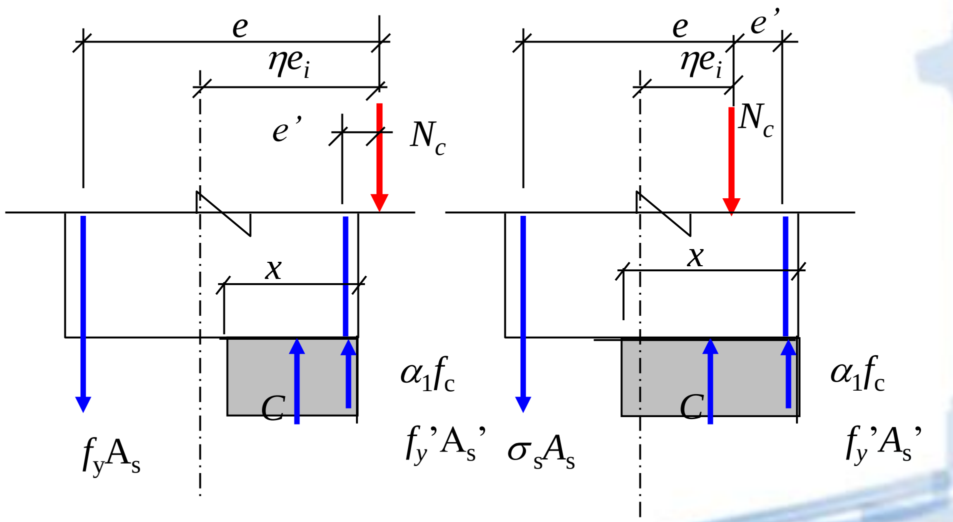
⇨ 求出ξ后，便可计算A_s=A_s'

➢基本公式的应用

对称配筋（A_s=A_s'）小偏心受压构件的截面设计

设计完成后应按已求的配筋对平面外（*b*方向）的承载力进行复核

按照轴压构件



➢基本公式的应用

对称配筋（A_s=A_s'）偏心受压构件的截面承载力

$$N_{cu}=\alpha_1 f_c bx+f_y' A_s' - f_y A_s (\sigma_s A_s)$$

$$N_{cu}e=\alpha_1 f_c bx(h_0-0.5x)+f_y' A_s'(h_0-a_s')$$

$$\sigma_s=E_s\varepsilon_{cu}(\frac{0.8}{\xi}-1) \text{或} \sigma_s=\frac{0.8-\xi}{0.8-\xi_b}f_y$$

