ستون های تک:

$\rho_{min} < \rho < \rho_{max}$

$\rho = \frac{A_{st}}{A_g}$ ← مساحت آرماتورها / مساحت مقطع

ضوابط خاموت ها:

۱) $d_s \geq \Phi_{10}$

۲) $S \leq \min \begin{cases} \min(a,b) \\ 16\, d_b \\ 48\, d_s \end{cases}$

b ← اضلاع مقطع
d_b ← قطر آرماتور
d_s ← قطر خاموت

ضوابط دورپیچ ها:

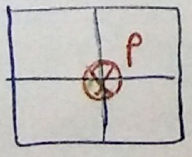
۱) $2.5\,cm \leq \rho \leq 7.5\,cm$ ، ρ: فاصله بین دورپیچ ها

ضوابط آرماتورهای طولی:

۱) $0.08 \leq \rho_g \leq 0.1$ ← شکل پذیری کم
$0.06 \leq \rho_g \leq 0.01$ ← متوسط
$0.02 \leq \rho_g \leq 0.01$ ← زیاد ✓

۲) فاصله دو آرماتور کناری هم (S): $S \geq \max(4\,cm, 1.5\,d_b)$

حالت ① بررسی ستون ها تحت اثر نیروی محوری خالص: (خیلی)



$$P_n = \underbrace{0.85 f'_c (A_g - A_{st})}_{\text{سهم بتن}} + \underbrace{A_{st} f_y}_{\text{سهم فولاد}}$$

ضریب کاهش مقاومت Φ ←
- مارپیچ: 0.75
- دورپیچ: 0.7

$P_u \leq \Phi P_n$ ← رابطه طراحی

Scanned by CamScanner

ex) مطلوبست طراحی ستون میانی سازه در طبقه اول با فرض:

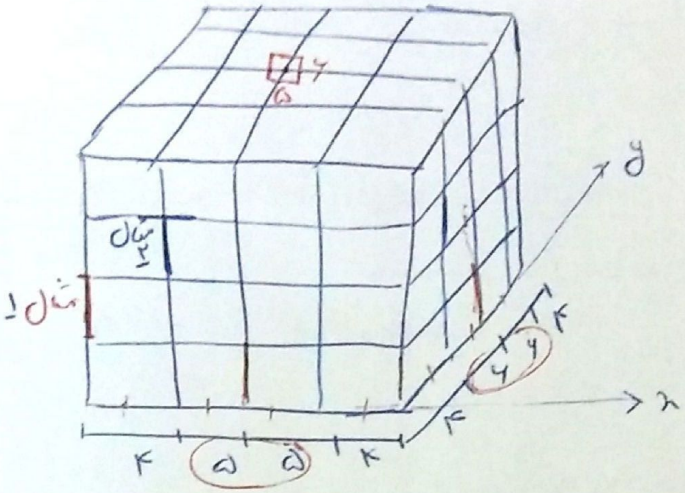
سازه متقارن - بارندازی فقط بار ثقلی - بارگذاری متقارن

$w_L = 200\ kg/m^2$

$w_D = 1200\ kg/m^2$

$f_y = 4000\ kg/cm^2$

$f'_c = 240\ kg/cm^2$



گام ۱) بارگذاری:

ترکیب بار

$w_u = 1.2 w_D + 1.6 w_L = 1.2 \times 1200 + 1.6 \times 200 = 1760$

بار وارده بر ستون $P_u = \underbrace{\left[\left(\frac{6}{2}+\frac{6}{2}\right)\times\left(\frac{5}{2}+\frac{5}{2}\right)\right]}_{\text{سطح بارگیر ستون}} \times \underbrace{\frac{4}{1}}_{\text{تعداد طبقات روی ستون مورد نظر}} \times w_u\ 1760 = \boxed{211200\ kg} = 211.2\ ton$

از دهانه‌های اطراف نصف برآورد می‌شود

مثال ۱)

ستون طبقه دوم و کناری:

$P_u = \left[\left(\frac{4}{2}\right)\times\left(\frac{4}{2}\right)\right] \times 3 \times 1760$

مثال ۲)

$P_u = \left[\left(\frac{5}{2}+\frac{4}{2}\right)\times\left(\frac{4}{2}+\frac{6}{2}\right)\right] \times 2 \times 1760$

گام ۲) حدس ابعاد مقطع: فرض 30×30

فرض:
25×25
30×30
40×40
50×50

گام ۳) محاسبه آرماتور: فرض $\boxed{8\ \Phi 16}$

تعداد آرماتور ضریب $\frac{1}{4}$ مرجع

$\Phi 12, \Phi 18, \Phi 20, \Phi 25 \cdots$

$\rho = \frac{A_{st}}{A_g} = \frac{8\pi(1.6)^2/4}{30 \times 30} = \boxed{0.0028}$ ✓

گام ۴) کنترل درصد آرماتور:

$0.01 \le \rho \le 0.04$ ok ✓

Scanned by CamScanner

۳۰

$P_u \leq \phi P_n$

گام ۵) کنترل ستون:

$P_n = 0.85 f'_c (A_g - A_{st}) + A_{st} f_y$

$P_n = 0.85 \times 240 \left((30 \times 30) - \frac{8\pi(1.4)^2}{4} \right) + \frac{8\pi(1.4)^2}{4} \times 4000 = 278988 \text{ kg}$

$P_u = 211200 \not\leq 0.65 \times 278988 = 181342.0$ kg

مناسب نیست

مقطع کوچک است.

یا مقطع بزرگ شود یا میلگرد افزایش یابد یا هردو.

جدید: 40×40 , $14 \phi 14$

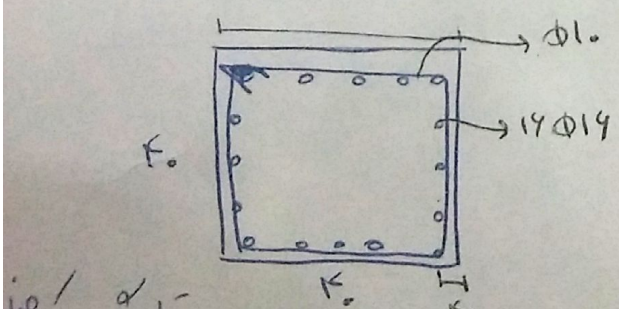
$\rho = \frac{A_{st}}{A_g} = \frac{14\pi(1.4)^2 / 4}{(40 \times 40)} = 0.02$

$0.01 < \rho < 0.03$ ok

$P_n = 0.85 f'_c (A_g - A_{st}) + f_y A_{st}$

$P_n = 0.85 \times 240 \left((40 \times 40) - \frac{14\pi(1.4)^2}{4} \right) + \frac{14\pi(1.4)^2}{4} \times 4000 = 443879$

$P_u = 211200 \leq 0.65 \times 443879 = 288521$ ok



$a^{cm} \sim 4^{cm} = Cover$

گام ۶) کنترل جاسازی مقطع:

فاصله بین میلگردها — قطر خاموت — قطر میلگرد — تعداد میلگرد در بیشترین ردیف

$b_{min} = n d_b + (n-1) \times S + 2 d_s + 2 Cover$

$= 5 \times 1.4^{cm} + (5-1) \times 4.2 + 2 \times 1 + 2 \times 4 = 34 < b = 40$ ok

