

طراحی سازه های بتنی (ویژه کنکور ارشد عمران)

۱ - مقدمه.....	۱
۲ - مشخصات بتن.....	۲
۲-۱ - مقاومت فشاری بتن.....	۲
۲-۲ - مقاومت کششی بتن.....	۸
۲-۳ - مشخصات میلگرد.....	۹
۲-۴ - خزش.....	۱۲
۲-۵ - روشهای طراحی.....	۱۵
۳ - طراحی تیر.....	۱۷
۳-۱ - لنگر ترک خوردگی مقطع.....	۲۲
۳-۲ - ناحیه الاستوپلاستیک (فاز ۲):.....	۲۵
۳-۳ - لنگر نهایی مقطع (فاز ۳).....	۲۶
۳-۴ - تار خنثی در مقاطع کم فولاد.....	۲۹
۳-۵ - ظرفیت خمشی مقطع کم فولاد.....	۳۱
۳-۶ - حداکثر فولاد کششی مجاز در تیرها - آرماتور بالانس.....	۳۷
۳-۷ - حداقل فولاد خمشی در تیرها.....	۴۸
۳-۸ - تاثیر فولاد فشاری.....	۵۱
۳-۹ - مقطع T شکل.....	۵۸
۳-۱۰ - شکل پذیری.....	۶۴
۳-۱۱ - بازتوزیع لنگر.....	۶۵
۴ - برش.....	۶۷
۴-۱ - ترکیب برش و خمش در تیر ساده تحت بار گسترده.....	۶۸
۴-۲ - مسیر تنشهای کششی و فشاری در تیر.....	۷۰
۴-۳ - مقاومت برشی تیر بتنی ترک خورده.....	۷۱
۴-۴ - آرماتورهای عرضی.....	۷۶
۴-۵ - تیرهای عمیق.....	۹۱
۵ - پیچش.....	۹۴
۶ - مهار آرماتورها.....	۱۰۳
۶-۱ - پیوستگی مهاري.....	۱۰۶
۶-۲ - پیوستگی خمشی.....	۱۰۸

- ۳-۶- تاثیر ترک ها بر تنشهای فولاد و بتن ۱۱۰
- ۴-۶- روابط آیین نامه ای محاسبه طول مهار ۱۱۱
- ۵-۶- قلاب انتهایی ۱۱۴
- ۶-۶- قطع آرماتور در مقاطع تحت خمش ۱۱۷
- ۷-۶- وصله میلگردها ۱۲۱
- ۷- ستونهای کوتاه ۱۲۴
- ۱-۷- مرکز پلاستیک ۱۳۱
- ۲-۷- اندرکنش خمش و نیروی محوری ۱۳۴
- ۳-۷- ستونهای لاغر ۱۴۶
- ۸- محدودیت فواصل آرماتورها ۱۴۹
- ۹- کنترل بهره برداری ۱۵۰
- ۱-۹- کنترل تغییر شکل (خیز در تیرها) ۱۵۰
- ۲-۹- عرض ترکها ۱۵۴
- ۱۰- ۱- دال ها ۱۵۷
- ۱۰- ۱- دال یک طرفه و دو طرفه ۱۵۸
- ۱۰- ۲- دال یک طرفه ۱۵۹
- ۱۰- ۳- دالهای دو طرفه ۱۶۲
- ۱۰- ۴- برش پانچ (دو طرفه) ۱۶۶
- ۱۰- ۵- انتقال لنگر و برش در اتصالات دال به ستون ۱۶۷

۱- مقدمه

داوطلب گرامی ضمن آرزوی پیروزی برای شما قبل از استفاده از جزوه مطالب زیر را مطالعه بفرمایید:

- ✓ این جزوه جهت تدریس سرکلاسی و افزایش سرعت تدریس تهیه شده و بنابراین کامل نیست. برخی از مطالب توضیح داده نشده و پاسخ برخی تستها ناقص است. داوطلبان کنکور بهتر است از منابع مختلفی که موجود است نیز استفاده کنند (کتاب دوجلدی بتن دکتر مستوفی نژاد و نیز کتاب سازه های بتنی موسسه سری عمران کتب مناسبی هستند. اولی کتاب مرجع و دومی کتاب تست است).
- ✓ این جزوه در فرصت های مناسب ویرایش و کامل تر خواهد شد (تاریخ ویرایش جزوه در قسمت فوقانی صفحات درج شده است).
- ✓ استفاده از جزوه با ذکر منبع آن (www.hoseinzadeh.com) بلامانع است.
- ✓ مسلماً جزوه خالی از اشتباه نیست. در صورتی که به اشتباهی برخوردید، ممنون می شوم که از طریق سایت اطلاع دهید تا در ویرایش بعدی اصلاح شود.
- ✓ این جزوه برای کنکور ارشد نوشته شده ولی برای آزمون نظام مهندسی (محاسبات) نیز می توان از مفاهیم آن استفاده نمود.
- ✓ علاوه بر این جزوه، جزوات فولاد، مقاومت و تحلیل و جزوات و کتب مفید دیگر را می توانید از سایت اینجانب (www.hoseinzadeh.com) دانلود نمایید.

