

# آیین نامه بتن ایران

## ستونهای تحت اثر بار محوری و لنگر خمشی

تالو

۱- بار محوری مقاوم نهائی ستون :

$$N_{r0} = 0.85 f_{cd} (A_g - A_{st}) + f_{yd} A_{st}$$

۲- حداکثر بار نهائی مجاز :

$$N_u = 0.8 N_{r0}$$

۳- مشخصات بار و لنگر خمشی نهائی متعادل :

الف - در مقطع غیر متقارن :

$$a_b = \frac{6300}{6300 + f_{yd}} \beta_1 d$$

$$N_{rb} = 0.85 f_{cd} b a_b + (A'_s - A_s) f_{yd}$$

$$e'_b = \left[ 0.85 f_{cd} b a_b \left( d - \frac{a_b}{2} \right) + A'_s f_{yd} (d - d') \right] / N_{rb}$$

$$e_b = e'_b - \bar{X}$$

$$M_{rb} = N_{rb} \cdot e_b$$

ب - در مقطع متقارن :

$$a_b = \frac{6300}{6300 + f_{yd}} \beta_1 d$$

$$N_{rb} = 0.85 f_{cd} b a_b$$

$$e_b = (0.20 + 0.77 \rho_l m) t$$

مقدار تقریبی  $e_b$  :

$$\rho_l = \frac{A_{st}}{b l}$$

$$m = \frac{f_{yd}}{0.85 f_{cd}}$$

۴- بار محوری مقاوم نهائی ستون با مقطع مربع مستطیل تحت اثر بار محوری و لنگر خمشی :

الف - وقتی  $N_r \leq N_{rb}$  باشد :

$$N_r = 0.85 f_{cd} b d \left[ 1 - \frac{e'}{d} + (\rho' - \rho) m + \sqrt{\left( 1 - \frac{e'}{d} \right)^2 - 2 \frac{e'}{d} (\rho' - \rho) m + 2 \rho' m \left( 1 - \frac{d'}{d} \right)} \right]$$

# آیین نامه بتن ایران

ستونهای تحت اثر بار محوری و لنگر خمشی

- در حالتیکه مقطع متقارن باشد:

$$N_r = 0.85 f_{cd} b d \left[ 1 - \frac{e'}{d} + \sqrt{\left(1 - \frac{e'}{d}\right)^2 + 2\rho' m \left(1 - \frac{d'}{d}\right)} \right]$$

- در حالتیکه مقطع متقارن باشد روابط زیر را می توان نوشت:

$$N_r = 0.85 f_{cd} b a$$

$$M_r = \frac{1}{2} N_r (t - a) + A_s f_{yd} (d - d') \quad , \quad a_s = \frac{N_r}{0.85 f_{cd} \cdot b}$$

- در روابط فوق پارامترها عبارتند از:

$$\rho = \frac{A_s}{bd}$$

$$\rho' = \frac{A'_s}{bd}$$

$$e' = e + \bar{x}$$

$\bar{x}$  فاصله مرکز ثقل پلاستیکی از مرکز آرماتورهای کششی است.

← از عنینها

ب - وقتی  $N_r > N_{rb}$  باشد:

$$N_r = N_{r0} - (N_{r0} - N_{rb}) \frac{M_r}{M_{rb}}$$

$$N_r = \frac{N_{r0}}{1 + \left[ \frac{N_{r0}}{N_{rb}} - 1 \right] \frac{e}{e_b}} \quad \text{و یا:}$$

- در حالتیکه مقطع متقارن باشد:

$$N_r = \frac{A'_s f_{yd}}{0.5 + \frac{e}{d - d'}} + \frac{b l f_{cd}}{1.18 + \frac{3et}{d^2}} \quad , \quad M_r = N_r \cdot e$$

## ستونهای تحت اثر بار محوری و لنگر خمشی

۵- بار محوری مقاوم نهائی ستون با مقطع دایره تحت اثر بار محوری و لنگر خمشی:

الف - وقتی  $N_r \leq N_{rb}$  باشد:

$$N_r = 0.85 f_{cd} D^2 \left[ \sqrt{\left(0.85 \frac{e}{D} - 0.38\right)^2 + 0.4 \rho_l m \frac{D_s}{D}} - \left(0.85 \frac{e}{D} - 0.38\right) \right]$$

ب - وقتی  $N_r > N_{rb}$  باشد:

$$N_r = \frac{A_{st} f_{yd}}{1 + 3 \frac{e}{D_s}} + \frac{A_g f_{cd}}{1.18 + \frac{9.6 D \cdot e}{(0.8D + 0.67 D_s)^2}}$$

پ -  $e_b$  در مقطع دایره ای شکل:

$$e_b = (0.24 + 0.39 \rho_l m) D$$

۶- بار محوری مقاوم نهائی ستون تحت اثر بار محوری و لنگر خمشی دو محوره:

الف - وقتی  $N_r \geq 0.15 f_{cd} A_g$  باشد:

$$\frac{1}{N_r} = \frac{1}{N_{rx}} + \frac{1}{N_{ry}} - \frac{1}{N_{r0}} \quad \gamma$$

ب - وقتی  $N_r < 0.15 f_{cd} A_g$  باشد:

$$\frac{M_{ux}}{M_{rx}} + \frac{M_{uy}}{M_{ry}} \leq 1.0$$

$M_{rx}$  و  $N_{rx}$  و نیز  $M_{ry}$  و  $N_{ry}$  مقادیر بار محوری مقاوم و لنگر خمشی مقاوم نهائی ستون در برون محوری های  $e_x$  به تنهایی و  $e_y$  به تنهایی می باشند.