Scanned by CamScanner

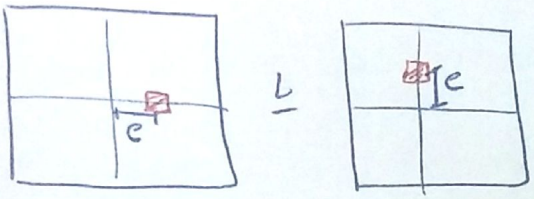
۴۵

$$S \geq \max(۴^{cm}, ۱,۵d_b) = \max(۴^{cm}, ۱,۵\times ۱,۶) = ۴^{cm}$$

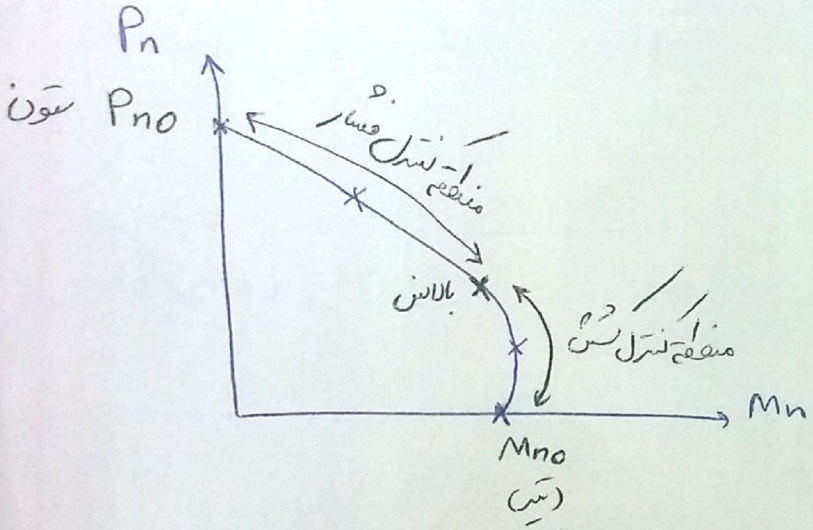
$۱,۶ \rightarrow ۲,۴$

اگر جا نمی شد مقدار آرماتور را افزایش داده و تعداد آن را کاهش می دهیم.

حالت (۲) بررسی ستون های کوتاه تحت اثر نیروی محوری و خمش تک محوری:



نمودار اندرکنش نیروی محوری - لنگر خمشی:
(دیاگرام هرمیت)



نقطه بالانس: بتن به کرنش نهایی ۰/۰۰۳ رسیده و آرماتورها کرنش جاری شده اند.

$$x_b = \frac{۰/۰۰۳}{۰/۰۰۳ + \varepsilon_y} \times d$$

$$a = \beta_1 \times x_b$$

$$f_s = f_y$$

$$\varepsilon'_s = \frac{x_b - d'}{x_b} \times ۰/۰۰۳$$

$\varepsilon'_s > \varepsilon_y$ → فشاری جاری شده → $f'_s = f_y$

$\varepsilon'_s < \varepsilon_y$ → فشاری جاری نشده → $f'_s = E \times \varepsilon'_s$

کنترل جاری شدن فولاد فشاری

کرنش فولاد فشاری

کرنش جاری شدن

Scanned by CamScanner

صرفاً

$$P_o = 0.85 f'_c (A_g - A_{st}) + A_{st} f_y$$: P_{no} نقطه

$$M_{no} = A_s f_y (d - \frac{a}{2}) \quad , \quad a = \frac{A_s f_y}{0.85 f'_c \times b}$$: M_{no} نقطه

نقطه‌ای در منطقه کنترل فشار: آرماتور کششی جاری نشده است ← f'_s

آرماتور فشاری باید بررسی شود. $x > x_b$

نقطه‌ای در منطقه کنترل کشش: آرماتور کششی جاری شده است ← $f_s = f_y$

آرماتور فشاری باید بررسی شود. $x < x_b$

نیروها:

نیروی فولاد کشش $T_b = A_{st} f_y$

نیروی فولاد فشار $C_{s_b} = A'_s (f'_s - 0.85 f'_c)$

بتن فشار $C_{c_b} = 0.85 f'_c \, a \times b$

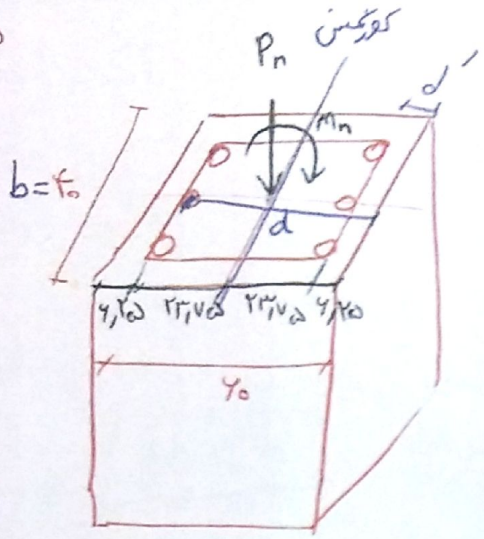
$$P_n = C_c + C_s - T$$

$M_n =$ گشتاور نیروها حول محور پلاستیک ستون

~~$A_s \cdot f_y (d - \frac{a}{2})$~~

Scanned by CamScanner

مثال ۶



ج) تعیین دیاگرام ظرفیت برای ستون معلوم:

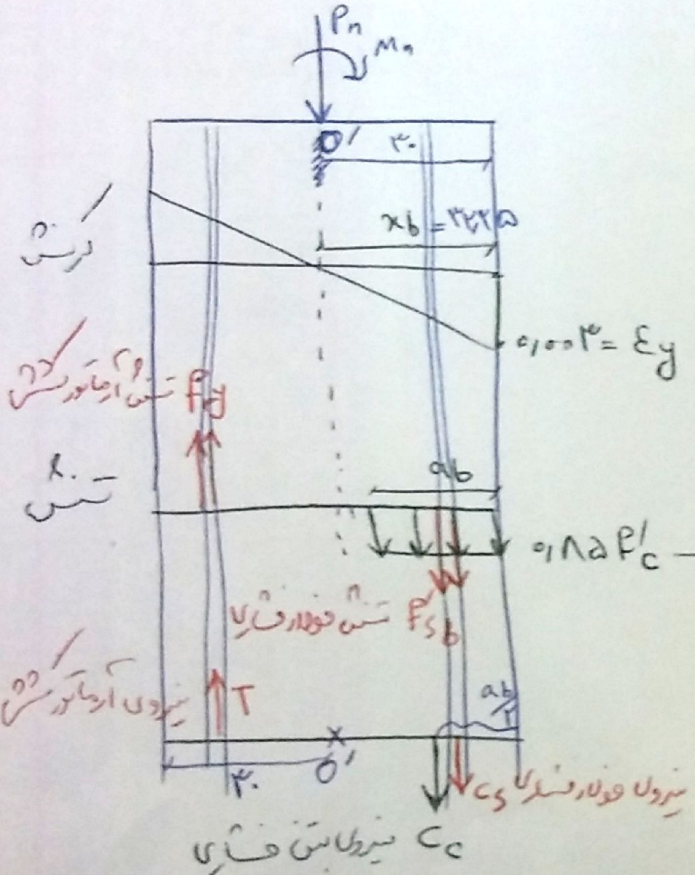
$A_{st} = 4\phi 25$

$f'_c = 200$ kg/cm²

$f_y = 4000$ kg/cm²

$h = ?$ ← $h = 40$ ضلعی که خم می‌شود

① تعیین نقطه بالانس:



نیرو = تنش × مساحت

$$x_b = \frac{0,003}{0,003 + \varepsilon_y} \times d = \frac{0,003}{0,003 + 0,002} \times (40 - 4,25) = 22,25 \text{ cm}$$