حسین زاده

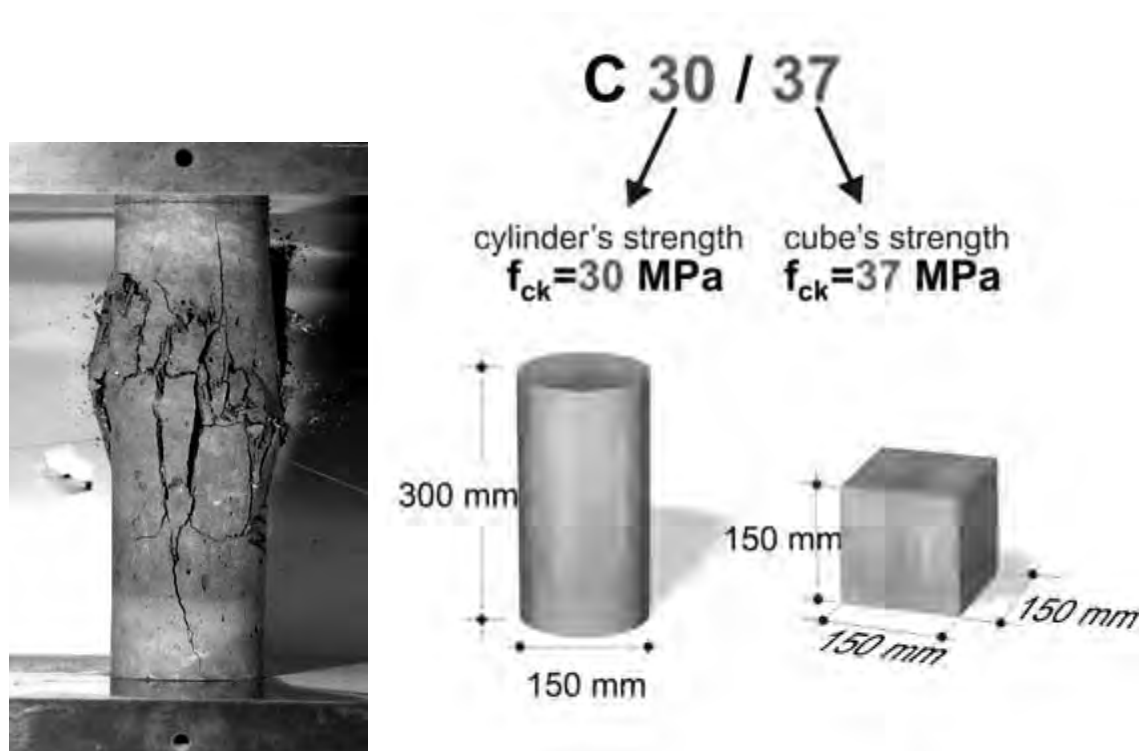
۱۳۹۰/۱/۶

۲- مشخصات بتن

دلایل عمده استفاده از ترکیب بتن و فولاد:

- ۱- فولاد و بتن چسبندگی خوبی با هم دارند.
- ۲- ضریب انبساط حرارتی آنها تقریباً یکی می باشد.
- ۳- بتن محافظ خوبی در برابر آتش سوزی و خوردگی برای فولاد است.
- ۴- مقاومت کششی پایین بتن و کمانش میلگردها: بتن (و تمامی مواد خاکی و سنگی) در برابر کشش ضعیف است و بنابراین بتن را همراه با فولاد استفاده می کنند تا زمانی که کشش داریم فولاد به کمک بتن آید و کشش را تحمل کند (به عبارتی ترک های کششی را بدوزد و مانع باز شدن ترک ها شود). از طرفی میلگرد تنها نیز در برابر فشار ضعیف است چون اگر نیروی فشاری به آن وارد کنیم کمانش می کند. با مدفون شدن آرماتور در بتن، وقتی فشار به مقطع وارد شود بتن یک مهار جانبی برای فولاد ایجاد کرده مانع کمانش آن می شود (البته در ستونها تنگها این وظیفه را به عهده دارند که بدان اشاره خواهد شد).

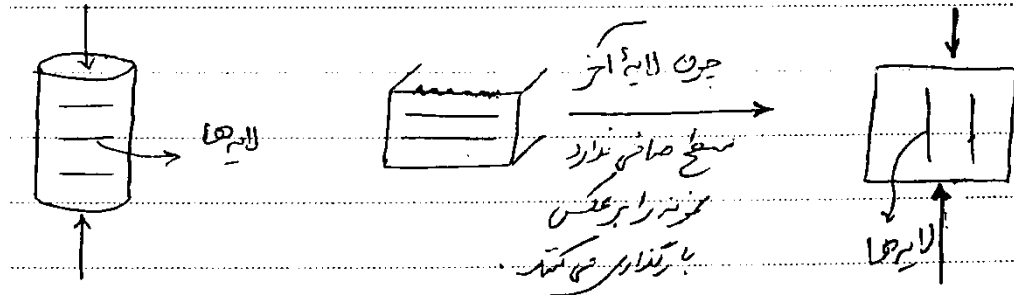
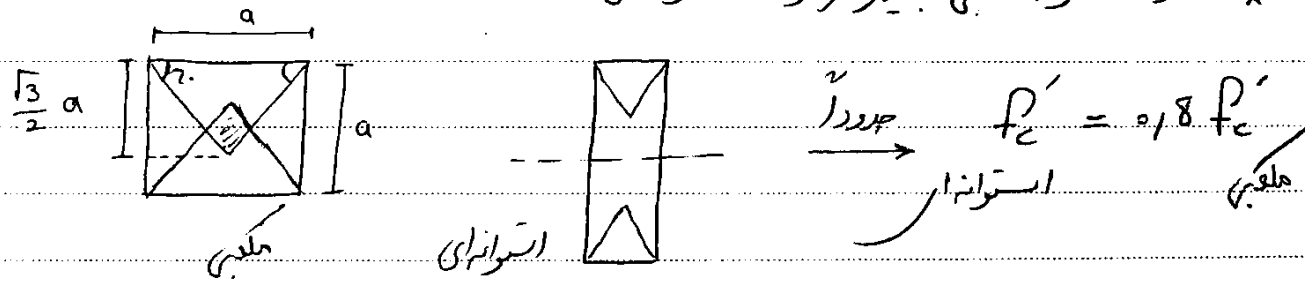
۲-۱- مقاومت فشاری بتن



محصولیت چیست و چه تاثیری بر مقاومت فشاری بتن دارد؟

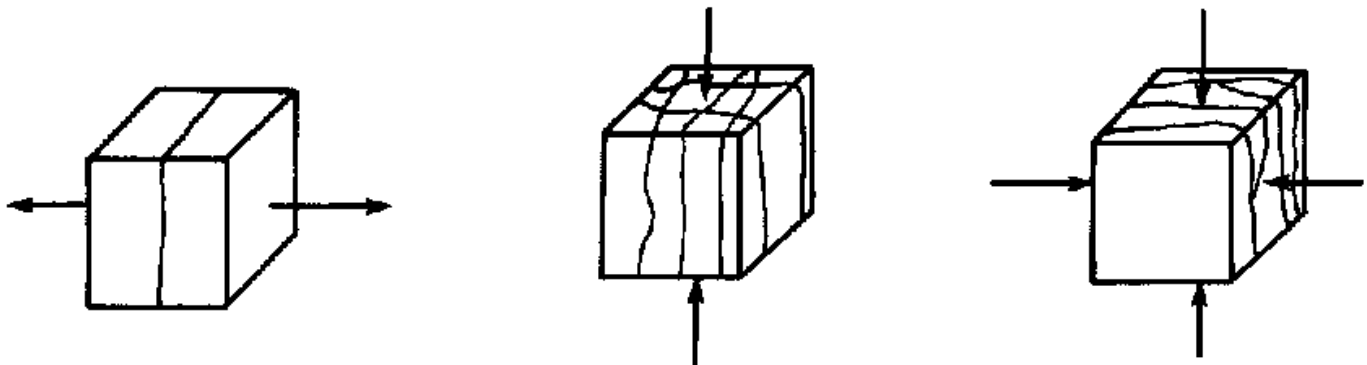
اگر جنس بتن دو نمونه مکعبی و استوانه ای یکسان باشد، تحت آزمایش کدامیک مقاومت بیشتری خواهد داشت؟

* مقاومت نمونه مکعبی بیشتر از نمونه استوانه‌ای است.



