

- ۸- با توجه به نمودار اندر کنش روبه‌رو کدام عبارت نادرست است؟  
 (۱) در ناحیه  $BA$  کرنش حداکثر فولادهای کششی کمتر از  $\epsilon_y$  است.  
 (۲) سختی خمشی تیر در ناحیه  $BC$  کمتر از  $BA$  می‌باشد.  
 (۳) در نقطه  $C$  شکست ستون از نوع کششی می‌باشد.  
 (۴) در نقطه  $B$  تار خنثی در بینهایت قرار دارد.

- ۹- در حالتی که خروج از مرکزیت بار محوری یک ستون بیشتر از حالت بالانس باشد، بار محوری، لنگر خمشی می‌یابد؟  
 (۱) کاهش - کاهش  
 (۲) کاهش - افزایش  
 (۳) افزایش - کاهش  
 (۴) در این حالت بار محوری و لنگر خمشی مستقل از هم خواهند بود

- ۱۰- در یک تیر بتنی مستطیلی تحت پیچش خالص که به فولادهای لازم مسلح شده است، اگر گسیختگی به صورت شکل پذیر باشد:  
 (۱) ابتدا فولادهای طولی جاری شده و سپس بتن خرد می‌شود.  
 (۲) خاموت‌ها در شاخه بلند خود جاری شده و سپس بتن خرد می‌شود.  
 (۳) خاموت‌ها در شاخه کوتاه خود جاری شده و سپس بتن هم‌زمان با جاری شدن فولادهای طولی خرد می‌شود.  
 (۴) فقط بتن خرد می‌شود.

- ۱۱- طراحی یک تیر بتنی تحت تاثیر توام برش، پیچش و خمش چگونه است؟  
 (۱) طراحی برای این سه نیرو به صورت کاملاً جداگانه انجام می‌شود  
 (۲) طراحی برای خمش به صورت جداگانه است، اما طراحی برای برش و پیچش به صورت هم‌زمان انجام می‌شود.  
 (۳) طراحی برای این سه نیرو به صورت جداگانه است و در نهایت اندر کنش برش و پیچش کنترل می‌شود.  
 (۴) آرماتورهای طولی بر اساس اندر کنش توام خمش و پیچش و آرماتورهای عرضی بر اساس برش طراحی می‌شوند.

- ۱۲- در حالت ستون با نیروی محوری خالص، برای در نظر گرفتن حداقل خروج از مرکزیت باید:  
 (۱) سطح مقطع ستون را کوچک‌تر فرض کرد.  
 (۲) ضرایب ایمنی جزئی اعمال می‌شود.  
 (۳) یک ضریب کاهش برای کل نیروی محوری در نظر گرفته می‌شود.  
 (۴) در نظر گرفتن تمهیدات خاصی مورد نیاز نیست.

- ۱۳- مقاومت خمشی دو محوری در ستون‌های دایره‌ای به صورت زیر تعیین می‌شود؟  
 (۱) حول هر محور با منظور کردن بار محوری، مقاومت خمشی را تعیین نموده و سپس آنها را با هم جمع کرد.  
 (۲) حول هر محور با منظور کردن بار محوری، مقاومت خمشی را تعیین کرده و سپس آنها را از به توان دوم رساندن و جمع کردن، با جذر به دست می‌آوریم.  
 (۳) عمل عملکرد بار را تبدیل به یک نقطه کرده و مقاومت مقطع را مستقیماً حول یک محور خنثی عمود بر خط متصل‌کننده محل با مرکز دایره را به دست آورد.  
 (۴) حول هر محور با منظور کردن بار محوری، مقاومت خمشی را تعیین نموده و سپس آنها را نسبت به مقدار خروج از مرکزیت در هر جهت با هم جمع کرد.

۱۴- در یک تیر بتن آرمه بدون خاموت با دو برابر شدن عمق مؤثر و نصف شدن عرض تیر، مقاومت‌های خمشی، برشی و پیچشی به ترتیب چند برابر می‌شوند؟

- |                           |                          |
|---------------------------|--------------------------|
| (۱) نصف - ثابت - ثابت     | (۲) نصف - نصف - دو برابر |
| (۳) دو برابر - ثابت - نصف | (۴) دو برابر - نصف - نصف |

۸- گزینه (۴) در نقطه  $B$  مقطع ستون در حالت بالانس قرار دارد. در نقطه  $A$  که شکست به صورت کاملاً فشاری است، تار خنثی در بی‌نهایت قرار دارد.

۹- گزینه (۱) اگر در ستون  $e > e_b$  باشد، حالت زوال کششی خواهد بود. با توجه به شاخه پایین نمودار اندر کنش، با کاهش بار محوری لنگر خمشی نیز کاهش می‌یابد.

۱۰- گزینه (۲) در مقاطع مستطیلی تنش در وجه بلند مستطیل حداکثر است. بنابراین اگر گسیختگی به صورت شکل پذیر باشد ابتدا خاموت‌ها در شاخه بلند خود جاری شده و در نهایت بتن خرد می‌شود.

۱۱- گزینه (۳) طراحی برای خمش، برش و پیچش به صورت جداگانه انجام شده، آرماتورهای طولی از مجموع آرماتور مورد نیاز خمش و پیچش، آرماتورهای عرضی از مجموع آرماتور مورد نیاز برش و پیچش طراحی شده و اندر کنش برش و پیچش باید در نظر گرفته شود.

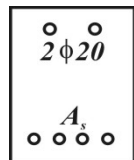
۱۲- گزینه (۳) برای در نظر گرفتن حداقل خروج از محوری، ظرفیت باربری محوری ستون با اعمال یک ضریب کاهش علاوه بر ضرایب ایمنی جزئی به مقدار بیشتری کاهش داده می‌شود.

۱۳- گزینه (۳) به دلیل توزیع یکنواخت فولادها نسبت به مرکز دایره، مقاومت خمشی در تمام جهات برابر است و می‌توان ستون را برای خمش تک محوره طراحی کرد.

$$M_r = PF_y b d^2 \left(1 - \frac{0.59}{F_c} \frac{PF_y}{F_c}\right) \rightarrow M' = \gamma m \quad \text{گزینه (۳)} \quad \text{www.nashr-estekhdam.ir}$$

$$V_c = 0.17 \phi \sqrt{F_c} b d \rightarrow v'_v = v_c \quad \text{و} \quad T = \alpha x y \tau_{\max} \rightarrow T' = \gamma t$$

۸- در یک مقطع مستطیلی مطابق شکل زیر، آرماتور  $2\phi 20$  را در ناحیه‌ی فشاری مقطع اضافه می‌کنیم. کدام یک از اعداد زیر (بر حسب  $mm^2$ )، نمی‌تواند بیانگر میزان افزایش  $A_{sb}$  در این مقطع باشد؟ ( $\pi \approx 3$ )