($d = 35,75$)

$$\varepsilon_y = \frac{f_y}{E} = \frac{4000}{2 \times 10^6} = 0,002$$

$$a_b = \beta_1 \times x_b = 0,85 \times 22,25 = 18,912 \text{ cm}$$

ثابت

Scanned by CamScanner

۷

کنترل جاری شدن فولاد فشاری :

$$\varepsilon'_s = \frac{x_b - d'}{x_b} \times 0{,}003 = \frac{32{,}25 - 6{,}25}{32{,}25} \times 0{,}003 = 0{,}002422$$

$$\varepsilon'_s = 0{,}002422 > \varepsilon_y = 0{,}002 \longrightarrow \text{فولاد فشاری جاری شده}$$

$$\boxed{f'_{sb} = f_y}$$

چون بالاسی هم حتماً جاری شده

محاسبه نیروها :

$$T_b = A_{st} \times f_y = \frac{4 \times \pi (2{,}5)^2}{4} \times 4000 \div 1000 = \boxed{78{,}92} \text{ ton}$$

$$C_{s,b} = A'_s (f'_{sb} - 0{,}85 f'_s) = \frac{3 \times \pi (2{,}5)^2}{4} (4000 - 0{,}85 \times 200) \div 1000 = \boxed{54{,}24} \text{ ton}$$

$$C_{c,b} = 0{,}85 f'_c \, a_b \cdot b = 0{,}85 \times 200 \times 27{,}2125 \times 40 \div 1000 = \boxed{184{,}05} \text{ ton}$$

محاسبه P_{nb} , M_{nb} :

$$P_{nb} = C_{c_b} + C_{s_b} - T_b$$

$$P_{n,b} = 184{,}05 + 54{,}24 - 78{,}92 = \boxed{159{,}37 \text{ ton}} \quad *$$

چون مقطع متقارن است مرکز پلاستیک همان مرکز ستون است :

M_{nb} = لنگر حول O' (مرکز ستون)

$$M_{nb} = T \times (30 - 4{,}25) + C_s (30 - 4{,}25) + C_c \left(30 - \frac{a_b}{2}\right)$$

$$M_{nb} = 78{,}92 (30 - 4{,}25) + 54{,}24 (30 - 4{,}25) + 184{,}05 \left(30 - \frac{27{,}2125}{2}\right) \div 100$$

تبدیل به متر

$$\boxed{M_{nb} = 57{,}74 \text{ ton.m}} \quad *$$

Scanned by CamScanner

۸۰

② بررسی نقطه P_0 :

$$P_0 = 0.85 f'_c (A_g - A_{st}) + A_{st} f_y$$

$$P_0 = 0.85 \times 200 \left((50 \times 40) - \frac{4\pi (2.5)^2}{4} \right) + \frac{4\pi (2.5)^2}{4} \times 4000 \div 1000$$

$$\boxed{P_0 = 502.83 \text{ ton}}$$

③ بررسی نقطه M_{n0} :

$$M_{n)0} = A_{st} f_y (d - a/2) \quad *$$

$$a = \frac{A_{st} f_y}{0.85 f'_c b} =$$

بررسی شکست بالانس یا دوبل : $\rho = \frac{A_{st}}{A_g = b d} = \frac{③ \frac{\pi (2.5)^2}{4}}{50 \times (40 - 4.25)} = 0.0048$

$\boxed{\rho_{max} =}$

$\rho < \rho_{max} \longrightarrow$ شکست آرمه ok ✓

اگر $\rho > \rho_{max} \longrightarrow$ دوبل آرمه

شکست ③ $\frac{\pi (2.5)^2}{4} \times 4000$

$$a = \frac{}{0.85 \times 200 \times 50} = 8.44 \text{ cm}$$

$$* \quad M_{n0} = \frac{3\pi (2.5)^2}{4} \times 4000 \left((40 - 4.25) - \frac{8.44}{2} \right) \times 10^{-5} = \boxed{29.1} \text{ ton.m}$$

Scanned by CamScanner

ص ۹

$x > x_b$

$x > ۲۲,۲۵ \longrightarrow \boxed{x = ۴۰}$

۴) بررسی نقطه ای در ناحیه کنترل فشار:

در ناحیه کنترل فشاری جاری شدن فولادهای فشاری و کششی باید بررسی شود:

$$\varepsilon_s = \frac{d-x}{x} \times ۰,۰۰۳ = \frac{۴۳,۷۵ - ۴۰}{۴۰} \times ۰,۰۰۳ = ۰,۰۰۱۰۳ < \varepsilon_y = ۰,۰۰۲$$

کرنش کششی

فولاد کششی جاری نشده است $\boxed{f_s}$

$$\varepsilon'_s = \frac{x - d'}{x} \times ۰,۰۰۳ = \frac{۴۰ - ۴,۲۵}{۴۰} \times ۰,۰۰۳ = ۰,۰۰۲۸۴ > \varepsilon_y = ۰,۰۰۲$$

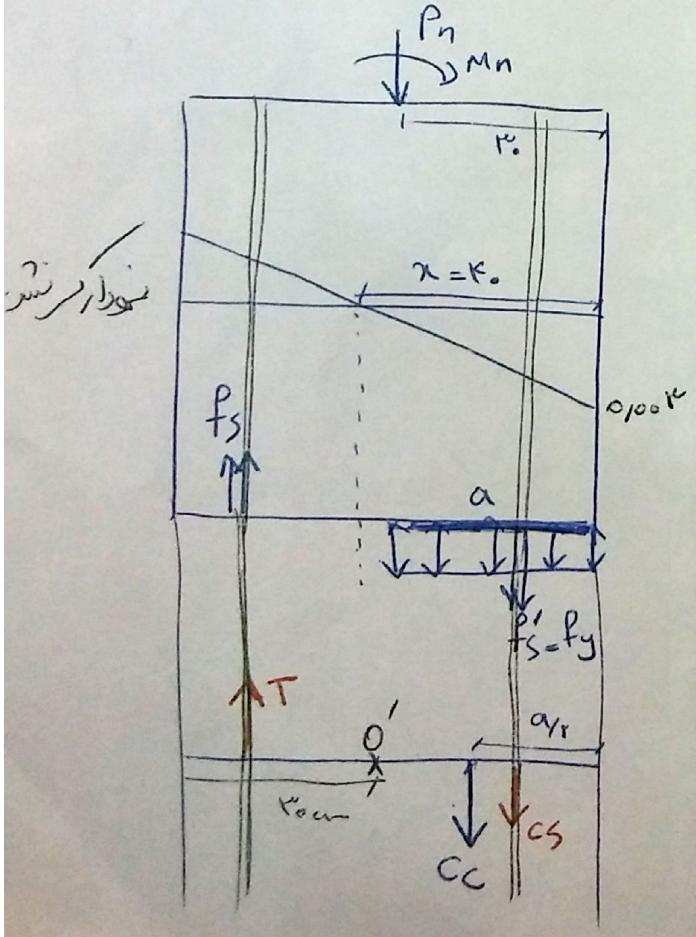
کرنش فشاری

فولاد فشاری جاری شده است

$$\boxed{f'_s = f_y}$$

$$\varepsilon_y = \frac{f_y}{E} = \frac{۴۰۰}{۲ \times ۱۰^۴} = ۰,۰۰۲$$

$$f_s = E \times \varepsilon_s = ۲ \times ۱۰^۶ \times ۰,۰۰۱۰۳ = \boxed{۲۰۶۰}$$



محاسبه نیروها:

$$a = \beta_1 \times x = ۰,۸۵ \times ۴۰ = \boxed{۳۴ \text{ cm}}$$

Scanned by CamScanner

۱۰ جاری شده

$$T = A_s f_s = \frac{3\pi(2.5)^2}{4} \times 2040 \div 1000 = 30.380 \text{ ton}$$

$$C_s = A'_s \left(f'_s - 0.85 f'_c\right) = \frac{3\pi(2.5)^2}{4}\left(4000 - 0.85 \times 200\right) \div 1000 = 54.214 \text{ ton}$$