✓ اگر راستای بارگذاری با راستای ترکها یکی باشد مقاومت کاهش می‌یابد ولی با وجود این کاهش باز هم مقاومت مکعبی بیشتر است.

نحوه شکست نمونه بتنی تحت اثر بارگذاری کششی و فشاری؟



ابعاد (بزرگی یا کوچکی) نمونه چه تاثیری بر مقاومت فشاری آن دارد؟

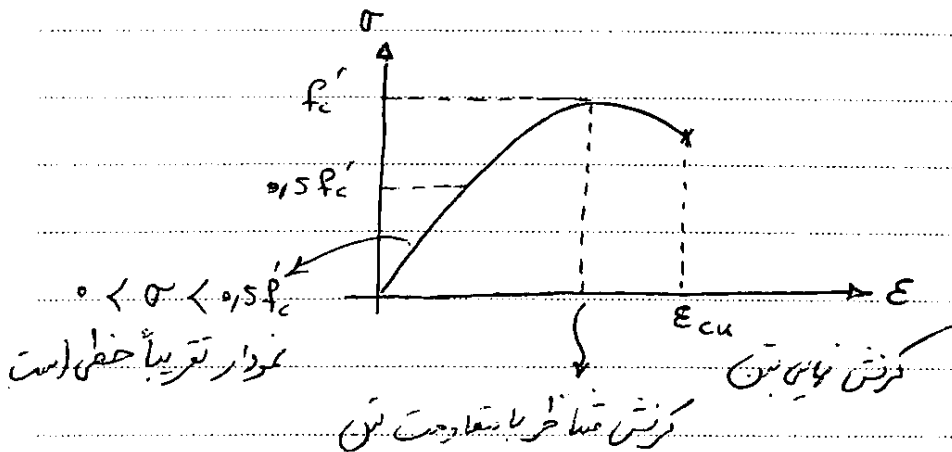
نکته: با افزایش ابعاد مکعب مقاومت آن کاهش می‌یابد چون احتمالاً خراب‌گردد نمی‌شود.

$$p'_c \text{ مکعب } 25 \times 25 < p'_c \text{ مکعب } 15 \times 15$$

مثال ۱. در مورد مقاومت فشاری بتن کدام نادرست است؟

- ۱- مقاومت حاصل از نمونه استوانه‌ای کمتر از نمونه مکعبی است.
- ۲- هر چه ابعاد مکعب بالاتر رود مقاومت بیشتر می‌شود.
- ۳- در طراحی از مقاومت استوانه‌ای استاندارد استفاده می‌شود.
- ۴- آرایش بزرگی نمونه ۲۸ روزه است.

در بخش طراحی طبق آیین نامه ایران منظور از مقاومت بتن f_c' مقاومت ۲۸ روزه نمونه استوانه‌ای بتن می‌باشد.



نکته: در طراحی اعضای بتن، معیار خرابی بتن ϵ_u آن می‌باشد (گرفتگی نهایی) که طبق آیین نامه بتن ایران مقدار آن برابر $\epsilon_u = 0.0035$ است.

✓ مقدار ϵ_{cu} طبق آیین نامه جدید برابر 0.0035 می‌باشد. (در آیین نامه قبلی 0.003 بود)

✓ معیار خرابی بتن رسیدن به ϵ_{cu} است یا f_c' ؟

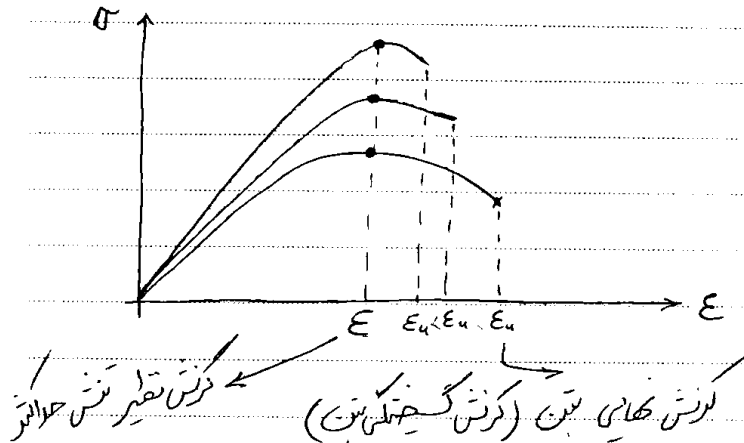
$$C25 \rightarrow f_c = 25 \text{ mpa}$$

$$\approx 250 \text{ kg/cm}^2$$

نمودار بتن با مقاومت های مختلف :

$$\epsilon_u \downarrow \Leftrightarrow \uparrow f_c$$

$$f_c \uparrow \Leftrightarrow \epsilon \text{ تقریباً ثابت است } (\epsilon \text{ کرنش نظیر تنش حد انشطار})$$



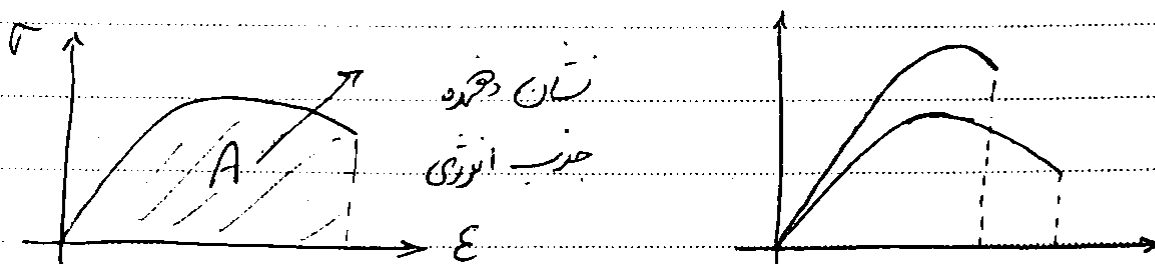
$$\epsilon_0 \text{ تقریباً ثابت می ماند} \quad \uparrow f'_c$$

$$\uparrow E_c \quad \uparrow f'_c$$

$$\uparrow f'_c \text{ شیب نزولی منحنی بیشتر می شود}$$

اگر پرسیده شود میزان جذب انرژی کدام بتن بیشتر است منظور چیست؟

* نکته : برای مقایسه جذب انرژی واره می توان از مساحت زیر نمودار تنش کرنش استفاده کرد.