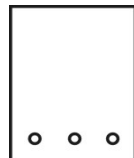
(۱) ۴۰۰

(۲) ۲۰۰

(۳) ۸۰۰

(۴) ۱۰۰

۹- در یک مقطع مستطیلی مطابق شکل زیر، مقاومت فشاری بتن دو برابر شده و لنگر مقاوم مقطع  $K$  برابر می‌شود، کدام اظهارنظر صحیح‌تر است؟ (شکست مقطع نرم فرض می‌شود)



(۱)  $K > 2$

(۲)  $K < 1$

(۳)  $1 < K < 2$

(۴)  $1 < K < 1/2$

۱۰- خاصیت محصورشدگی در بتن:

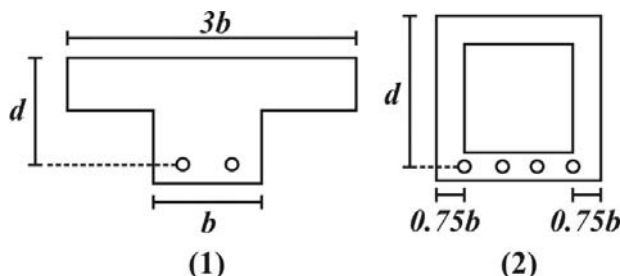
(۱) کرنش در لحظه‌ی نهایی را افزایش و مقاومت فشاری را کاهش می‌دهد.

(۲) کرنش در لحظه‌ی نهایی و مقاومت فشاری را افزایش می‌دهد.

(۳) کرنش در لحظه‌ی نهایی و مقاومت فشاری را کاهش می‌دهد.

(۴) کرنش در لحظه‌ی نهایی را کاهش و مقاومت فشاری را افزایش می‌دهد.

۱۱- مقاومت برشی بتن ( $V_c$ ) در شکل (۱) چند برابر شکل (۲) است؟ (نیروی برشی و لنگر خمشی وارد بر دو مقطع یکسان است)



(۱)  $\frac{2}{3}$

(۲)  $\frac{4}{3}$

(۳) ۱

(۴) ۳

۱۲- فلسفه قرار دادن حداکثر فاصله در بین خاموت‌های عرضی کدام است؟

(۱) برای اطمینان از قطع همه ترک‌های برشی توسط خاموت‌ها

(۲) برای اطمینان از جاری شدن خاموت‌ها

(۳) برای کمک به ظرفیت خمشی آرماتورهای طولی

(۴) برای افزایش مقاومت برشی بتن

۱۳- چنانچه ستونی تحت اثر بار محوری  $e = 2e_b$  و لنگر  $M = 0.5M_b$  قرار گیرد، در حالت نهایی شکست:

(۱) فولادها جاری نمی‌شود

(۲) فولادها جاری می‌شود

(۳) جاری شدن فولاد و انهدام بتن هم‌زمان است

(۴) ستون دچار شکست نمی‌شود

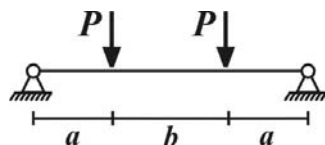
۱۴- در تیر مقابل با افزایش نسبت  $\frac{d}{a}$  در مقطع:

(۱) عملکرد قوس در دهانه کاهش می‌یابد.

(۲) عملکرد قوس در دهانه افزایش می‌یابد.

(۳) تیر به سمت تیرهای معمولی سوق پیدا می‌کند.

(۴) مقاومت برشی قابل تحمل توسط بتن ثابت است.



۸- گزینه (۳) در این حالت، میزان فولاد بالانس حداکثر به اندازه  $A'_s$  افزایش می‌یابد:

$$A'_s = 2 \frac{\pi D^2}{4} = 2 \times \frac{3 \times 2^2}{4} = 600 \text{ mm}^2$$

بنابراین، گزینه (۳) نمی‌تواند بیانگر میزان افزایش  $A_{sb}$  باشد.

۹- گزینه (۴)

$$\sigma = \frac{\phi_s f_y A_s}{\phi_c f_c b} , M_r = \phi_s f_y A_s \left( d - \frac{a}{2} \right)$$

$$f_c \uparrow \rightarrow a \downarrow \rightarrow \frac{1}{2} \rightarrow M_r = K M_{r_i} , K > 1$$

اما  $K$  در بازه  $1/2 < K < 1$  قرار داشته و افزایش مقاومت فشاری بتن، ظرفیت خمشی را افزایش چشم‌گیری نمی‌دهد.

[www.nashr-estekhdam.ir](http://www.nashr-estekhdam.ir)

۱۰- گزینه (۲) صحیح می‌باشد.

۱۱- گزینه (۱)

$$V_{c_1} = 0.7 \phi_c \sqrt{f_c} b d \Rightarrow \frac{V_{c_1}}{V_{c_r}} = \frac{1}{1/5} = \frac{5}{1}$$

$$V_{c_r} = 0.7 \phi_c \sqrt{f_c} (0.7 \delta b + 0.7 \delta b) d$$

۱۲- گزینه (۱) صحیح می‌باشد.

۱۳- گزینه (۲) در ۲ نقطه از نمودار انحراف بار محوری و لنگر،  $M = 0.5 M_b$  می‌باشد، اما تنها در ناحیه‌ی کنترل کششی است که مقدار برون محوری از بالانس بیشتر است و در این حالت، فولادها جاری شده‌اند.

۱۴- گزینه (۲)

عملکرد قوس افزایش می‌یابد  $\Rightarrow$  تیر به سمت تیر عمیق نزدیک می‌شود  $\Rightarrow$  افزایش  $\frac{d}{a}$

۸- در یک تیر بتن آرمه با چهار آرماتور کششی  $(\phi = 25)$  به طول  $L$ ، مقاومت کششی بتن از رابطه  $16 + \left| \cos\left(\frac{2\pi x}{L}\right) \right|$  تبعیت می‌کند. اگر نیروی

محوری وارد بر چهار آرماتور در مجموع، برابر  $T$  باشد، مقدار  $T$  کدام باشد تا در این تیر ترک ایجاد شود و تعداد ترک‌ها کدام خواهد بود؟ ( $\pi = 3$ )

(۱)  $125kg$  و ۴ ترک

(۲)  $300kg$  و ۲ ترک

(۳)  $250kg$  و ۴ ترک

(۴)  $400kg$  و ۲ ترک

۹- کدام یک از عبارت‌های زیر در مورد فاصله بین دو ترک متوالی در یک تیر بتن آرمه با میلگرد کششی درست می‌باشد؟

(۱) سختی خمشی تیر در این ناحیه کمتر از نواحی خارج از آن است.

(۲) تنش پیوستگی بین میلگرد و بتن در این ناحیه بیشتر از نواحی خارج از آن است.

(۳) تنش کششی میلگرد در این ناحیه کمتر از نواحی خارج از آن است.