(f'_s: جاری شده f_y)

$$C_c = 0.85 f'_c \, a \times b = 0.85 \times 200 \times 34 \times 40 \div 1000 = 231.2 \text{ ton}$$

$$P_n = C_c + C_s - T = 231.2 + 54.214 - 30.380 = 257.234 \text{ ton}$$

$$M_n = T\left(30 - 4.25\right) + C_s\left(30 - 4.25\right) + C_c\left(30 - 9/2\right) \div 100 = 50.97 \text{ ton.m}$$

($9/2 \to 34$ ، تبدیل به cm)

⑤ بررسی نقطه‌ای در ناحیه کنترل کشش :

$x < x_b$

$x < 32.25 \longrightarrow 25 < 32.25$ $\quad x = 25$

$f_s = f_y$ ← فولاد کششی جاری شده است

ناحیه کنترل کشش : فولاد فشاری باید بررسی شود :

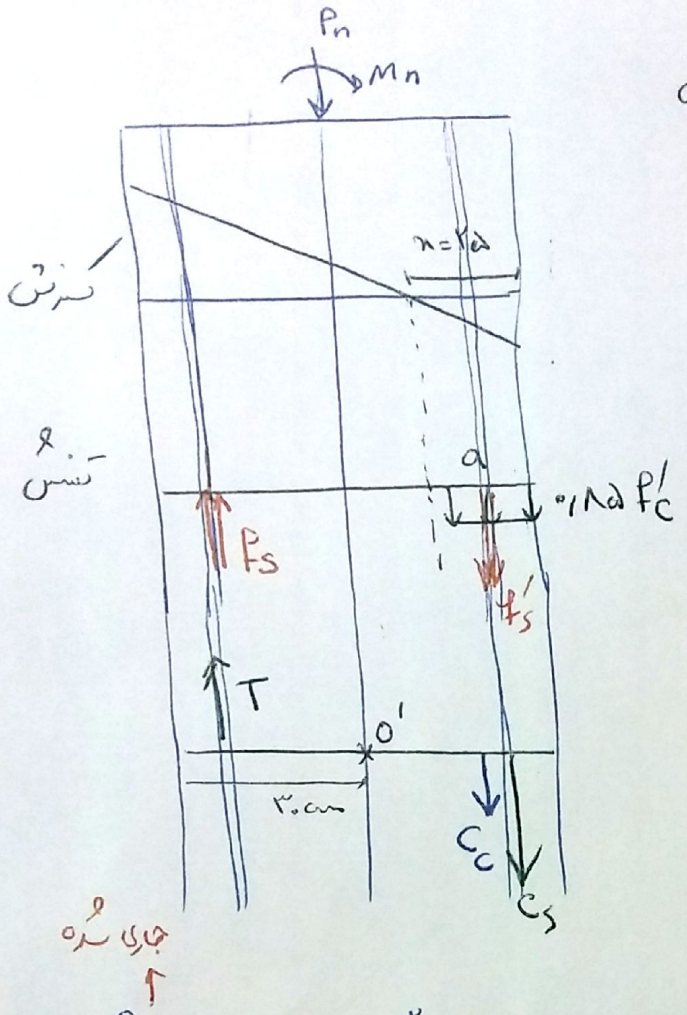
$$\varepsilon'_s = \frac{x - d'}{x} \times 0.003 = \frac{25 - 4.25}{25} \times 0.003 = 0.00249 > \varepsilon_y = 0.002$$

$$\varepsilon_y = \frac{f_y}{E} = \frac{4000}{2 \times 10^6} = 0.002$$

فولاد فشاری هم جاری شده است

$f'_s = f_y$

Scanned by CamScanner



$$T = A_s \times f_y = \frac{3\pi(2.5)^2}{4} \times 4000 \div 1000 = 58.92 \text{ ton}$$

$$C_s = A'_s (f_y - 0.85 f'_c) = \frac{3\pi(2.5)^2}{4} \times (4000 - 0.85 \times 200) \div 1000 = \underline{\boxed{54.419}} \text{ tn}$$

(جاری شده)

$$C_c = 0.85 f'_c ab = 0.85 \times 200 \times (21.25)(30) \div 1000 = \boxed{144.5} \text{ ton}$$

$$P_n = C_c + C_s - T \longrightarrow P_n = 54.419 + 144.5 - 58.92 = \boxed{142 \text{ ton}}$$

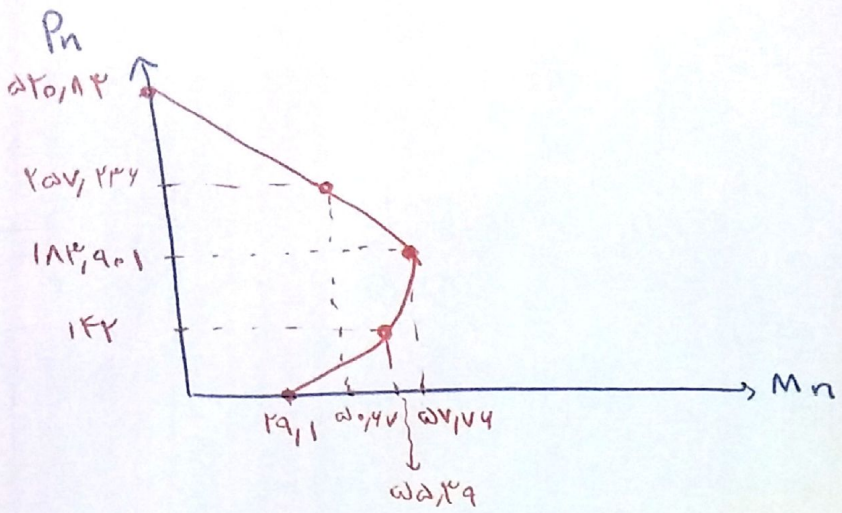
$$M_n = C_s(30 - 7.5) + T(30 - 7.5) + C_c\left(30 - \frac{a}{2}\right) \div 100 \quad (a \to 21.25)$$

↳ m

$$\boxed{M_n = 55.35 \text{ ton.m}}$$

Scanned by CamScanner

۱۲-



$\varepsilon_s \geq 0{,}005 \longrightarrow \Phi = 0{,}9$

$0{,}002 = \varepsilon_y \leq \varepsilon_s \leq 0{,}005 \longrightarrow \Phi \rightarrow \begin{cases} 0{,}87 \\ 0{,}7 \end{cases} \leq \Phi \leq 0{,}9$ (تنش بسته / مارپیچ)

$\varepsilon_s < \varepsilon_y = 0{,}002 \longrightarrow \Phi = 0{,}87$ تنش بسته

$\Phi = 0{,}7$ مارپیچ

$$\varepsilon_s = \frac{d-x}{x} \times 0{,}003$$

بالانس $\longrightarrow$ $\varepsilon_s = \dfrac{(40-4{,}25)-32{,}25}{32{,}25} \times 0{,}003 = 0{,}002$ $\quad \varepsilon_s = \varepsilon_y$

$0{,}87 \leq \Phi \leq 0{,}9$

(۴) نقطه کنترل ف

$\longrightarrow \varepsilon_s = \dfrac{(40-4{,}25)-30}{30} \times 0{,}003 = 0{,}0032 > \varepsilon_y = 0{,}002$ $< 0{,}005$

$0{,}87 \leq \Phi \leq 0{,}9$

(۵) نقطه کنترل ج

$\longrightarrow \varepsilon_s = \dfrac{(40-4{,}25)-25}{25} \times 0{,}003 = 0{,}00345$

$0{,}87 \leq \Phi \leq 0{,}9$

Scanned by CamScanner

$M_u = \phi M_n$

$P_u = \phi P_n$

مثال :

$x = 17.5 \longrightarrow P_n = -2 \text{ ton}$

$M_n = ?$

مرحله ۱) محاسبه x_b

مرحله ۲) مقایسه $x = 17.5$ با x_b ←

① $x_b = 17.5$

② $x > x_b$

③ $x < x_b$

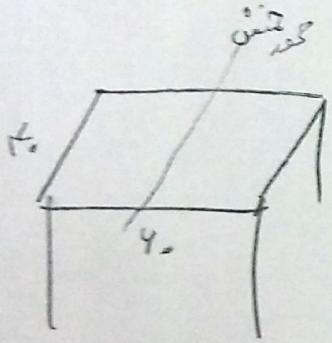
① ← مستقیماً M_{nb} را محاسبه می‌کنیم

② ← ناحیه کنترل فشار ← با P_n داده شده جای عدد و شکل را کنترل می‌کنیم

بین M_n را حساب می‌کنیم.