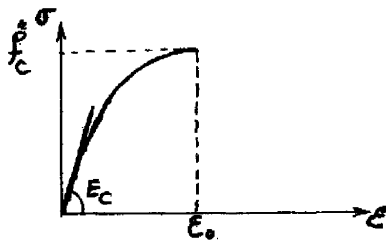
تمرین:

۳- چنانچه در منحنی تنش کرنش بتن، کرنش نظیر مقاومت فشاری بتن (f'_c) را با ϵ_c و کرنش نظیر نقطه شکست بتن را با ϵ_{cu} نمایش دهیم، با افزایش مقاومت فشاری بتن کدام اظهار نظر صحیح است؟ (مهندس عمران ۸۱)

- (۱) ϵ_{cu} و ϵ_c هر دو افزایش می یابند.
- (۲) ϵ_{cu} و ϵ_c هر دو کاهش می یابند.
- (۳) تغییر محسوس در ϵ_c و ϵ_{cu} روی نمی دهد.
- (۴) ϵ_c تقریباً ثابت باقی مانده و ϵ_{cu} کاهش می یابد.

گزینه ۴

۱۱۵- در منحنی تنش - کرنش بتن در فشار، تنش ماکزیمم را با f_c'' و کرنش متناظر با آن را با ϵ_o و ضریب ارتجاعی اولیه بتن را با E_c نشان می‌دهیم. اکثر محققین و آیین‌نامه‌ها، شاخهٔ صعودی اولیه منحنی را با یک منحنی سهمی مدل می‌کنند. در این صورت می‌توان نوشت:



$$\epsilon_o = \frac{1.77 f_c''}{E_c} \quad (1)$$

$$\epsilon_o = \frac{f_c''}{E_c} \quad (2)$$

$$\epsilon_o = \frac{0.85 f_c''}{E_c} \quad (3)$$

$$\epsilon_o = \frac{2 f_c''}{E_c} \quad (4)$$

$$f_c = a\epsilon^2 + b\epsilon + c$$

برای یافتن معادله سهمی تنش کرنش باید ضرایب a ، b و c را بیابیم.

۱- مقدار تنش در نقطه شروع (در نقطه $\epsilon = 0$) برابر صفر می‌باشد:

$$\epsilon = 0 \rightarrow f_c = 0 \quad \rightarrow \quad a \times 0 + b \times 0 + c = 0 \quad \rightarrow \quad c = 0$$

۲- شیب منحنی در نقطه شروع برابر E_c می‌باشد:

$$\epsilon = 0 \rightarrow (f_c)' = E_c \quad \rightarrow \quad 2a \times 0 + b = E_c \quad \rightarrow \quad b = E_c$$

۳- در نقطه انتهایی (در نقطه $\epsilon = \epsilon_o$) شیب منحنی صفر می‌باشد (نقطه ماکزیمم نمودار می‌باشد):

$$\epsilon = \epsilon_o \rightarrow (f_c)' = 0 \quad \rightarrow \quad 2a \times \epsilon_o + b = 0 \quad \rightarrow \quad a = -\frac{b}{2\epsilon_o} = -\frac{E_c}{2\epsilon_o}$$

بنابراین معادله تنش کرنش برابر خواهد بود با:

$$f_c = -\frac{E_c}{2\epsilon_o} \epsilon^2 + E_c \epsilon$$

با جاگذاری ϵ_o و f_c'' در معادله فوق داریم:

$$f_c'' = -\frac{E_c}{2\epsilon_o} \epsilon_o^2 + E_c \epsilon_o \quad \rightarrow \quad \epsilon_o = \frac{2f_c''}{E_c}$$

سوال: چه عواملی بر f_c' تاثیر گذار است؟

۱- ابعاد نمونه \uparrow f_c' \downarrow

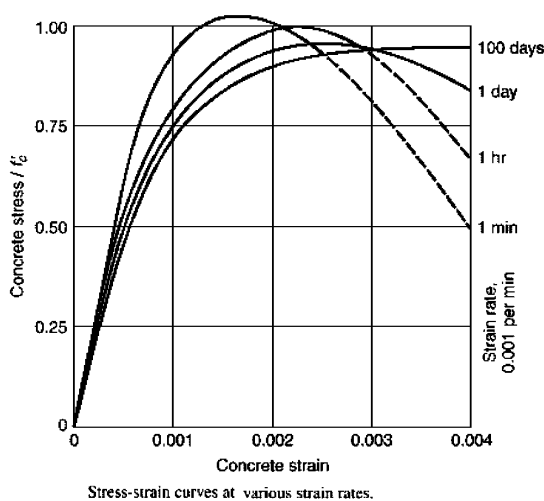
۲- شکل نمونه (استوانه ای > مکعبی)

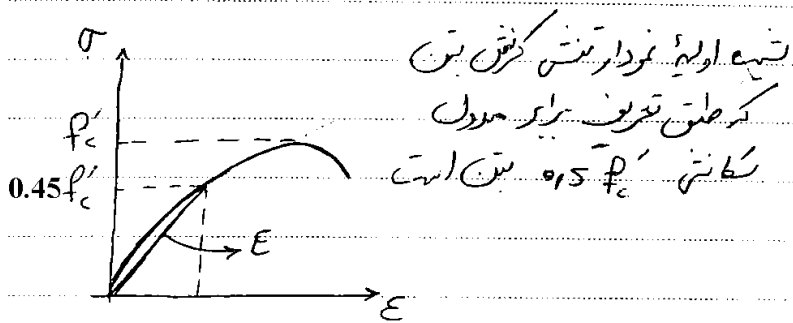
۳- سرعت بار گذاری \uparrow f_c' \uparrow