(۴) موارد (۱) و (۳)

۱۰- یک تیر بتن مسلح شامل آرماتور کششی تنها در حالت بالانس قرار دارد. اگر کرنش ناشی از خزش در این تیر ۲ برابر کرنش نهایی بتن باشد و با فرض ثابت ماندن کرنش در آرماتورهای کششی پس از وقوع خزش، تار خنثی در تیر نسبت به حالت قبل چند درصد تغییر

می‌کند؟  $(\epsilon_y = \frac{2}{3} \epsilon_{cu} = 0.002)$

(۱) ۳۶/۴

(۲) ۴۲/۶

(۳) ۲۴/۳

(۴) ۶۲/۴

۱۱- در صورت استفاده از فولادهای فشاری در مقطع تغییرشکل دراز مدت عضو خمشی در اثر خزش کاهش می‌یابد، زیرا:

(۱) وجود فولاد فشاری از کرنش‌های ناشی از خزش جلوگیری می‌کند از انحنای مقطع فقط اندکی افزایش می‌یابد.

(۲) وجود فولاد فشاری سبب می‌شود تار خنثی به سمت ناحیه فشاری حرکت کند. لذا ناحیه فشاری کوچک شده و اثرات خزش ناچیز می‌شوند.

(۳) با گذشت زمان فولاد سهم بیشتری از تنش فشاری را تحمل می‌کند. در نتیجه سهم بتن کم شده و کرنش ناشی از خزش کاهش می‌یابد.

(۴) موارد (۱) و (۳)

۱۲- یک تیر بتن آرمه مسلح به فولاد کششی تحت بارگذاری قرار گرفته است طوری که ارتفاع تار خنثی از دورترین تار فشاری برابر  $\frac{1}{3}$  ارتفاع

موثرمقطع شده است. پس از گذشت زمان و وقوع پدیده خزش تار خنثی از دورترین تار فشاری به اندازه  $\frac{2}{3}$  ارتفاع موثر فاصله می‌گیرد. در هر دو حالت

بتن فشاری در مرحله خطی قرار دارد. با صرفنظر از بتن در ناحیه کششی مطلوب‌ست تعیین نسبت تنش فشاری بتن در حالت دوم به حالت اول؟ (تنش و کرنش فولاد کششی در هر دو مرحله ثابت است)

(۱)  $\frac{1}{2}$

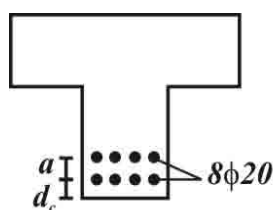
(۲)  $\frac{2}{3}$

(۳)  $\frac{3}{2}$

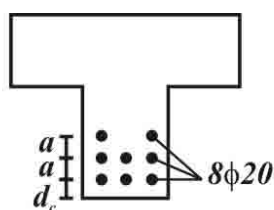
(۴) ۲

۱۳- برای دو تیر بتن مسلح با فرض برابر بودن نسبت فاصله محور خنثی مقطع الاستوپلاستیک از دورترین تار کششی و از مرکز سطح آرماتورهای کششی برای دو تیر و همچنین در نظر گرفتن تنش فولاد برابر  $0.6fy$  در هر دو کدام نوع آرماتورگذاری عرض ترک کمتری دارد؟

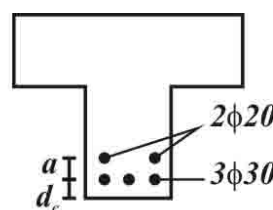
$(\pi = 3, d_c = 1.0cm, a = 5cm)$



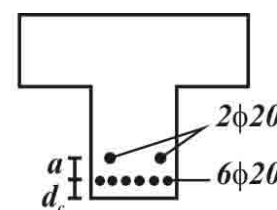
(۴)



(۳)



(۲)



(۱)



۱۴- دو تیر بتن مسلح شامل آرماتور کششی در شرایط یکسان در حالت بالانس قرار دارند. تیر  $A$  شامل ۴ آرماتور در یک ردیف و تیر  $B$  شامل ۲ آرماتور در یک ردیف می‌باشد طوری که مساحت کل آرماتورهای بکار رفته در دو تیر برابر است با فرض یکسان بودن تنش کششی در میلگردهای کششی و نسبت فاصله‌های محور تار خنثی مقطع الاستوپلاستیک از دورترین تار کششی و از مرکز سطح آرماتورهای کششی در دو تیر برای آنکه عرض ترک در تیرها برابر باشد کدام گزینه راه حل مناسبی می‌باشد؟

(۱) ارتفاع تیر  $B$  نصف ارتفاع تیر  $A$  شود.

(۲) با ثابت نگه داشتن شرایط بالانس مقطع عرض تیر  $A$ ، ۲ برابر عرض تیر  $B$  شود.

(۳) با ثابت نگه داشتن شرایط بالانس مقطع پوشش بتن در تیر  $A$ ، ۲ برابر پوشش بتن در تیر  $B$  شود.

(۴) موارد (۲) (۳)

۸- گزینه (۲) تنش کششی که در میلگرد اتفاق می‌افتد به بتن اطراف میلگرد منتقل می‌شود. اگر این نیرو را با  $f_s$  نشان دهیم، محل برخورد

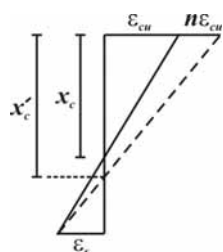
$$f_s = \frac{T}{A_s} = \frac{T}{4 \times \frac{\pi (2/5)^2}{4}} = \frac{4T}{25\pi}$$

منحنی مقاومت کششی با خط افقی به عرض  $f_s$  محل ترکها را در تیر نشان می‌دهد

$$f_s = 16 + \left| \cos\left(\frac{2\pi x}{L}\right) \right| \Rightarrow T = 30 \cdot kg$$

محل ترک در  $x = \frac{3L}{4}$ ,  $x = \frac{L}{4}$  می باشد

۹- گزینه (۳) در فاصله بین دو ترک متوالی، بتن هنوز هم از خود مقاومت کششی بروز می دهد و بنابراین تنش و کرنش در فولاد مقدار کمتری نسبت به همین مقادیر در محل ترک خواهند داشت. لذا تنش پیوستگی نیز کمتر از مقادیر خارج از ناحیه بین دو ترک می باشد. از آنجا که در این ناحیه هنوز بتن ترک نخورده است سختی خمشی نیز به صورت مقطع کامل بدست می آید.

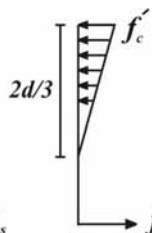
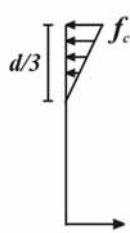
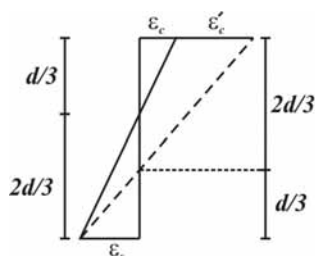


$$n = 2 \Rightarrow \frac{x_c}{x_c} - 1 = 0.364 \Rightarrow 36.4\%$$

$$x_c' = \frac{\varepsilon_{cu}(1+n)}{\varepsilon_s + (1+n)\varepsilon_{cu}} d = \frac{1+n}{\frac{2}{3} + 1+n} d = \frac{1+n}{\frac{5}{3} + n} d \quad x_c = \frac{3}{5} d \Rightarrow \frac{x_c' - x_c}{x_c} = \frac{x_c'}{x_c} - 1 = \frac{\frac{1+n}{\frac{5}{3} + n}}{\frac{3}{5}} - 1$$

۱۰- گزینه (۱)

۱۱- گزینه (۳) صحیح می باشد.