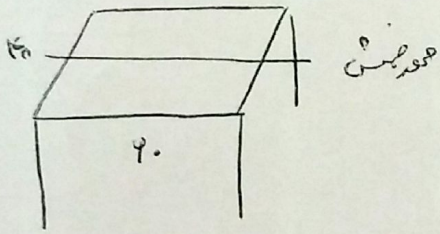
③ ← ناحیه کنترل کشش ← " "

نکته :



$h = 60$

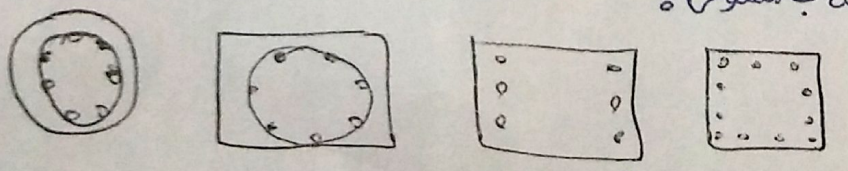
ضلعی که خم می‌شود



$h = 40$ ضلعی که خم می‌شود.

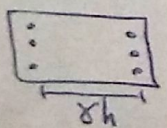
دیاگرام‌ها ظرفیت در کتاب مستوفی :

۱) آرایش میگرد



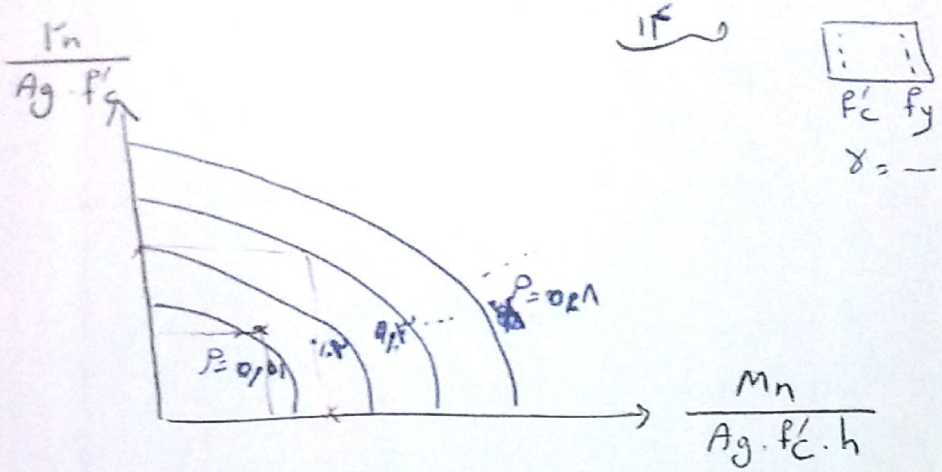
۲) f_y , f'_c

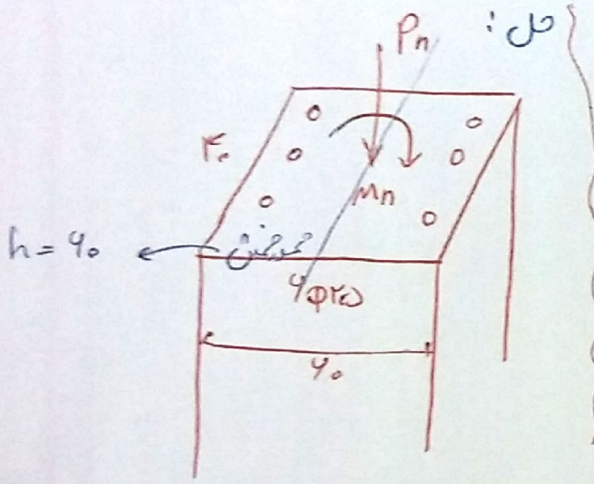
۳) γ



$\gamma = \frac{h - 2d'}{h}$

Scanned by CamScanner





حل:

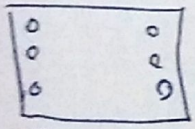
$f'_c = 210$
$f_y = 4200$

$P_n = 200\ ton$
$M_n = 20\ t.m$

ex) مطلوبست طراحی ستون = ؟ مستطیلی (آرماتور دوجهه) $d' = 4\ cm$

گام ۱) حدس ابعاد ← $b = 40$, $h = 40$

گام ۲) محاسبه دهانه آرماتور ← با استفاده از دیاگرام ظرفیت:



$f'_c = 210$
$f_y = 4200$

$\gamma = \frac{h - 2d'}{h} = \frac{40 - 2\times 4}{40} = 0.8$

← انتخاب نمودار شماره ۱۷

عدد محور قائم: $\frac{P_n}{A_g \cdot f'_c} = \frac{200 \times 1000}{(40\times 40)\times 210} = 0.29$

عدد محور افقی: $\frac{M_n}{A_g \cdot f'_c \cdot h} = \frac{20\times 10^5}{(40\times 40)\times 210\times 40} = 0.044$

تلاقی این دو در نمودار مربوطه ← $\rho = 0.012$

$\rho = 0.012 \longrightarrow$ ۲۵Φ $\longrightarrow n\frac{\pi(2.5)^2}{4} = 19.6 \longrightarrow n = 4$ ← ۴Φ۲۵

$\rho = \frac{A_s}{A_g} \longrightarrow A_s = \rho \times A_g = 0.012\times(40\times 40) = 19.2$

Scanned by CamScanner

مقدار آرماتورها را تعیین می‌دهیم یا ابعاد را تعیین می‌دهیم (ستون ~~[illegible]~~ را انتخاب کنیم)
ستون جواب داده .

مزخن : $4\phi 22$

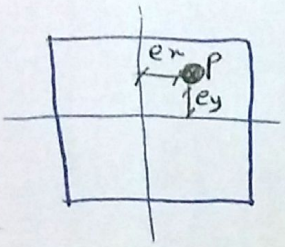
چون $\rho > 0.01$

$$\rho = \frac{A_s}{A_g} = \frac{(4\phi 22}{Ag} \longrightarrow \rho = \frac{4\pi(2.2)^2}{4} = 0.00985 \simeq 0.01$$
$$(40 \times 40)$$

بازهم جواب داد حال ابعاد را می‌توان کوچکتر کرد چون از ρ_{min} می‌توان کمتر در نظر گرفت .