和不对称配筋类似，但A_s=A_s'、 f_y=f_y'（略）

➢I截面偏心受压构件的承载力

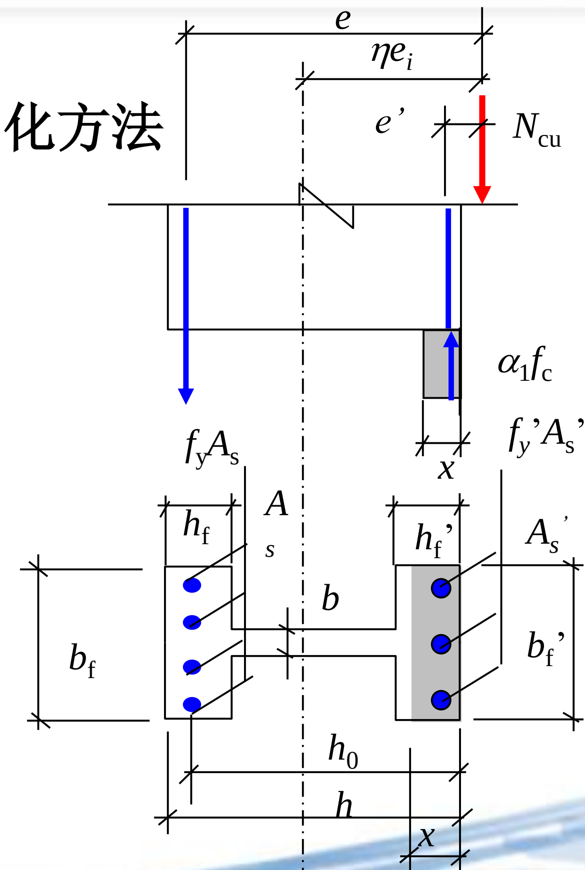
大偏心受压构件的基本计算公式——简化方法

$$x \le h_f'$$

$$N_{cu} = \alpha_1 f_c b_f' x + f_y' A_s' - f_y A_s$$

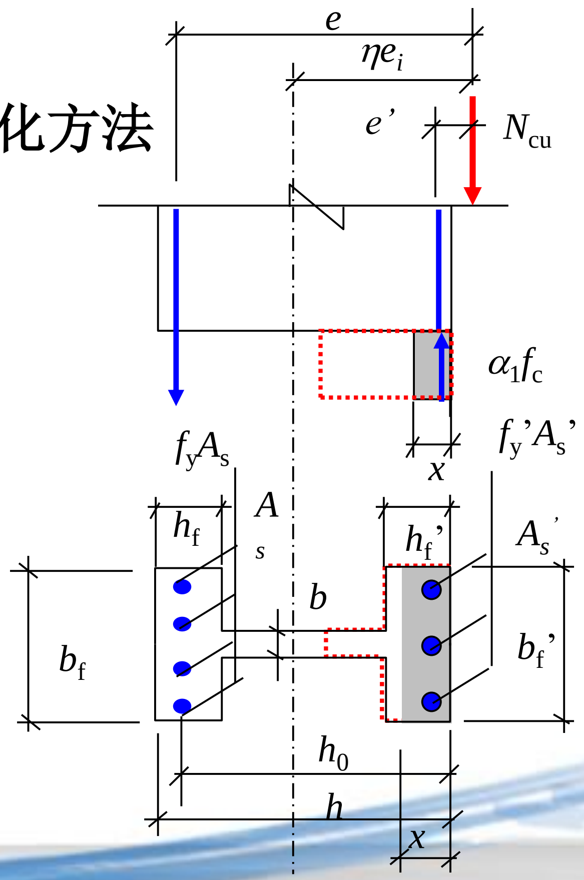
$$N_{cu} e = \alpha_1 f_c b_f' x (h_0 - 0.5x) + f_y' A_s' (h_0 - a_s')$$

$$x \ge 2a_s'$$



➢I截面偏心受压构件的承载力

大偏心受压构件的基本计算公式——简化方法



$$x > h_f'$$

$$N_{cu} = \alpha_1 f_c b_f' x + \alpha_1 f_c (b_f' - b) h_f' + f_y' A_s' - f_y A_s$$

$$N_{cu} e = \alpha_1 f_c b x (h_0 - 0.5x) + \alpha_1 f_c (b_f' - b) h_f' (h_0 - \frac{h_f'}{2})$$

$$+ f_y' A_s' (h_0 - a_s')$$

➢I截面偏心受压构件的承载力

小偏心受压构件的基本计算公式——简化方法

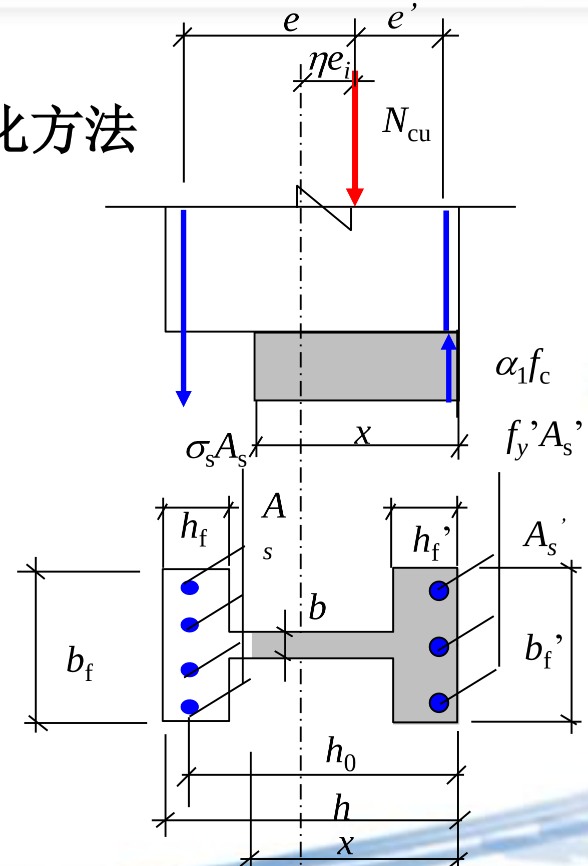
$$x \le h - h_f$$

$$N_{cu} = \alpha_1 f_c bx + \alpha_1 f_c (b_f' - b)h_f' + f_y' A_s' - \sigma_s A_s$$