۱۲- گزینه (۱) در مرحله اول نمودار تغییرات کرنش در مقطع به صورت خط تو پر در شکل زیر و در مرحله دوم به صورت خط چین نمایش داده شده است: با توجه به شکلهای فوق که تغییرات تنش در بتن را نشان داده است با نوشتن معادله تعادل نیرو در دو مرحله داریم:

$$f_c \times b \times \frac{1}{3} d \times \frac{1}{2} = f_s A_s \Rightarrow \frac{f_c}{f_c'} \times \frac{1}{2} = 1 \Rightarrow \frac{f_c'}{f_c} = \frac{1}{2}$$

$$f_c' \times b \times \frac{2}{3} d \times \frac{1}{2} = f_s A_s$$

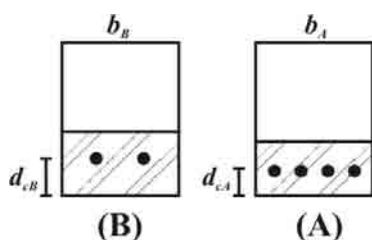
۱۳- گزینه (۳) در محاسبه عرض ترک طبق رابطه  $C\beta_h f_s \sqrt{d_c A}$ , مقدار  $A$  وابسته است به فاصله مرکز سطح میلگرد نسبت به دورترین تار تحتانی ( $d_s$ ) تیر به طوریکه با افزایش این فاصله  $A$  افزایش می یابد. لذا برای پاسخ به این سؤال کافی است کمترین مقدار  $d_s$  را بیابیم.

$$۱) d_s = \frac{6 \times \pi \times d_c + 2\pi \times (d_c + a)}{6\pi + 2\pi} = 11/25 cm$$

$$۲) d_s = \frac{3 \times \pi \times \frac{3}{4} \times d_c + 2 \times \pi \times (d_c + a)}{3\pi \times \frac{3}{4} + 2 \times \pi} = 11/14 cm$$

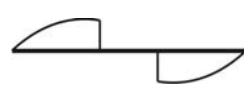
$$۳) d_s = \frac{3 \times \pi \times d_c + 3 \times \pi \times (d_c + a) + 2 \times \pi (d_c + 2a)}{3\pi + 3\pi + 2\pi} = 14/4 cm$$

$$۴) d_s = 10 + \frac{5}{2} = 12/5 cm$$



۱۴- گزینه (۲) عرض ترک از رابطه  $C\beta_h f_s \sqrt{d_c A}$  بدست می آید. طبق اطلاعات داده شده  $\beta_h$ ,  $f_s$  در دو مقطع برابرند  $C$  نیز برابر عدد ثابتی می باشد. پارامتر  $A$  برابر نسبت مساحت موثر کششی بتن پیرامون میلگردها به تعداد میلگردها است:  $A_A = \frac{2d_c b_A}{4}$ ,  $A_B = \frac{2d_c b_B}{2}$  بنابراین چنانچه  $d_c$ ,  $A_A = A_B$  باشد  $w_A = w_B$  خواهد شد لذا گزینه (۲) صحیح می باشد. ولی اگر  $d_{cA} = 2d_{cB}$ , مساحت موثر دو مقطع برابر می شود ولی از آنجا که زیر رادیکال در رابطه عرض ترک  $d_c$  وجود دارد لذا عرض ترکها برابر نخواهد بود پس گزینه (۳) صحیح نمی باشد.

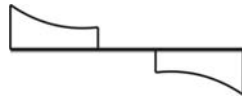
۸- تغییرات تنش پیوستگی در یک تیر بتن آرمه با تیکه‌گاه‌های ساده در دو انتها، تحت دو بار متحرک در فواصل  $\frac{1}{3}$  و  $\frac{2}{3}$  از یکی از تکیه‌گاه‌ها چگونه است؟



(۴)



(۳)



(۲)



(۱)

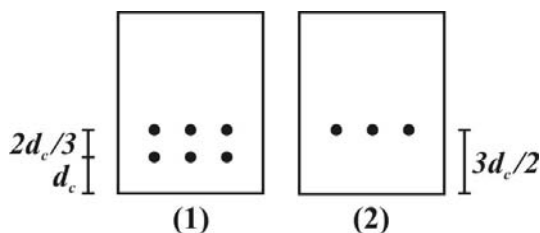
۹- در یک تیر سراسری با دودهانه مساوی در طول ۸ متر تحت بار گسترده یکنواخت برابر ۳ تن بر متر قرار دارد. اگر ممان اینرسی مقطع ترک خورده در این تیر در طول ثابت بماند برابر با  $\frac{1}{4} I_g$  باشد، حاصل نسبت ممان اینرسی مؤثر مقطع تیر در تکیه‌گاه‌های کناری و وسط کدام است؟

$$(I_e = I_{cr} + (I_g - I_{cr}) \left( \frac{M_{cr}}{M_{\max}} \right)^2, \quad M_{cr} = 9t.m)$$

$$۰/۹ \quad (۱) \quad ۱/۲ \quad (۲)$$

$$۰/۸ \quad (۳) \quad ۲/۴ \quad (۴)$$

۱۰- عرض ترک در تیر بتن مسلح از رابطه‌ی  $C\sqrt{d_c A}$  بدست می‌آید. نسبت عرض ترک برای مقاطع شماره (۱) و (۲)،  $(\frac{W_1}{W_2})$ ، کدام است؟



$$\frac{4}{3}\sqrt{\frac{1}{6}} \quad (۱) \quad \frac{3}{2}\sqrt{\frac{1}{4}} \quad (۲)$$

$$\frac{2}{3}\sqrt{\frac{2}{3}} \quad (۳) \quad \frac{2}{3}\sqrt{\frac{2}{3}} \quad (۴)$$

۱۱- برای یک تیر بتن مسلح با مقطعی به مساحت  $A_c$  و میلگردهایی با مساحت مجموع  $A_s$ ، مقدار درصد فولاد چقدر باشد تا به طور همزمان فولاد و بتن به مقادیر حد کششی خود برسند؟

$$\frac{f_t}{f_y} \times 100 \quad (۲) \quad \frac{f_t}{f_y + f_t} \times 100 \quad (۱)$$

$$\frac{2f_t}{f_y} \times 100 \quad (۴) \quad \frac{f_t + f_y}{2f_y} \times 100 \quad (۳)$$

۱۲- برای یک تیر بتن مسلح به ارتفاع  $40\text{ cm}$  دو سر ساده به طول  $10\text{ m}$  تحت بار گسترده ضریب‌دار  $40\text{ kN/m}$  قرار دارد. اگر ظرفیت خمشی این تیر برابر  $420\text{ kN/m}$  برآورد شده باشد، مطلوب‌ست تعیین محل قطع آرماتورهای کششی نسبت به یکی از تکیه‌گاه‌ها:

$$3/7\text{ m}, 6/3\text{ m} \quad (۱)$$

$$2/7\text{ m}, 7/3\text{ m} \quad (۲)$$

$$3\text{ m}, 7\text{ m} \quad (۳)$$

$$3/3\text{ m}, 6/7\text{ m} \quad (۴)$$

۱۳- اگر ستون یا دیوار در تمام سطح خود تحت فشار خود باشد:

(۱) لازم است تمام میلگردهای ستون در پی امتداد داده شود.