---

(۳) بررسی حالت ستون کوتاه تحت خمش دوطرفه :



گام ۱- تعیین P_0

$\frac{P_{nie}}{P_0}$ ← داده مسأله

۲- محاسبه P_0 ⟷

ستون تحت فشاری محوری خالص

$$P_0 = 0.85 f'_c (A_g - A_{st}) + A_{st} f_y$$

گام ۳- محاسبه β ← $\rho_g = \frac{A_{st}}{b \times h}$, $q = \frac{\rho_g \cdot f_y}{f'_c}$

گام ۴- $\alpha = \frac{\log 0.5}{\log \beta}$ ← α تعیین

گام ۵) محاسبه M_{nx0} , M_{ny0} ← با استفاده از دیاگرام ظرفیت

M_{nx0} ← لنگر حول محور x صفر

M_{ny0} ← لنگر حول محور y صفر

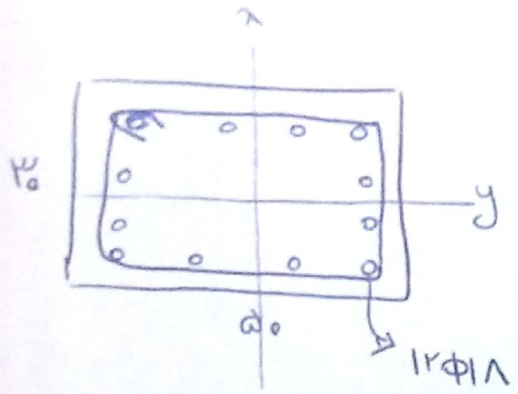
گام ۶)

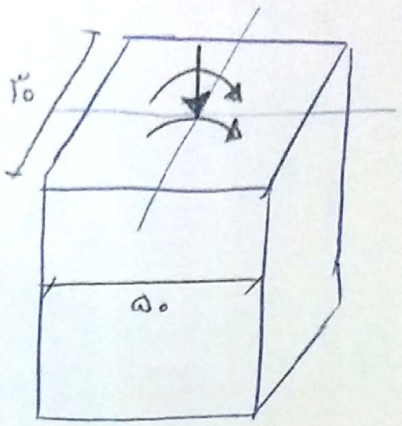
$$\left(\frac{M_{nxie}}{M_{nx0}}\right)^{\alpha} + \left(\frac{M_{nyie}}{M_{ny0}}\right)^{\alpha} \leq 1$$

← داده مسأله

Scanned by CamScanner

ex) مقاومت ستون ؟





$P_{n)e} = 200$ ton

$M_{nx)e} = 15$ ton.m

$M_{ny)e} = 10$ ton.m

$f'_c = 210$ kg/cm²

$f_y = 4200$

حل: چون دو کنترلداریم ← خمش دو محوره .

۱۲ب) P_o :

$$P_o = 0.85 f'_c (A_g - A_{st}) + A_{st} f_y$$

$$P_o = 0.85 \times 210 \left((30 \times 50) - \frac{12\pi(1.8)^2}{4} \right) + \frac{12\pi(1.8)^2}{4} \times 4200 \doteq 1000 = 3901.32 \text{ ton}$$

۱۲ج) محاسبه $\frac{P_{n)e}}{P_o}$:

$$\frac{P_{n)e}}{P_o} = \frac{200}{3901.32} = 0.051 \quad *$$

۱۲د) محاسبه β :

$$q = \frac{\rho_g \cdot f_y}{f'_c} \qquad \rho_g = \frac{A_{st}}{b \times h} = \frac{\frac{12\pi(1.8)^2}{4}}{30 \times 50} = 0$$

$$q = \frac{0 \times 4200}{210} = 0.4 \quad *$$

از جدول (۲) صفحه ۵۲۲ کتاب ←

$f_y = 4200$ و آرماتور آجدار

$q = 0.4$

$\frac{P_{ne}}{P_o} = 0.051$ عوض

$\beta = 0.42$

$$\alpha = \frac{\log 0{,}5}{\log \beta} = \frac{\log 0{,}5}{\log 0{,}42} = 1{,}35$$

: α محاسبه ۴ام

: M_{ox} محاسبه ۵ام

$$\text{عدد محور ۶ام} = \frac{P_n}{A_g \cdot f'_c} = \frac{200 \times 1000}{(30 \times 50) \times 210} = 0{,}42 \quad *$$

$$\rho = \frac{A_{st}}{A_g} = \frac{12\pi (1{,}8)^2 / 4}{(30 \times 50)} = 0{,}02$$

مقاطع

$f'_c = 210$

$f_y = 4200$

$$\gamma = \frac{h - 2d'}{h} = \frac{50 - 2\times 4}{50} = 0{,}84$$

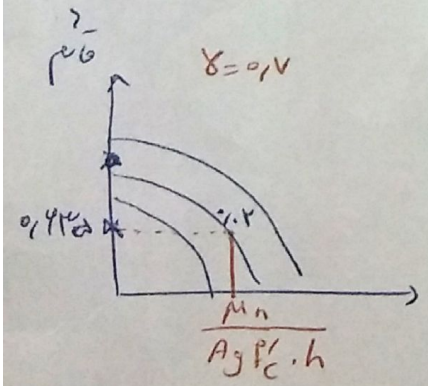
$\gamma = 0{,}7$ ← نمودار (۲)

$\gamma = 0{,}8$ ← نمودار (۳)

چون داریم M_{ox} حساب می‌کنیم طبق شکل

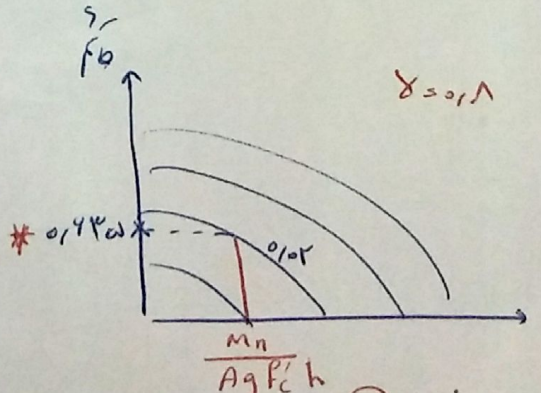
$h = 50$

$d = 50$



نمودار (۲)

$$\frac{M_{n(2)}}{A_g f'_c \cdot h} = 0{,}145$$



نمودار (۳)

$$\frac{M_{n(3)}}{A_g f'_c h} = 0{,}14$$

Scanned by CamScanner

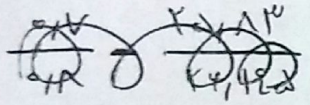
$$M_n = \text{عدد ضریب امتن} \times A_g \times h \times f'_c$$

$$M_{n(1)} = 0{,}145 \times (30 \times 50) \times 30 \times 210 \times 10^{-5} = 29{,}83$$

$$M_{n(2)} = 0{,}145 \times (30 \times 50) \times 30 \times 210 \times 10^{-5} = 24{,}145$$

درون یابی ⟵

$\gamma = 0{,}17$	⟶	$M_n = 29{,}83$
$\gamma = 0{,}175$	⟶	$M_n = ?$
$\gamma = 0{,}18$	⟶	$M_n = 24{,}145$



$$\frac{0{,}17 - 0{,}18}{29{,}83 - 24{,}145} = \frac{0{,}17 - 0{,}175}{29{,}83 - ?}$$

درون یابی:

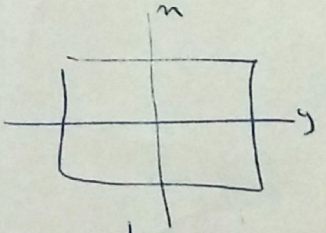
$$0{,}21 = \frac{-0{,}04}{29{,}83 - n}$$

$$5{,}55 - 0{,}21n = -0{,}04$$

$$M_{nox} = 24{,}09 \quad **$$

M_{noy} محاسبه $\gamma = 0{,}4$: فقط γ تغییر می‌کند.