۴- اثر محصور شدگی \uparrow f_c' \uparrow

۵- نسبت آب به سیمان \uparrow f_c' \downarrow

۵- سن بتن \uparrow f_c' \uparrow





$$\epsilon_{\text{فولاد}} = \epsilon_{\text{بتن}} \times 10$$

۷-۱۳-۹ مشخصات مصالح

۱-۷-۱۳-۹ مقادیر مدول الاستیسیته بتن با جرم مخصوص (γ_c) بین ۱۵ تا ۲۵ kN/m^۳، از رابطه

(۱-۱۳-۹) تعیین می‌گردد:

$$E_c = (3300 \sqrt{f'_c} + 6900) \left(\frac{\gamma_c}{23} \right)^{1/5} \quad (1-13-9)$$

8.5 — Modulus of elasticity

8.5.1 — Modulus of elasticity, E_c , for concrete shall be permitted to be taken as $w_c^{1.5} 0.043 \sqrt{f'_c}$ (in MPa) for values of w_c between 1440 and 2560 kg/m³. For normalweight concrete, E_c shall be permitted to be taken as $4700 \sqrt{f'_c}$.

۲-۷-۱۳-۹ در تحلیل خطی مقدار $E_s = 2 \times 10^4$ مگاپاسکال منظور می‌شود.۳-۷-۱۳-۹ ضریب انبساط حرارتی بتن معادل $(1/^\circ C) \times 10^{-5}$ در نظر گرفته می‌شود.

۴-۷-۱۳-۹ ضریب پواسون به ترتیب برابر با ۰/۱۵ برای بتن معمولی و ۰/۲ برای بتن با مقاومت

بالا و ۰/۳ برای فولاد است.

$$\begin{aligned} \uparrow E &\Leftarrow \uparrow f'_c \quad \leftarrow \text{کبحم} \\ \uparrow E &\Leftarrow \uparrow w_c \end{aligned}$$

دو عامل تاثیر گذار در مدول الاستیسیته بتن؟

(مهندس عماد آ (اد ۷۹))

مدول ارتجاعی بتن با مقاومت بالا نسبت به بتن با مقاومت پایین:

(۲) کوچکتر از یک است

(۱) بزرگتر از یک است

(۴) قابل برآورد نیست

(۳) مساوی یک است

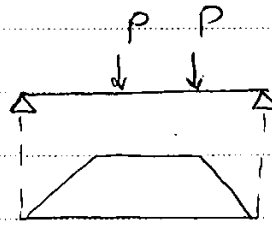
گزینه ۱. هرچه بتن مقاوم تر باشد، توپر تر بوده و خلل و فرج آن کمتر بوده و مقدار E آن بیشتر است و به اصطلاح سخت تر است. دقتشود که E فولاد های مختلف بر خلاف بتن تقریباً ثابت است (ثابت فرض می شود)

۲-۲- مقاومت کششی بتن

مردول کششی

$$f_r = \frac{Mc}{I}$$

$$f_r = 0.6 \sqrt{f'_c} \text{ mpa}$$



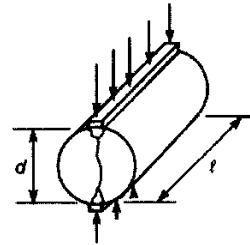
مقاومت کششی بتن
۱- تکت محشر

لازم نیست
محط شود

$$f_{ct} = \frac{2P}{\pi DL}$$

مردول شکاف
(آرایش شکاف
خوردگی)

$$f_{ct} = 0.55 \sqrt{f'_c}$$



۲- تکت کشش خالص



تفاوت مدول گسیختگی با مدول شکافت؟ کدام بزرگتر است؟ کدام باید استفاده شود؟

* نکته: مقاومت کششی بتن در حدود ۱۵٪ مقاومت فشاری است.

ضریب پواسون بتن (ν):

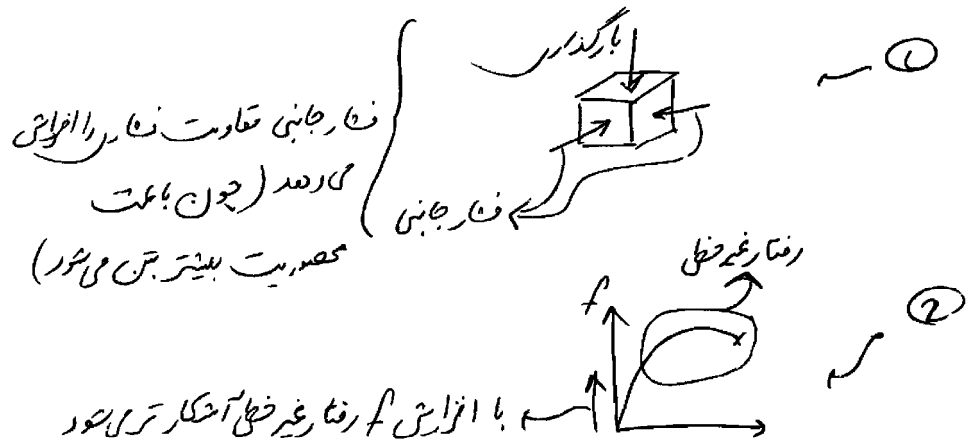
بتن با مقاومت پایین: $0.1 \leq \nu \leq 0.2$ بتن با مقاومت بالا

طبق آیین نامه: $\nu = 0.15$

(ضریب پواسون فولاد ۰.۳ است)

کدام یک از جملات زیر در مورد منحنی تنش - کرنش بتن صحیح نمی باشد؟

- (۱) چنان چه نمونه در زمان بارگذاری تحت تاثیر فشار جانبی نیز قرار گیرد مقاومت فشاری آن افزایش می یابد.
- (۲) هرچه بتن تحت تنش فشاری تک محوره بالاتری قرار گیرد، رفتار غیرخطی آن بیشتر آشکار می شود.
- (۳) با افزایش مقاومت فشاری مشخصه بتن، کرنش نهایی شکست کاهش می یابد.
- (۴) در فشار تک محوره با کاهش سرعت بارگذاری، حداکثر مقاومت فشاری افزایش یافته ولی کرنش نظیر تنش حداکثر کاهش می یابد.