(۲) استفاده از قلاب استاندارد در میلگردهای انتظار، تأثیر در تأمین مهارت میلگرد ندارد.

(۳) تأمین طول مهارت میلگردهای تحت فشار، به صورت مستقیم برای میلگردهای انتظار در پی لازم نیست.

(۴) تأمین طول وصله میلگردهای تحت فشار برای میلگردهای انتظار در ستون لازم نیست.

۱۴- در یک تیر بتن مسلح با ارتفاع مؤثر  $d$  و فولاد کششی با مدول الاستیسیته  $E_s$  تحت تنش  $f_s$  اگر ارتفاع تار خنثی از دورترین تار فشاری مقطع برابر  $x$  باشد، مجموع عرض‌های ترک بر واحد طول این تیر در تراز  $y$  از تار خنثی برابر است با:

$$x \frac{d}{y} \frac{f_s}{E_s} \quad (۱)$$

$$\frac{x}{y-d} \frac{f_s}{E_s} \quad (۲)$$

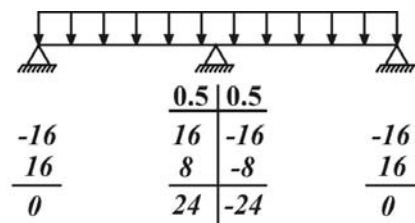
$$\frac{y-d}{x} \frac{f_s}{E_s} \quad (۳)$$

$$\frac{y}{(d-x)} \frac{f_s}{E_s} \quad (۴)$$

۸ - گزینه (۲) تنش پیوستگی در اینجا از نوع خمشی بوده و از رابطه  $\frac{V}{z \sum \pi db}$  بدست می‌آید. که در این رابطه  $V$  برابر نیروی برشی  $d_b$  قطر

میلگرد و  $z$  اساس مقطع می‌باشد. در یک تیر دوسر ساده با دو بار متمرکز در فواصل مساوی از تکیه‌گاه برش در فاصله بین دو بار متمرکز صفر است پس گزینه (۱) و (۳) صحیح نمی‌باشند. همچنین با افزایش لنگر خمشی از تیکه‌گاه به سمت محل اعمال بار  $z$  افزایش یافته و بنابراین تنش پیوستگی کاهش می‌یابد لذا گزینه (۲) صحیح است.

۹- گزینه (۳) با استفاده از روش بخش لنگر، لنگر خمشی در تکیه‌گاه وسط را محاسبه می‌کنیم. حالا با رسم نیروی وارد بر تیر سمت چپ عکس‌العمل تکیه‌گاه و لنگر حداکثر در وسط را می‌یابیم:

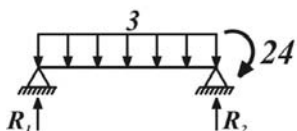


$$R_l = 9T, \quad R_r = 15T \Rightarrow \sum R = 24T \quad xm = \frac{R_l}{\omega} = 3m \Rightarrow M^+ = 13/5T - m$$

$$I_e = I_{cr} + (I_g - I_{cr}) \left( \frac{M_{cr}}{M_{max}} \right)^2$$

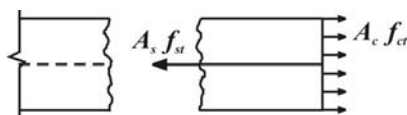
$$I_{em} = \frac{1}{2} I_g + \frac{1}{2} I_g \left( \frac{9}{13/5} \right)^2 = \left( \frac{1}{2} + \frac{1}{2} \times \frac{1}{27} \right) I_g = \frac{35}{54} I_g \approx 0.64 : I_g$$

$$I_{eR} = \frac{1}{2} I_g + \frac{1}{2} I_g \left( \frac{9}{27} \right)^2 = \left( \frac{1}{2} + \frac{1}{2} \times \frac{27}{81} \right) I_g = \frac{539}{1024} I_g \approx 0.52 I_g \Rightarrow \frac{I_{eR}}{I_{em}} \approx 0.83$$



$$W_l = C \sqrt[3]{d_c \frac{(2d_c + \frac{2}{3}d_c)b}{6}} \quad W_r = C \sqrt[3]{\frac{3}{2}d_c \frac{\frac{3}{2}d_c \times 2b}{4}} \quad \frac{W_l}{W_r} = \sqrt[3]{\frac{\frac{1}{2} \times \frac{1}{6}}{\frac{3}{2} \times \frac{3}{4}}} = \frac{4}{3} \sqrt[3]{\frac{1}{6}}$$

۱۰- گزینه (۱)



۱۱- گزینه (۲) بعد از ترک خوردگی، تعادل بتن مجاور یک ترک در شکل زیر نشان داده شده است:

$$A_s f_{st} = A_c f_{ct} \Rightarrow r = \frac{A_s}{A_c} = \frac{f_t}{f_y}$$

$$M(x) = \frac{q_x}{2} (L - x)$$

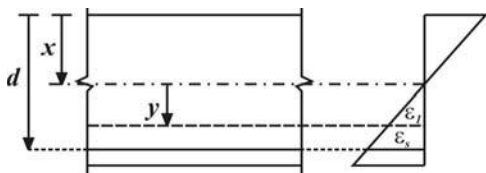
۱۲- گزینه (۲) تابع تغییرات لنگر خمشی در طول تیر برابر است با:

$$\frac{40}{2} x(10 - x) = 420 \Rightarrow x(10 - x) = 21 \Rightarrow x = 3m \quad x = 7m$$

محل برخورد تابع  $M(x)$  یا  $M_u$  محل تنوری قطع آرماتورها را می‌دهد:

ولی توجه داشته باشیم که محل قطع عملی این آرماتورها بایستی ادامه داشته باشد ( $a = \max(d, 12d_b)$ ) بنابراین محل قطع عملی آرماتورها در  $a - 3$  و  $a + 7$  می‌باشد. با توجه به این که  $a$  معمولاً حداکثر برابر با ارتفاع مؤثر است و چون ارتفاع مؤثر در این مسأله کمتر از  $40cm$  (ارتفاع کل تیر) می‌باشد پس گزینه (۲) صحیح می‌باشد.