$$\gamma = \frac{h - 2d'}{h} = \frac{30 - 2 \times 4}{30} = 0{,}4$$



$h = 30$ ⟵ تغییر کل

عبور: $\frac{4}{10}$

$f'_c = 210$

$f_y = 4200$

$\gamma = 0{,}4$

از عدد خوانده شد

$$\frac{M_n}{A_g \cdot f'_c \cdot h} = 0{,}15$$

از جدول امتن ⟵

محور x: محور y = $0{,}43$

$\rho = 0{,}02$

Scanned by CamScanner

$$M_{noy} = 0.18 \times (30 \times 50) \times 210 \times 30 \times 10^{-5} = 14.18 \text{ t.m}$$

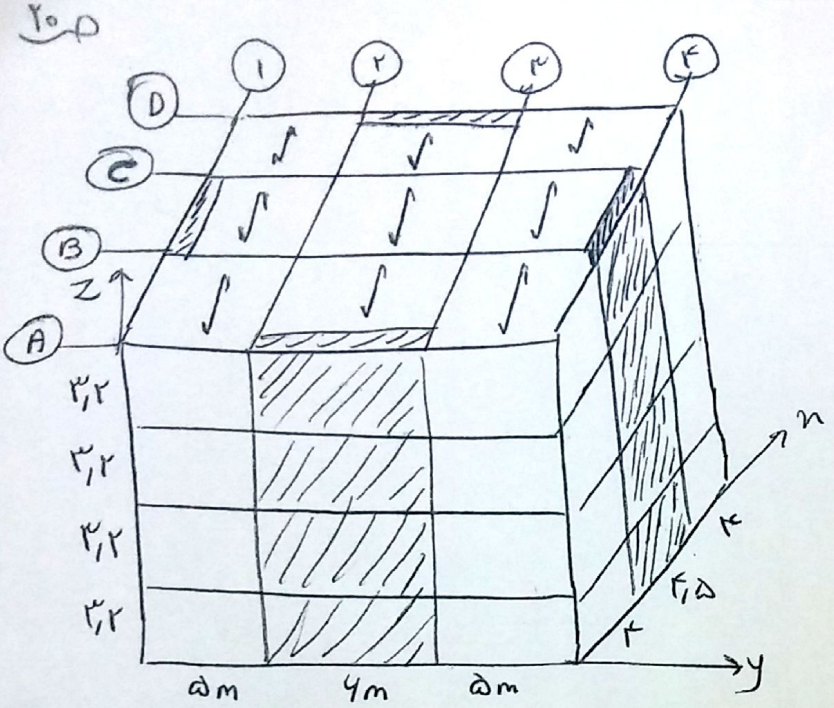
گام ۴) محاسبه خمش دومحوره :

$$\left(\frac{M_{nxe}}{M_{nxo}}\right)^{\alpha} + \left(\frac{M_{nye}}{M_{nyo}}\right)^{\alpha} \leq 1$$

$$\left(\frac{10}{24.09}\right)^{1.25} + \left(\frac{10}{14.18}\right)^{1.25} \leq 1 \qquad 1.03 \not\leq 1$$

ستون ضعیف ← مقطع را افزایش دهیم.

۲۰۵



سازه در هر دو جهت مهار شده است

مشیرد در محیط متقطع توزیع شده .

ابعاد ستون ۴۰ × ۴۰

$L_u = 240$ cm

$f'_c = 280$, $f_y = 4200$

ابعاد تیر : ۴۰ × ۶۰ در (y-z)

ارتفاع

$d = 54$ cm

$\Phi = 0.85$

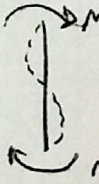
- بارداری فقط بار مرده است

P (ton)	M_{x-x}	M_{y-y}	نوع بار	توضیح
۸۰	۹۰۰	۰	D	بعلت جهت تیر ریزی
۲۰	۲۲۵	۰	L	"
۰	۳۱۲۵	۰	E_y	"

$M_{ut} = M_{ub}$

بالا — پایین

مرده — زنده



ترکیب بار:

$\begin{cases} 1.2D + 1.6L & (1) \\ 1.2D + 1L + 1.4E_y & (2) \end{cases}$

چون در صفحه Y-Z دیوار برشی داریم ← مهار شده

" ← " X-Z "

ترکیب بار ① →

$P_u = 1.2 \times 80 + 1.6 \times 20 = 128$ ton

$M_{u(x)} = 1.2 \times 900 + 1.6 \times 225 = 1440$ kg.m

$M_{u(y)} = 1.2 \times 0 + 1.6 \times 0 = 0$

ترکیب بار ② →

$P_u = 1.2 \times 80 + 1 \times 20 + 1.4 \times 0 = 116$ ton

$M_{u(x)} = 1.2 \times 900 + 1 \times 225 + 1.4 \times 3125 = 5480$ kg.m

$M_{u(y)} = 1.2 \times 0 + 1 \times 0 + 1.4 \times 0 = 0$

۱۲۵°) ترکیب بار:

Scanned by CamScanner

گام ۲) محاسبه نیروهای طرح:

ترکیب بار ① →
$$P_n = \frac{P_u}{\phi} = \frac{128 \times 10^3}{0.85} = 150{,}588 \text{ kg}$$
$$M_{nx} = \frac{M_{ux}}{\phi} = \frac{1400}{0.85} = 2212.4 \text{ kg.m}$$

ترکیب بار ② →
$$P_n = \frac{P_u}{\phi} = \frac{114 \times 10^3}{0.85} = 178461.53$$
$$M_{nx} = \frac{M_{ux}}{\phi} = \frac{4780}{0.85} = 8738.46$$

گام ۳) محاسبه درصد آرماتور هر ترکیب بار:

* با فرض خاموت بودن ستون:

① → محور افقی: $\frac{M_n}{A_g f'_c h} = \frac{2212.4}{(30 \times 30) \times 280 \times 30} = 0.0029$

محور قائم: $\frac{P_n}{A_g f'_c} = \frac{150{,}588}{(30 \times 30) \times 280} = 0.7$

$f'_c = 280$
$f_y = 4200$

$\gamma = \frac{h - 2d'}{h} = \frac{30 - 2 \times 6}{30} = 0.6$

انتخاب نمودار ← تلاقی اعداد ← $\rho < 0.01$

ترکیب بار ① قابل قبول نیست.

② → محور افقی: $\frac{M_n}{A_g f'_c h} = \frac{8738.46}{(30 \times 30) \times 280 \times 30} = 0.00115$

محور قائم: $\frac{P_n}{A_g f'_c} = \frac{178461.53}{(30 \times 30) \times 280} = 0.7$

$f'_c = 280$
$f_y = 4200$

$\gamma = \frac{h - 2d'}{h} = \frac{30 - 2 \times 6}{30} = 0.6$

انتخاب نمودار ← تلاقی اعداد ← $\rho = 0.02$

Scanned by CamScanner

گام ۴) طراحی آرماتور با فرض جاق بودن :

$$A_{st} = \rho \times A_g = 0.02 \times (30 \times 30) = 18 \text{ cm}^2$$

$$\text{فرض } \phi 18 \longrightarrow n\left(\frac{\pi (1.8)^2}{4}\right) = 18 \xrightarrow{\pi \simeq 3.1} n = 8 \longrightarrow \boxed{8\phi 18}$$

چون گفته روی ۴ ضلع پس تعداد ضریب ۴ باشد

گام ۵) کنترل لاغری :

(مهار شده)

(یا باشد) (اثنای مضاعف) — اگر هم سازه بدون جابجایی جانبی باشد، اگر هم بود صفر می‌گذاریم — کنترل دو جهته — کنترل یک جهته

$$\frac{k l_u}{r} \leq \min\left(34 - 12\left(\frac{M_{1u}}{M_{2u}}\right), 40\right) \longrightarrow \text{جاق}$$

$$\min\left(34 - 12\left(\frac{M_{1u}}{M_{2u}}\right), 40\right) \leq \frac{k l_u}{r} < 100 \longrightarrow \text{ستون لاغر باید تشدید}$$

لنگر انجام دهیم

$$100 < \frac{k l_u}{r} < 200 \longrightarrow \text{ستون لاغر و تشدید لنگر لحاظ نمیشود}$$

$$\frac{k l_u}{r} > 200 \longrightarrow \text{باید ستون عوض شود.}$$

- اگر ستون جاق شد پس $8\phi 18$ طراحی شده و گام دوم اگر لاغر شد باید ضریب تشدید محاسبه شده و لنگر را تشدید کرد و ستون را تبدیل به ستون جاق کرد و طراحی انجام داد.