$$N_{cu} e = \alpha_1 f_c bx(h_0 - 0.5x) + \alpha_1 f_c (b_f' - b)h_f' (h_0 - \frac{h_f'}{2})$$

$$+ f_y' A_s' (h_0 - a_s')$$

$$\sigma_s = E_s \varepsilon_{cu} (\frac{0.8}{\xi} - 1) \text{或} \sigma_s = \frac{0.8 - \xi}{0.8 - \xi_b} f_y$$



➢I截面偏心受压构件的承载力

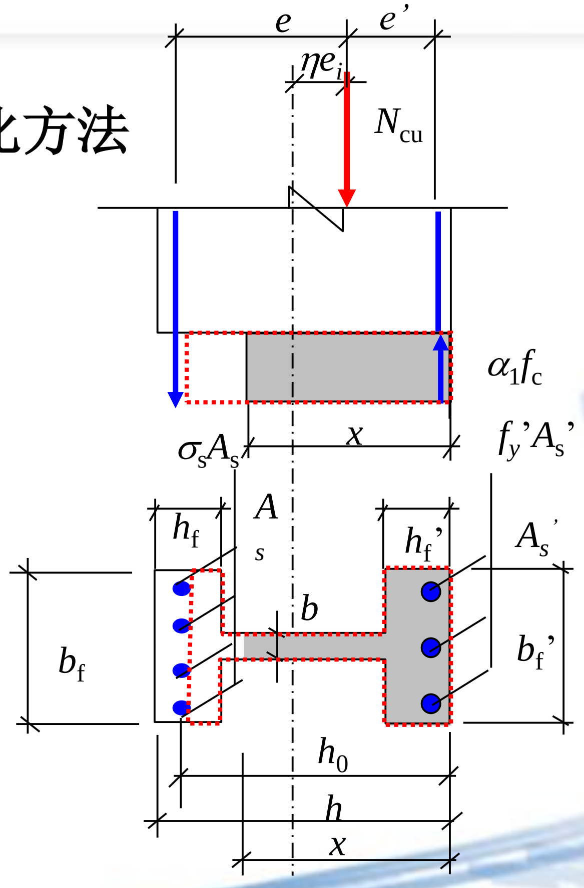
小偏心受压构件的基本计算公式——简化方法

$$h - h_f < x \le h$$

$$N_{cu} = \alpha_1 f_c bx + \alpha_1 f_c (b_f' - b)h_f' + \alpha_1 f_c (b_f' - b)(h_f - h + x) + f_y' A_s' - \sigma_s A_s$$

$$N_{cu} e = \alpha_1 f_c bx(h_0 - 0.5x) + \alpha_1 f_c (b_f' - b)h_f' (h_0 - \frac{h_f'}{2}) + \alpha_1 f_c (b_f' - b)(h_f - h + x)(\frac{2h_0 + h_f - h - x}{2}) + f_y' A_s' (h_0 - a_s')$$

$$\sigma_s = E_s \varepsilon_{cu} (\frac{0.8}{\xi} - 1) \text{或} \sigma_s = \frac{0.8 - \xi}{0.8 - \xi_b} f_y$$