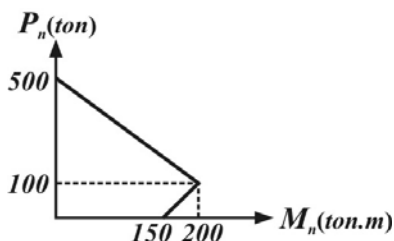
۱۳- گزینه (۲) صحیح می‌باشد.



$$\epsilon_l = \frac{y}{(d - x)} \epsilon_s = \frac{y}{(d - x)} \frac{f_s}{E_s} = \sum w$$

۱۴- گزینه (۴)

۸- اگر نمودار اندرکنش ستون بتنی به صورت شکل زیر باشد، مقدار خروج از مرکزیت بار محوری چقدر باشد تا نیروی فشاری قابل تحمل توسط ستون برابر ۴۰۰ ton شود؟



$$\frac{1}{4}m \quad (1) \quad \frac{1}{16}m \quad (2)$$

$$\frac{1}{8}m \quad (3) \quad \frac{1}{2}m \quad (4)$$

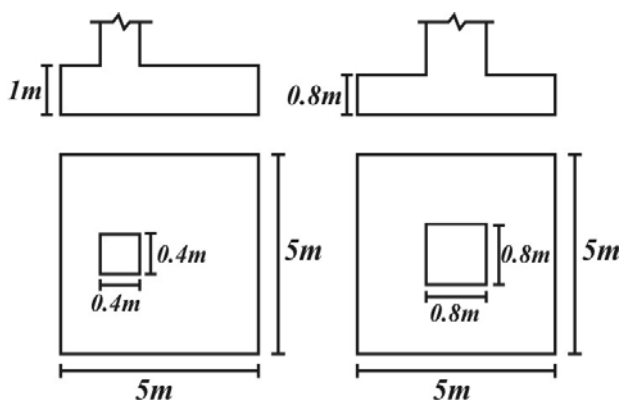
۹- در یک تیر بتن آرمه با فولاد کششی تنها معیار گسیختگی جاری شدن فولاد کششی است. در صورتی که مقاومت فشاری بتن و تنش تسلیم فولاد  $k$  برابر شود، ظرفیت خمشی مقطع با فرض ثابت ماندن معیار گسیختگی:

(۱)  $2k$  برابر می‌شود. (۲)  $k^2$  برابر می‌شود.

(۳)  $k$  برابر می‌شود.

(۴) تغییر نمی‌کند.

۱۰- نسبت مقاومت اتکایی پی‌های منفرد زیر برابر است با:

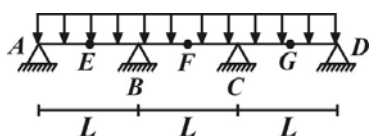


(۱) ۰/۸

(۲) ۰/۵

(۳) ۰/۲۵

(۴) ۱

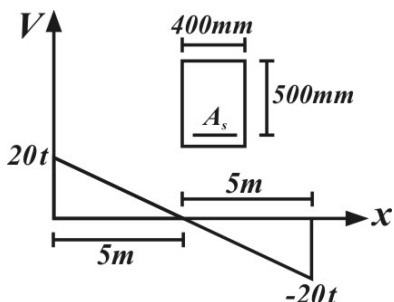


۱۱- در یک تیر سراسری مطابق شکل حداکثر و حداقل تنش پیوستگی در کدام نقاط می‌باشد؟

(۱) B , E (۲) B , A

(۳) F , B (۴) F , A

۱۲- نمودار نیروی برشی در یک تیر مسلح به صورت زیر می‌باشد. با توجه به مقطع نشان داده شده در کدام ناحیه از تیر نیاز به آرماتور برشی می‌باشد؟ (مقاومت برشی بتن از رابطه  $V_c = 0.12\sqrt{f'_c}bd$  محاسبه شود و  $f'_c = 25MPa$ )



(۱) در فاصله ۵۰cm از مرکز تیر و در طرفین آن

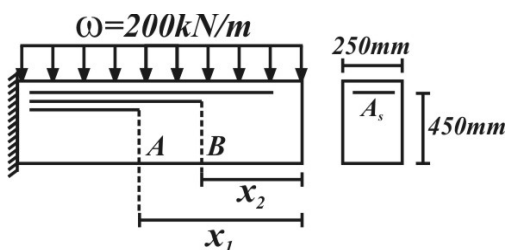
(۲) در فاصله ۳۰۰cm از مرکز تیر و در طرفین آن

(۳) در فاصله ۱۰۰cm از مرکز تیر و در طرفین آن

(۴) در فاصله ۱۵۰cm از مرکز تیر و در طرفین آن

۱۳- در تیر شکل زیر مقاومت خمشی نهایی از رابطه  $M_r = 0.9\rho b d^2 f_y \left[ 1 - 0.6\rho \frac{f_y}{f_c} \right]$  محاسبه می‌شود. در صورتی که در طرح تقویت این

تیر توسط میلگردهای طولی، دو عدد از میلگردها در نقطه A و ۲ عدد دیگر در نقطه B قطع می‌شوند نسبت  $\frac{x_1}{x_2}$  کدام است؟



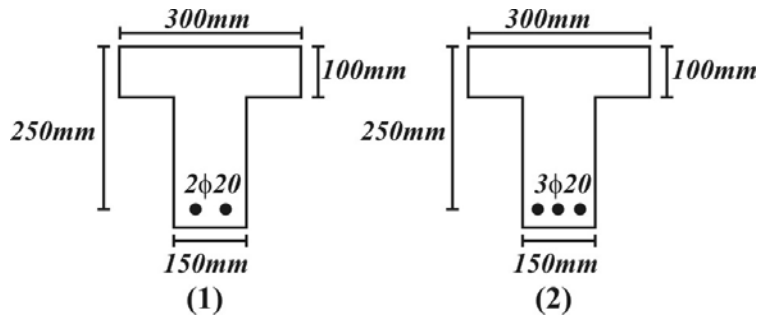
( $A_s = 6\phi 25$ ,  $\pi = 3$ ,  $f_y = 400MPa$ ,  $f_c = 20MPa$ )

$$\sqrt{\frac{1960}{995}} \quad (2) \quad \sqrt{\frac{95}{995}} \quad (1)$$

$$\sqrt{\frac{1690}{995}} \quad (4) \quad \sqrt{\frac{85}{995}} \quad (3)$$



۱۴- ظرفیت نهایی اسمی خمشی مقطع ۱ چند برابر ظرفیت نهایی اسمی خمشی مقطع ۲ می باشد؟ (  $\phi_c = \phi_s = 1$  ,  $f_y = 400 MPa$  و  $f_c$  مقطع (۱)، برابر  $20 MPa$  و  $f_c$  مقطع (۲)، برابر  $30 MPa$  )