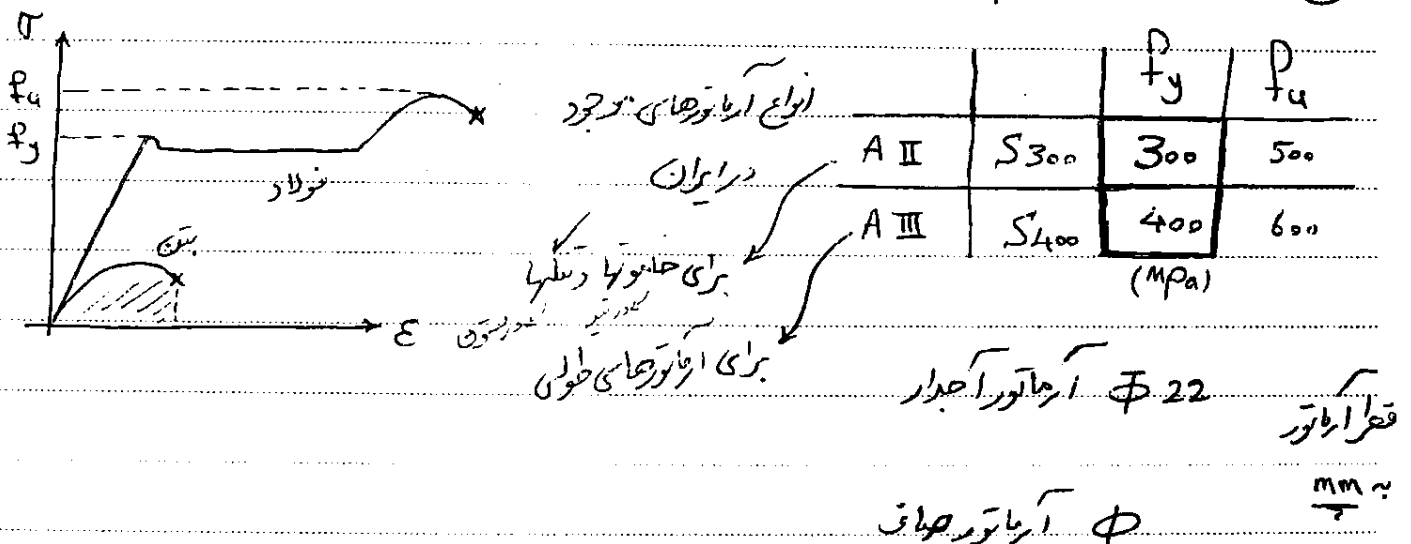


③ $f_c \uparrow \rightarrow \epsilon_u \downarrow$

④ که سرعت بارگذاری \downarrow \rightarrow اثر خزش \uparrow \rightarrow مقاومت فشاری \downarrow \rightarrow گزشتگی جمع است

۲-۳- مشخصات میلگرد

انواع فولاد و فولاد نسبت به بتن انحراف بیشتری جذب می کنند.



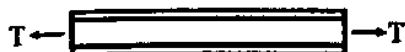
استفاده از آرماتور ساده در چه مواردی مجاز است؟

در اعضای سازه ای آرماتورها همگی باید آجدار باشند مگر آرماتورهای حرارتی و دو ریج ستونها

(مہلکین عمران آزاد = ۸)

مقاومت اسمی نهایی مقطع روبرو در کشش چه مقدار است؟

$$f_y = \dots \text{kg/cm}^2$$



$$f_c = \gamma \cdot \cdot \text{kg/cm}^2$$

مقطع دارای ۴ فولاد $\phi 20$ می باشد. ابعاد مقطع $20\text{ cm} \times 20\text{ cm}$ است.

(۱) نزدیک به ۵۸ تن (۲) نزدیک به ۱۳۰ تن

(۳) نزدیک به ۵۵ تن (۴) نزدیک به ۵۰ تن

ارکشی خالص بی ترک می خورد و تنها فولاد کشش وارد را تحمل می کنند

$$T_n = 4 \times \underbrace{(3.14 \times 1^2)}_{\substack{\text{مساحت مقطع} \\ \text{مساحت دایره}}} \times \underbrace{4000}_{F_y} = 50240 \text{ kg} = 50 \text{ ton}$$

(مهناظر، عماره ۷۰)

یکی از فرضیات اساسی در طراحی بتن آرمه عبارتست از:

(۱) کرنش فولاد = کرنش بتن

(۲) مقاومت فشاری بتن = ۱۰ برابر مقاومت کششی بتن

(۳) عدم ترک خوردگی در بتن

(۴) کرنش بتن در حد الاستیک = 0.003

گزینه ۱

گزینه ۴ چرا صحیح نیست؟:

سراسری ۸۹

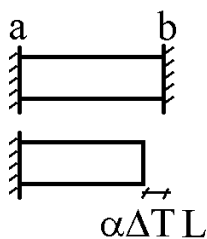
۱۱۸- در صورتیکه مقاومت کششی بتن $f_t = 2 \frac{N}{mm^2}$ و ضریب ارتجاعی بتن $E_c = 16 \frac{KN}{mm^2}$ و ضرایب انبساط حرارتی بتن و

فولاد $\alpha_e = \alpha_s = 10 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$ باشد، اختلاف درجه حرارت شب و روز چقدر باید باشد تا ترک خوردگی در یک سازه کاملاً گبردار (مقید) ایجاد گردد.

15°C (F) 10°C (F) 12°C (F) 1°C (F)

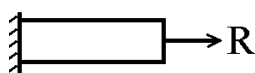
اگر کاهش حرارت برابر ΔT باشد، حداکثر تنش در میله چقدر خواهد بود؟

$$\frac{RL}{E_c A} - \alpha \Delta T L = 0 \rightarrow R = \alpha \Delta T E_c A$$



$$\sigma = \frac{R}{A} = \alpha \Delta T E_c = 10^{-5} \times 16000 \Delta T = 0.16 \Delta T$$