مهار شده $\longrightarrow k = 1$

چون $M_{1y} = 0$ شد تشدید در جهت y محاسبای انجام نمی‌دهیم

اگر $M_{ny} \neq 0$ شد باید هر گام برای هر دو جهت تکرار شود.

صفحه $y-z$ $\longrightarrow k_x = 1$

صفحه $x-z$ $\longrightarrow k_y = 1$

$$k_x = 1 \longrightarrow \left(\frac{k l_u}{r}\right)_x = \frac{1 \times 240}{9} = 32.22$$

فرمول مربع $r = 0.3h \longrightarrow r = 0.3 \times 30 = 9$ $\qquad r = \sqrt{\frac{I}{A}}$

Scanned by CamScanner

۲۲۵

$$\min\left(\overbrace{۲۴-۱۲(-۱)}^{۴۷}\ ,\ ۴۰\right)=۴۰$$

Compression, $M_{ut}=M_{ab}$

$$\frac{K l_u}{r}=۲۲,۲<۴۰\longrightarrow$$

حاکم

چون ستون حاکم تشدیدی ← ۸Φ۱۸ از ۲۴ عدد

ادامه مسأله با فرض اینکه ستون تغییر شده: ۴۰×۴۰

چون ستون تغییر شده باید تشدیدی انجام دهیم:

ضریب تشدید

$$\delta=\frac{C_{mx}}{1-\frac{P_{u)e}}{۰,۷۵P_{cm}}}\quad***$$

$$C_{mx}=۰,۶+۰,۴\left(\frac{M_{۱un}}{M_{۲un}}\right)\geq ۰,۴$$

$$C_{mx}=۰,۶+۰,۴(-۱)=۰,۲\not\geq ۰,۴\longrightarrow \boxed{C_{mx}=۰,۴}$$

$$P_{cx}=\frac{\pi^۲(EI)_x}{(K_x L_u)^۲}\quad**$$

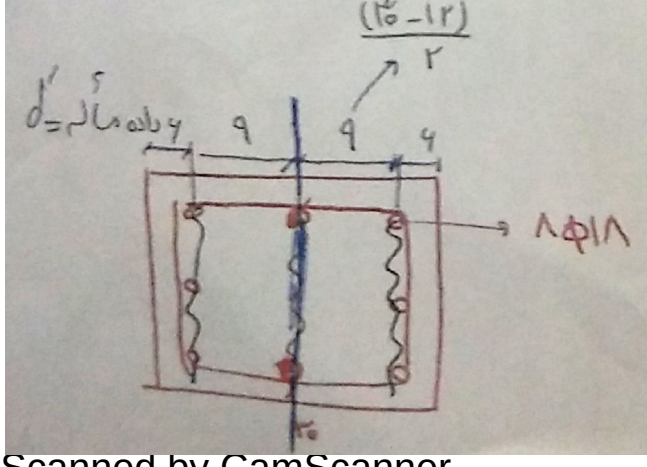
آیا در جهت ۲ کمانش P_{cy} هم باید حساب شود

$$EI_x=\frac{۰,۲E_c I_{gx}+E_s(I_{se})_x}{1+\beta_d}\quad*$$

$$E_c=۱۵۱۰۰\sqrt{f'_c}$$

$$E_c=۱۵۱۰۰\sqrt{۲۸۰}=۲۵۲۴۷۱$$

$$E_s=۲\times۱۰^۶$$ ثابت

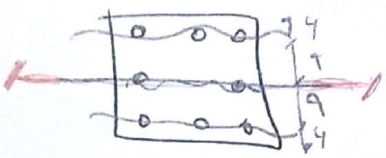


$$I_{gx}=\frac{bh^۳}{۱۲}=\frac{۳۰\times(۴۰)^۳}{۱۲}=۱۶۰۰۰$$

$$I_{s)x}=\Sigma Ad^۲=\underbrace{۹}_{\text{تعداد آرماتور}}\times\frac{\pi(۱۸)^۲}{۴}\times(۹)^۲+\underbrace{۲}_{\text{تعداد آرماتور}}\times\frac{\pi(۱۸)^۲}{۴}\times(۱۵)^۲=۱۲۲۴۱,۲۴$$

Scanned by CamScanner

۲۴



* اگر P_{cy} ی طبقه محاسبه کنیم باید I_{sy} حساب می‌شد

برای ترکیب بار (۲) چون (۱) حذف شد.

$$\beta_d = \frac{\text{قسمت باردائمی ترکیب بار}}{\text{کل ترکیب بار}} = \frac{1.2D}{1.2D + 1L + 1.4E_y} = \frac{1.2\times 80}{116} = 0.828$$

(P_D روی $1.2D$، P_L روی $1L$، P_E روی $1.4E_y$)

اگر مسأله نگوید باردائمی چیست ما همیشه فقط بارمرده را می‌گیریم

اگر مسأله ذکر کرد همان را می‌گذاریم.

* جایگذاری در EI_n →

$$EI_n = \frac{0.2\times 2424771 \times 47500 + 2\times 10^6 \times 1234.44}{1 + \frac{0.828}{\beta_d}} = 32169644.4$$

(E_C، I_{gu}، E_S، I_S)

** جایگذاری در $P_{c)n}$ →

$$P_{cn} = \frac{\pi^2 \times 32169644.4}{(1\times 240)^2} = 37710.3\ kg = 37.710\ ton$$

(K، L_u)

*** جایگذاری در δ →

$$\delta = \frac{\frac{C_m}{0.4}}{1 - \frac{P_u}{0.75\times 37710.3}} = \frac{\frac{C_m}{0.4}}{1 - \frac{116}{0.75\times 37710.3}} = 0.48 \not> 1 \rightarrow \delta = 1$$

(P_u، P_{cu})

۶ام) محاسبه گشتاور حداقل: برای گشتاورهایی که انتها

$$M_{ut} = M_{ub}$$

$$M_{2u)min} = P_{u)e} \times (4a^{cm} + 0.03h)$$

$$M_{2u)min} = 116 \times (1.8 + 0.03\times 30) \times 10^{-2} = 2.784\ ton.m$$

$$M_{u)x} = 2480 > M_{2u)min} = 2.784\times 10^3 = 2784 \rightarrow M_{u)x} = 2480$$

اگر نشد $M_{u)min}$ را می‌گیریم.

Scanned by CamScanner

گام ۸) محاسبه نیروها

$$\begin{cases} P_u = 114 \\ M_{u(x)} = M_{y\min} \times \delta = \text{۵۴۸۰} \times 1 = \text{۵۴۸۰} \end{cases}$$

چون $\delta = 1$ شد همان نیروها شدند

۸Φ۱۸

اگر $\delta \neq 1$ و مقدار کنترقیدی کرد ← گام ۲ و ۳ را تکرار و آرماتور جدید را طراحی میکنیم.

Scanned by CamScanner