(۱)  $\frac{2}{3}$  برابر

(۲)  $\frac{2}{5}$  برابر

(۳)  $\frac{5}{6}$  برابر

(۴)  $\frac{3}{5}$  برابر

۸- گزینه (۳) خروج از مرکزیت برابر  $(\frac{M_n}{P_n})$  می باشد. از آنجا که نیروی فشاری بر روی ناحیه بالایی قرار دارد لذا معادله این خط را می نویسیم:

$$\frac{500-100}{0-200} = \frac{P_n-500}{M_n-0} \Rightarrow P_n-500 = -2M_n = -2(P_n e) \Rightarrow P_n(1+2e) = 500, P_n = 400 \Rightarrow e = \frac{1}{8} m$$

۹- گزینه (۳) با توجه به اینکه فولاد کششی جاری می شود بنابراین  $\rho < \rho_b$  و ظرفیت خمشی از رابطه  $\rho = \rho_b$   $M_u = 0.9 A_s f_y d (1 - 0.59 \frac{f_y}{f_c} \rho)$

محاسبه می شود با  $k$  برابر شدن  $f'_c$  و  $f_y$  آنگاه  $M_u$ ،  $k$  برابر می شود.



۱۰- گزینه (۳) مقاومت اتکایی  $A_1 \sqrt{\frac{A_r}{A_1}}$   $f'_c A_1$  به دست می آید.

مساحت ستون و  $A_r$  مساحت قاعده پائینی هرمی است که از سطح بارگذاری (ستون) با وجوه مایل با شیب ۱ به ۲ در تکیه گاه امتداد می یابد. این مساحت برای پی های نشان داده شده به صورت مقابل است.

$$\sqrt{\frac{(A A_r)_1}{(A A_r)_r}} = \sqrt{\frac{(0.4)^2 (1/6 + 0.4)^2}{(0.8)^2 (3/2 + 0.8)^2}} = \frac{1}{4}$$

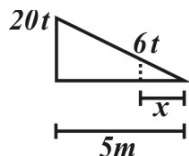
بنابراین نسبت مقاومت اتکایی دو ستون در پی ها برابر است با نسبت  $\sqrt{A A_r}$  برای دو پی:

۱۱- گزینه (۳) نمودار لنگر خمشی در تیر به صورت مقابل می باشد. تنش پیوستگی خمشی از رابطه



$$u = \frac{1}{jd} \frac{dM}{dx} = \frac{V}{jd}$$

می کند. با توجه به نمودار فوق نقاط  $B$ ،  $C$  دارای بیشترین  $u$  و نقاط  $E$ ،  $F$ ،  $G$  دارای کمترین  $u$  می باشند.



$$V_c = 0.12 \times \sqrt{25} \times 400 \times 500 = 12000 N = 12 \text{ ton}$$

۱۲- گزینه (۴)

در ناحیه‌ای که  $V_u < 6 \text{ ton}$  است نیازی به فولاد برشی نیست و در جایی که  $6 \text{ ton} < V_u$  است فولاد برشی

$$\frac{x}{5} = \frac{6}{20} = 1/5 m$$

حداقل لازم است و در نواحی  $V_u > 12 \text{ ton}$  طرح برشی باید انجام شود.

۱۳- گزینه (۲) حداکثر لنگر ناشی از بارگذاری در نقطه A برابر است با  $M_A = \frac{\omega x_1^2}{2}$  و در نقطه B برابر است با  $M_B = \frac{\omega x_2^2}{2}$  لنگر مقاوم نهایی

$$M_{rA} = 0.9 \times \rho_A \times 250 \times 450^2 \times 400 (1 - 0.6 \rho_A \frac{400}{250})$$

مقطع در نقاط A, B برابر است با:

$$M_{rB} = 0.9 \times \rho_B \times 250 \times 450^2 \times 400 (1 - 0.6 \rho_B \frac{400}{250})$$

$$M_{rA} = M_A \Rightarrow \frac{\omega x_1^2}{2} = M_{rA}, \quad M_{rB} = M_B \Rightarrow \frac{\omega x_2^2}{2} = M_{rB} \Rightarrow \frac{x_1^2}{x_2^2} = \frac{M_{rA}}{M_{rB}} = \frac{\rho_A}{\rho_B} \frac{1 - 1/2 \rho_A}{1 - 0.6 \rho_B}$$

در محل قطع آرماتورها:

$$\rho_A = 2\rho_B, \quad \rho_B = \frac{2 \times \pi \times \frac{25^2}{4}}{250 \times 450} = \frac{1}{120} \Rightarrow \frac{M_{rA}}{M_{rB}} = \frac{\rho_A}{\rho_B} \frac{1 - 1/2 \times 2\rho_B}{1 - 0.6 \rho_B} = \frac{1960}{995} \Rightarrow \frac{x_1}{x_2} = \sqrt{\frac{1960}{995}}$$

[www.nashr-estekhdam.ir](http://www.nashr-estekhdam.ir)

$$a = \frac{\phi_s f_y A_s}{0.85 \phi_c f_c b_f} = \frac{1 \times 400 \times \frac{2 \times 3 \times 20^2}{4}}{0.85 \times 1 \times 20 \times 300} = 47/0.6 < 100 \text{ mm}$$

۱۴- گزینه (۱) با فرض مقطع مستطیل برای مقطع (۱) داریم:

$$a = \frac{\phi_s f_y A_s}{0.85 \phi_c f_c b_f} = \frac{1 \times 400 \times \frac{3 \times 3 \times 20^2}{4}}{0.85 \times 1 \times 30 \times 300} = 47/0.6 < 100 \text{ mm}$$

برای مقطع (۲) داریم:

از آنجا که برای هر دو مقطع  $a < h_f$  به دست آمده است، فرض رفتار مستطیلی برای دو مقطع صحیح می‌باشد. طبق فرمول ظرفیت اسمی خمشی

و برابر بودن  $a, d, f_y$  برای دو مقطع، نسبت ظرفیت اسمی خمشی مقطع (۱) به (۲) برابر است با نسبت  $A_s$  های دو

$$\frac{M_{r1}}{M_{r2}} = \frac{A_{s1}}{A_{s2}} = \left(\frac{d_{b1}}{d_{b2}}\right)^2 \frac{2}{3} = 1 \times \frac{2}{3}$$

مقطع.

۸- در یک مقطع بتن آرمه با فولاد کششی تنها، ارتفاع موثر  $500\text{mm}$  و نسبت مدول الاستیسیته  $8(\frac{E_c}{E_s})$  با در نظر گرفتن مقدار  $300\text{mm}$  برای فاصله تار خنثی از دورترین تار فشاری، اگر تنش کششی در فولاد  $24\text{MPa}$  باشد، تنش فشاری حداکثر بتن کدام است؟

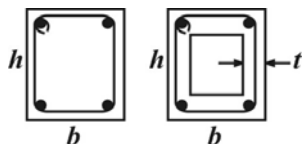
(۱)  $36\text{MPa}$

(۲)  $4/5\text{MPa}$

(۳)  $28\text{MPa}$

(۴)  $3/5\text{MPa}$

۹- دو مقطع بتنی با میلگردهای طولی و خاموت بسته یکی توپر و دیگری تو خالی مطابق شکل مفروض است، اگر ابعاد دو مقطع و خاموتها یکسان باشد:



(۱) مقاومت پیچشی مقطع توپر بیشتر است.