حال این تنش اگر به تنش کششی بتن برسد، بتن ترک خواهد خورد:



$$0.16\Delta T = f_t \rightarrow \Delta T = \frac{2}{0.16} = 12.5$$

۱۱۸- در هنگام اجرای یک سازه‌ی بتن آرمه دو ستون با فاصله‌ی ۵ متر از یکدیگر اجرا شده و بعد از دو ماه یک تیر بتن مسلح بین آن‌ها اجرا می‌شود. اگر کرنش انقباضی بتن تیر برابر $10^{-4} \times 1/5$ باشد، با توجه به فرضیات زیر چند درجه تغییر دما از زمان بتن ریزی پس از مدتی باعث ایجاد ترک در این تیر خواهد شد؟

$$\alpha_s = \alpha_c = 10^{-5} \frac{1}{^\circ\text{C}}$$

$$E_s = 210 \text{ GPa} \quad (\text{مدول الاستیسیته فولاد})$$

$$E_c = 17,5 \text{ GPa} \quad (\text{مدول الاستیسیته بتن})$$

$$f_r = 3,5 \text{ MPa} \quad (\text{مقاومت کششی بتن})$$

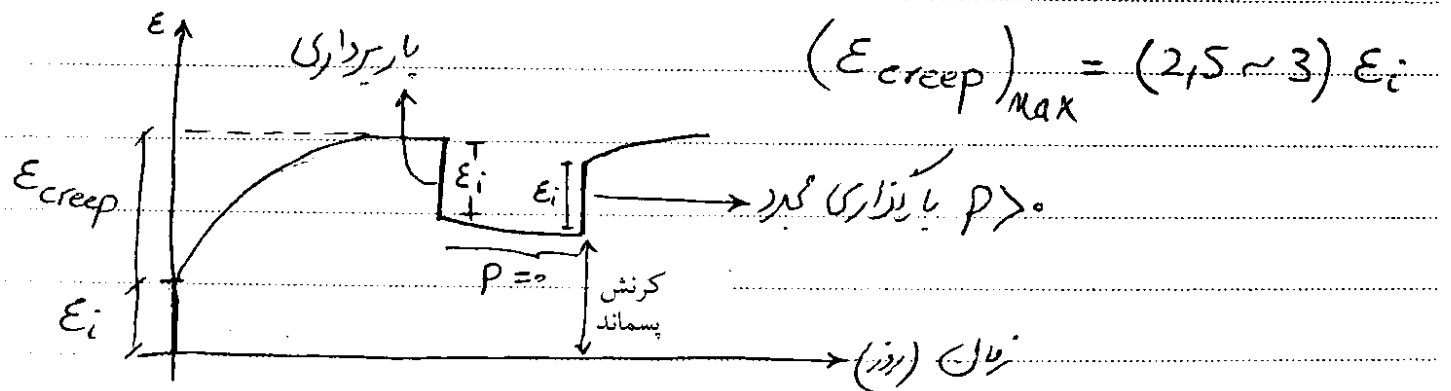
$$5^\circ\text{C} \quad (1)$$

$$7,5^\circ\text{C} \quad (2)$$

$$10^\circ\text{C} \quad (3)$$

(۴) این تیر در هر صورت به دلیل کرنش انقباضی ناشی از جمع شدگی دچار ترک خوردگی خواهد شد.

خزش و تغییر شکل بتن تحت اثر بار ثابت در اثر گذشت زمان را خزش می نامیم.



\downarrow خزش $\Leftarrow \uparrow P_c$

\downarrow خزش $\Leftarrow \uparrow$ رطوبت هوا

\downarrow خزش $\Leftarrow \uparrow$ سن بتن

پس از ۲ تا ۵ سال خزش متوقف می شود.

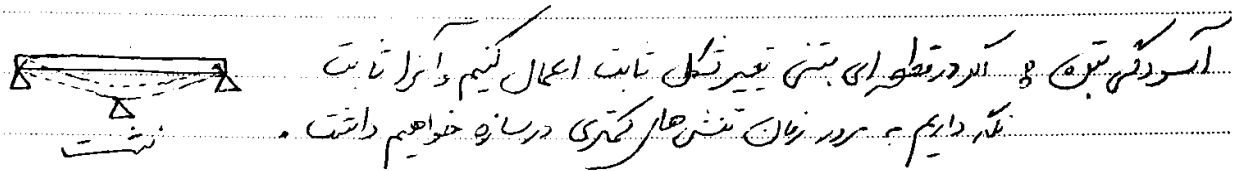
• در طراحی اعضا (مقاومت آنها) خزش در نظر گرفته نمی شود.
ولی در کنترل تغییر شکلهای سازه (تغییر شکل و خیزش) در نظر گرفته می شود.

✓ دلیل اصلی خزش، خروج آب جذب شده سطحی از ساختار خمیر سیمان در اثر اعمال تنش ثابت در طول زمان است.
چگونه تشخیص دهیم عوامل مختلف چه تاثیری بر خزش دارند؟

- ۱- خلل فرج بتن \uparrow خزش \uparrow
- ۲- ضخامت قطعه بتنی \uparrow خزش \downarrow
- ۳- عمر بتن در لحظه بارگذاری \uparrow خزش \downarrow
- ۴- زمان بارگذاری (مدتی که بار بر قطعه اثر می کند) \uparrow خزش \uparrow
- ۵- رطوبت محیط \uparrow خزش \downarrow
- ۶- درصد فولاد فشاری \uparrow خزش \downarrow

تفاوت افت با خزش؟

✓ خروج آب سطحی می تواند بر اثر تفاوت رطوبت محیط و بتن نیز اتفاق افتد که به آن افت می گویند.



سوال: اگر ممکن است بتنی که مقاومت آن f_c' است تحت f_c' خراب شود؟ بله ✓

از آجایی که معیار خرابی بتن ϵ_u می باشد (گرنش بزرگ) ϵ_u نه f_c' (مقاومت فشاری) بارگذاری زمان $\epsilon_u = \epsilon_i + \epsilon_{creep}$ حالتی که بارگذاری آرام باشد.

$\epsilon_u = \epsilon_i$ " " " " سریع

✓ تحت تنش های ثابت بیش از $0.85f_c'$ ، پدیده خزش با گذشت زمان موجب شکست نمونه می شود

در تیرهای پیوسته (چند دهانه) بتن آرمه تحت اثر بار ثابت به تدریج کدام حالت اتفاق می افتد؟
(مهلتی ۸۰)

- (۱) هر دو ممان منفی و مثبت افزایش می یابند.
 - (۲) هر دو ممان منفی و مثبت کاهش می یابند.
 - (۳) ممان مثبت کم شده و ممان منفی تکیه گاه افزایش می یابد.
 - (۴) از ممان منفی تکیه گاه کم شده و به ممان مثبت وسط دهانه اضافه می شود.
- گزینه ۴

(مهلتی ۷۶)

- ۱۹- خیز بلندمدت یک تیر بتن آرمه:
- (۱) ۲ تا ۳ برابر خیز اولیه آن است.
- (۲) ۱/۵ برابر خیز اولیه آن است.
- (۳) به علت جمع شدگی "Shrinkage" کمتر از خیز اولیه آن است.
- (۴) هیچکدام

گزینه ۱

آزاد ۸۹

۱۳۲- کدام یک از موارد زیر موجب افزایش مقاومت فشاری بتن می شود.