➢I截面偏心受压构件的承载力

小偏心受压构件的基本计算公式——简化方法

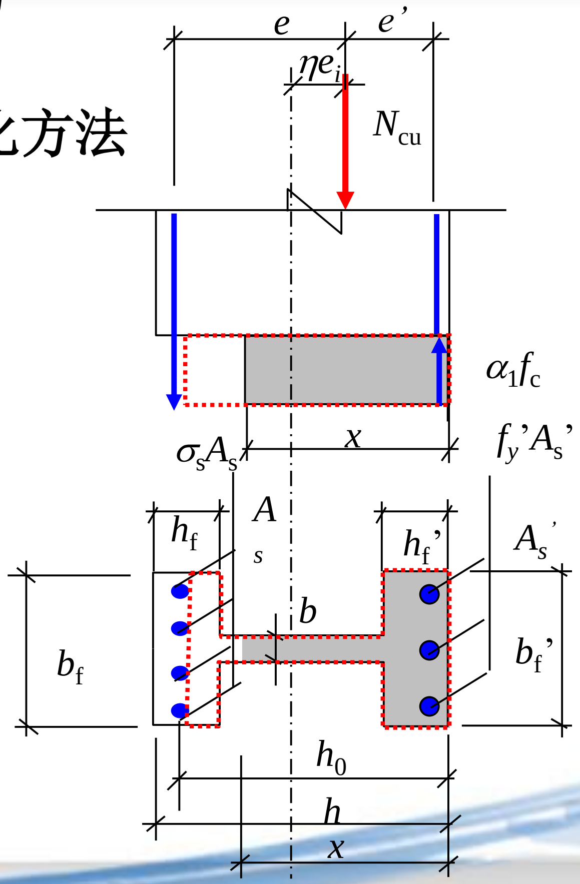
$$h-h_f<x\le h$$

为防止A_s一侧先坏

$$N_{cu}e'=\alpha_1 f_c bh(h_0'-0.5h)+\alpha_1 f_c(b_f'-b)h_f'(\frac{h_f'}{2}-a_s')$$

$$+\alpha_1 f_c(b_f-b)h_f(h_0'-\frac{h_f}{2})+f_y A_s(h_0'-a_s)$$

$$e'=\frac{h}{2}-(e_i-e_a)-a_s'$$



➢I截面偏心受压构件的承载力

大小偏心受压的界限判别式

$$N_{\mathrm{cu}} = \alpha_1 f_{\mathrm{c}} b_{\mathrm{f}}^{'} x + \alpha_1 f_{\mathrm{c}} (b_{\mathrm{f}}^{'} - b) h_{\mathrm{f}}^{'} + f_{\mathrm{y}}^{'} A_{\mathrm{s}}^{'} - f_{\mathrm{y}} A_{\mathrm{s}}$$

$$N_{\mathrm{cu}} e = \alpha_1 f_{\mathrm{c}} bx(h_0 - 0.5x) + \alpha_1 f_{\mathrm{c}} (b_{\mathrm{f}}^{'} - b) h_{\mathrm{f}}^{'} (h_0 - \frac{h_{\mathrm{f}}^{'}}{2}) + f_{\mathrm{y}}' A_{\mathrm{s}}' (h_0 - a_{\mathrm{s}}')$$

I形截面一般采用对称配筋

$$A_{\mathrm{s}} f_{\mathrm{y}} = A_{\mathrm{s}}^{'} f_{\mathrm{y}}^{'}$$

应用基本公式1

$$\xi = \frac{N_{\mathrm{c}} - \alpha_1 f_{\mathrm{c}} (b_{\mathrm{f}}^{'} - b) h_{\mathrm{f}}^{'}}{\alpha_1 f_{\mathrm{c}} b h_0}$$