(۲) مقاومت پیچشی مقطع توخالی بیشتر است.

(۳) مقاومت پیچشی مقطع توخالی به نسبت  $\frac{h}{t}$  وابسته است و نمی توان در مورد بزرگتر بودن یا کوچکتر بودن آن نسبت به مقطع توپر اظهار کرد.

(۴) مقاومت پیچشی دو مقطع یکسان است.

۱۰- کدام گزینه در مورد شکل پذیری اعضای خمشی صحیح نمی باشد؟

(۱) افزایش فولاد فشاری باعث افزایش شکل پذیری می شود.

(۲) افزایش مقاومت فشاری بتن باعث کاهش شکل پذیری می شود.

(۳) افزایش مقاومت کششی فولاد کششی باعث افزایش شکل پذیری می شود.

(۴) افزایش فولاد کششی باعث کاهش شکل پذیری می شود.

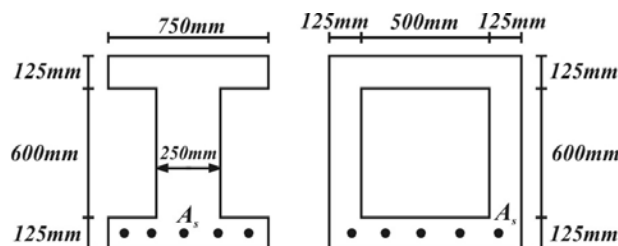
۱۱- لنگر مقاوم مقطع تیر  $I$  شکل نشان داده شده برابر  $M_n$  می باشد، در این صورت لنگر مقاوم مقطع جعبه ای برابر است با:

(۱)  $M_n$

(۲) بیشتر از  $M_u$  و کمتر از  $\frac{3}{2}M_u$

(۳)  $\frac{3}{2}M_u$

(۴) کمتر از  $\frac{2}{3}M_u$



۱۲- اگر  $f_c = 20\text{MPa}$ ،  $f_y = 400\text{MPa}$  به ترتیب مقاومت تسلیم فولاد و مقاومت فشاری  $28$  روزه سیلندری بتن باشند، با در نظر گرفتن ضرایب  $\phi_s$ ،  $\phi_c$  برابر واحد و مساوی بودن ارتفاع تار خنثی و ارتفاع بلوک ویتنی ( $\beta_1 = 1$ ) میزان آرماتور متوازن برابر است با:

( $\epsilon_{cu} = 0.003$ ،  $E_s = 2 \times 10^5\text{MPa}$ )

(۱)  $0.0213$

(۲)  $0.0300$

(۳)  $0.0255$

(۴)  $0.0310$

۱۳- با افزایش مقاومت فشاری بتن کدام گزینه در مورد رفتار کرنش در بتن صحیح می باشد؟

(۱) کرنش نظیر مقاومت فشاری بتن و کرنش نظیر نقطه شکست بتن کاهش می یابند.

(۲) کرنش نظیر مقاومت فشاری بتن و کرنش نظیر نقطه شکست بتن افزایش می یابند.

(۳) کرنش نظیر مقاومت فشاری بتن وابسته به افزایش یا کاهش مقاومت فشاری بتن نیست ولی کرنش نظیر نقطه شکست کاهش می یابد.

(۴) کرنش نظیر مقاومت فشاری بتن و کرنش نظیر نقطه شکست بتن هر دو ثابت می ماند.

۱۴- کدام یک از گزینه های زیر در مورد ارتفاع تنش بلوک ویتنی صحیح است؟

(۱) ارتفاع این بلوک تنش مستطیلی معادل، برابر است با موقعیت تار خنثی در مقطع

(۲) با افزایش مقاومت فشاری بتن، این ارتفاع کاهش می یابد.

(۳) با افزایش مقاومت فشاری بتن، این ارتفاع افزایش می یابد.

(۴) گزینه (۱) و (۲)

$$f_{c,\max} = \frac{M\bar{y}}{I} = \frac{3}{200} \times 300 = 9/5 \text{ MPa} \quad \text{۸- گزینه (۲)}$$

$$f_s = n \frac{M(d - \bar{y})}{I} = 8 \left( \frac{M}{I} \right) (500 - 300) = 24 \Rightarrow \frac{M}{I} = \frac{3}{200}$$

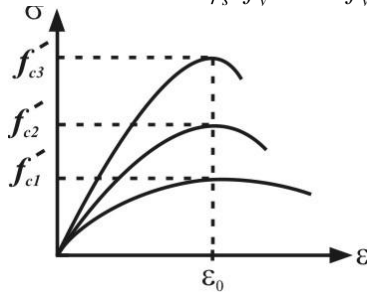
۹- گزینه (۴) مقاومت پیچشی مقطع برابر لنگر پیچشی مقاوم نهایی تامین شده توسط خاموت‌های بسته پیچشی است و  $T_s = C A_o A_t \frac{f_{yv}}{s} \cot \theta$

برای دو مقطع نشان داده شده با فرض یکسان بودن خاموت‌ها تمامی موارد فرمول برای دو مقطع برابر است.

۱۰- گزینه (۲) صحیح می‌باشد.

۱۱- گزینه (۱) ممان اینرسی مقطع دو برابر است. به طور کلی می‌توان مقطع جعبه‌ای را به مقطع  $I$  شکل تبدیل نمود و  $M_n$  را به دست آورد.

$$\rho_b = 0.85 \beta_1 \frac{\phi_c f_c}{\phi_s f_y} \frac{600}{600 + f_y} = 0.85 \times 1 \times \frac{1}{400} \times \frac{20}{600 + 400} \times \frac{600}{600 + 400} = 0.255 \quad \text{۱۲- گزینه (۳)}$$



۱۳- گزینه (۳) شکل روبرو منحنی تنش- کرنش بتن را با افزایش مقاومت فشاری بتن نشان می‌دهد. با توجه به شکل می‌توان دریافت، کرنش نظیر مقاومت فشاری ( $\epsilon_o$ ) با افزایش مقاومت فشاری ثابت می‌ماند ولی کرنش نظیر نقطه شکست کاهش می‌یابد.

۱۴- گزینه (۲) ارتفاع بلوک ویتنی از رابطه  $\beta_1 x$  به دست می‌آید که  $x$  ارتفاع تار خنثی از تار فشاری است. مقدار  $\beta_1$  در آیین‌نامه به صورت زیر

$$f_c \leq 30 \text{ MPa} \Rightarrow \beta_1 = 0.85, \quad f_c > 30 \text{ MPa} \Rightarrow \beta_1 = 0.85 - \frac{0.05}{\gamma} (f_c - 30) \geq 0.65 \quad \text{تعریف می‌شود.}$$