۷- بارهای مقاوم نهائی اسمی ستون تحت اثر بار محوری و لنگر خمشی،  $M_n$  و  $N_n$ :

چنانچه در روابط فوق بجای  $f_{cd}$  و  $f_{yk}$  مقادیر  $f_{cc}$  و  $f_{yk}$  را قرار دهیم، مقادیر  $M_n$  و  $N_n$  بدست می آید.

# آیین نامه بتن ایران

## ستونهای تحت اثر بار محوری و لنگر خمشی

۱- تشدید لنگر خمشی در ستون های لاغر:

الف- طول مؤثر ستون:

$$l_e = K.l$$

$$K = f(\psi_A, \psi_B)$$

$$\psi_{A,B} = \left[ \frac{\sum \left( \frac{EI}{l} \right)_{Cols}}{\sum \left( \frac{EI}{l} \right)_{Beams}} \right]_{A,B}$$

$$I_{Cols} = 0.7 I_{g,Cols}$$

$$I_{Beams} = 0.35 I_{g,Beams}$$

ب- بار بحرانی ستون،  $N_c$ :

$$N_c = \frac{\pi^2 E_c I_e}{l_e^2}$$

$$E_c I_e = \frac{0.2 E_c I_g + E_s I_s}{1 + \beta_d}$$

- در ستون های مهار شده:

$$\beta_d = \frac{\text{بار نهائی ناشی از بار مرده ستون}}{\text{بار نهائی کل ستون}}$$

- در ستون های مهار نشده:

$$\beta_d = \frac{\text{برش نهائی ناشی از بارهای دائمی طبقه}}{\text{برش نهائی کل طبقه}}$$

- در همه حالات می توان با تقریب خوبی  $E_c I_e$  را بصورت زیر در نظر گرفت:

$$E_c I_e = 0.25 E_c I_g$$

$l_e$  در محاسبه  $\delta_b$  برای ستون مهار شده و در محاسبه  $\delta_s$  برای ستون مهار نشده منظور می گردد.

پ- ضریب تشدید لنگر در ستون های مهار شده:

$$M_c = \delta_b \cdot M_{2b}$$

## آیین نامه بتن ایران

### ستونهای تحت اثر بار محوری و لنگر خمشی

$$\delta_b = \frac{C_m}{1 - \frac{N_u}{\phi_n N_c}} \quad \delta_b \geq 1.0 \quad \phi_n = 0.65$$

$$C_m = 0.6 + 0.4 \frac{M_{1b}}{M_{2b}} \quad C_m \geq 0.4$$

در رابطه  $C_m$  اولاً:  $M_{1b} \leq M_{2b}$  ثانياً:  $M_{1b}/M_{2b}$  وقتی ستون در یک جهت خم می شود مثبت و وقتی در دو جهت خم می شود منفی منظور می گردد.  
ت- ضریب تشدید لنگر در ستون های مهار نشده:

$$M_c = M_{2b} + \delta_s \cdot M_{2s}$$

ضریب  $\delta_s$  با استفاده از یکی از دو روش زیر محاسبه می شود:  
روش اول:

$$\delta_b = \frac{1}{1 - \frac{\sum N_u}{\phi_n \sum N_c}} \quad \delta_s \geq 1 \quad \phi_n = 0.65$$

$\sum N_u$  و  $\sum N_c$  برای یک طبقه محاسبه می شوند.  
روش دوم: در حالتی معتبر است که  $Q \leq 0.33$  باشد.

$$\delta = \frac{1}{1 - Q}$$

$$Q = \frac{\sum N_u \delta_u}{H_u h_c}$$

$\delta_u$  تغییر مکان نسبی طبقه زیر اثر بار جانبی کل طبقه  $H_u$ ، جمع بار نهائی ستون های طبقه و  $h_c$  ارتفاع طبقه است.

حالت خاص: اگر

$$\frac{l}{r} \geq \frac{35}{\sqrt{\frac{N_u}{f_{cc} A_g}}}$$

باشد، ضریب تشدید لنگر در ستون های مهار نشده از رابطه زیر محاسبه می شود:

$$M_c = \delta_b (M_{2b} + \delta_s \cdot M_{2s})$$

## آیین نامه بتن ایران

ستونهای تحت اثر بار محوری و لنگر خمشی

$\delta_b$  و  $\delta_s$  مطابق روش های بالا محاسبه می شوند.

ث- طبقه ای مهار شده تلقی می شود که در آن پارامتر  $Q \leq 0.05$  باشد.

۹- ضوابط طراحی ستون ها:

الف- حداقل برون محوری در خمش یک محوره:

$$e = 0.03t + 1.5$$

e و t بر حسب cm می باشند.

ب- حد ضریب لاغری برای آنکه نیازی به محاسبات لاغری نباشد.

$$\frac{l_e}{r} \leq 34 - 12 \frac{M_{1b}}{M_{2b}}$$

- در ستون های مهار شده:

$$\frac{l_e}{r} \leq 22$$

- در ستون های مهار نشده:

پ- حداکثر فاصله خاموتها در ستونها:

- ۱۶ برابر قطر آرماتورهای طولی.

- ۴۸ برابر قطر خاموتها.

- کوچکترین بعد ستون.

ث- تعداد شاخه های خاموت:

تعداد شاخه های خاموت به اندازه ای است که آرماتورهای گوشه و سایر آرماتورها بطور یک

در میان به گوشه خاموت تکیه کنند.

ث- حداقل آرماتور مارپیچ در ستونهای دورپیچ شده:

$$\rho_{smin} = 0.45 \left( \frac{A_g}{A_{co}} - 1 \right) \frac{f_{cc}}{f_y}$$

$$\rho_s = \frac{V_s}{V_c} = \frac{4A_{ss}}{D_{ss} \cdot S}$$

$\rho_s$  درصد حجمی آرماتور مارپیچ است