$\xi \le \xi_{\mathrm{b}}$, 大偏压

$\xi > \xi_{\mathrm{b}}$, 小偏压

➢I截面偏心受压构件的承载力

基本公式的应用

截面设计

→ 和矩形截面构件类似（略）

截面承载力

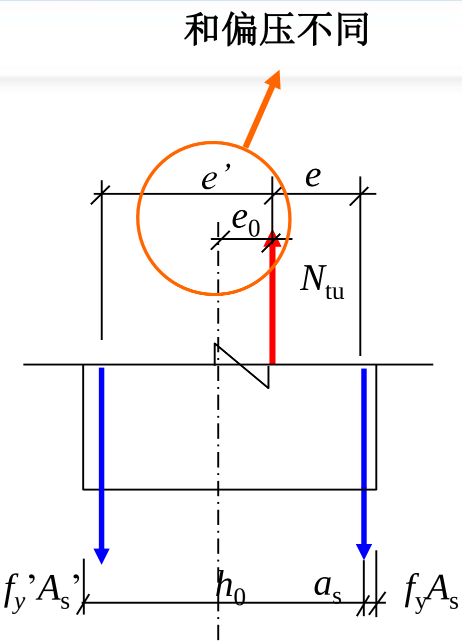
➢偏心受拉构件

小偏心受拉

N位于A_s和A_s'之间时，混凝土全截面受拉（或开始时部分混凝土受拉，部分混凝土受压，随着N的增大，混凝土全截面受拉）

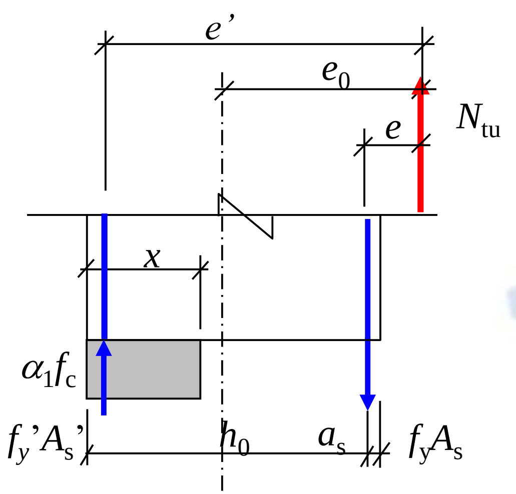
开裂后，拉力由钢筋承担

最终钢筋屈服，截面达最大承载力



➢偏心受拉构件

大偏心受拉



N位于A_s和A_s'之外时，部分混凝土受拉，部分混凝土受压，

↓

开裂后，截面的受力情况和大偏压类似

↓

最终受拉钢筋屈服，压区混凝土压碎，截面达最大承载力

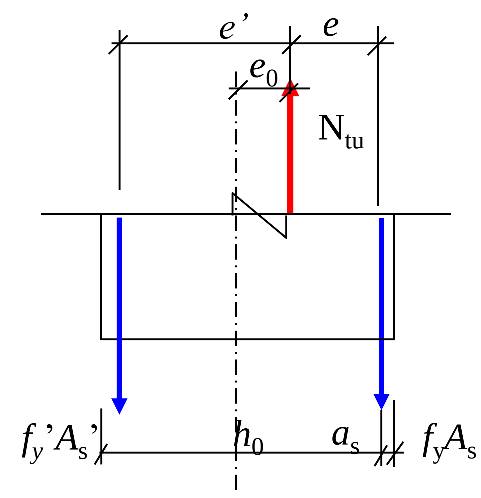
➢小偏心受拉构件承载力

混凝土不参加工作

$$N_{tu} = f_y A_s + f_y' A_s'$$

$$N_{tu} e = f_y' A_s' (h_0 - a_s')$$

$$N_{tu} e' = f_y A_s (h_0' - a_s)$$



可直接应用公式进行设计,计算截面承载力

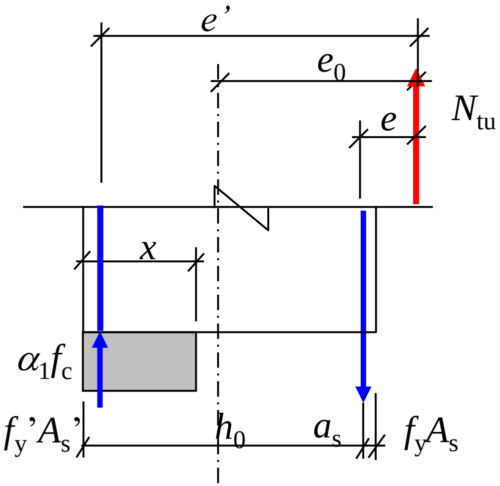
➢大偏心受拉构件承载力

$$N_{tu} = f_y A_s - \alpha_1 f_c bx - f_y' A_s'$$

$$N_{tu} e = \alpha_1 f_c bx(h_0 - \frac{x}{2}) + f_y' A_s'(h_0 - a_s')$$

$x < 2a_s'$时，取$x = 2a_s'$

$$N_{tu} e' = f_y A_s (h_0' - a_s)$$



设计时可先假设$x>2a_s'$，在求配筋

复核承载力计算方法方法和大偏压类似，只是N的方向不同