- (۱) کاهش سرعت بارگذاری در آزمایش مقاومت فشاری
- (۲) بزرگتر کردن اندازه نمونه های آزمایش مقاومت فشاری
- (۳) افزایش نسبت آب به سیمان بتن
- (۴) تغییر شرایط عمل آوری نمونه قبل از آزمایش از حالت خشک به حالت مرطوب

گزینه ۴

با کاهش سرعت بارگذاری به علت پدیده خزش، زودتر به کرنش نهایی می رسیم و در نتیجه مقاومت فشاری آن کاهش می یابد.
با بزرگ شدن اندازه نمونه به علت افزایش نقاط ضعیف موضعی (هرچه نمونه بزرگتر شود احتمال اینکه برخی نقاط خوب کوبیده نشود افزایش می یابد) مقاومت نمونه کاهش می یابد.

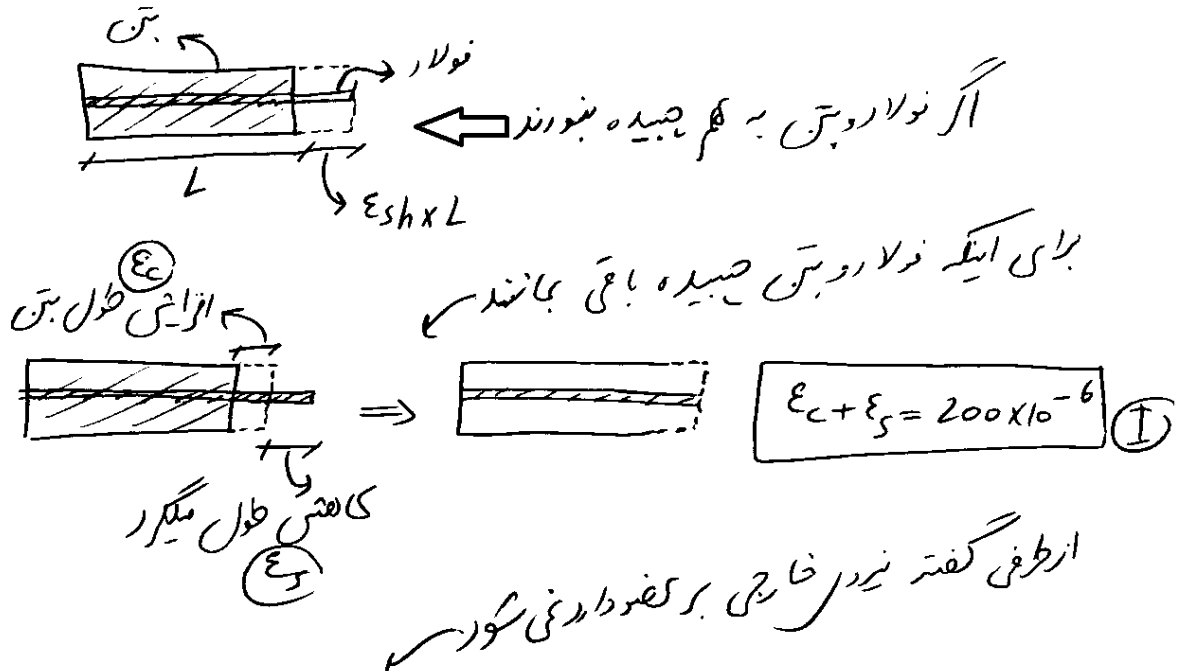
۱۱۵- یک عضو بتن آرمه شامل ۱٪ فولاد است. کرنش انقباضی آزاد بتن $\epsilon_{sh} = 200 \times 10^{-6}$ می‌باشد. برای فولاد $E_s = 200 \frac{\text{KN}}{\text{mm}^2}$ و برای بتن $E_c = 15 \frac{\text{KN}}{\text{mm}^2}$ است. عضو، آزاد از موانع خارجی در نظر گرفته می‌شود. تنش‌های حاصله در بتن و آرماتور به ترتیب بر حسب $\frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$ برابرند با:

(۲) ۰٫۲ (کششی) و ۴۰ (فشاری)

(۱) ۰٫۲۵ (کششی) و ۰٫۳۵ (فشاری)

(۴) ۱ (کششی) و ۱ (فشاری)

(۳) ۰٫۲۵ (کششی) و ۳۵/۳ (فشاری)



نیر در فولاد = نیر در بتن $\Rightarrow \epsilon_c \times E_c \times A_c = \epsilon_s \times E_s \times A_s$

مساحت فولاد \times کرنش فولاد \times مدول الاستیسیته فولاد = مساحت بتن \times کرنش بتن \times مدول الاستیسیته بتن

$\rightarrow \epsilon_c \times 15 \times 100 A_s = \epsilon_s \times 200 \times A_s \rightarrow \epsilon_c = \frac{4}{30} \epsilon_s$ ②

① ② $\rightarrow \begin{cases} \epsilon_c = 23.3 \times 10^{-6} \\ \epsilon_s = 176.47 \times 10^{-6} \end{cases} \rightarrow \begin{cases} \sigma_c = \epsilon_c \times E_c = 23.3 \times 10^{-6} \times 15000 = 0.35 \\ \sigma_s = \epsilon_s \times E_s = 176.5 \times 10^{-6} \times 200000 = 35.3 \end{cases}$

البته خیلی بخواهیم دقیق باشیم در رابطه فوق به جای $100 A_s$ باید از $99 A_s$ استفاده کنیم (چون وقتی می‌گوییم که درصد آرماتور ۱٪ است یعنی اینکه مساحت بتن ۹۹ برابر فولاد است)

۱۳۳- کدام یک از عبارت‌های زیر راجع به پدیده خزش در بتن صحیح است؟

(۱) هر قدر رطوبت نسبی محیط کمتر باشد کرنش ناشی از خزش در بتن بیشتر است.

(۲) کرنش ناشی از خزش تماماً برگشت پذیر یا قابل جبران در باربرداری است.

(۳) هر قدر تنش اعمالی به نمونه کمتر و سن نمونه هنگام بارگذاری بیشتر باشد، میزان خزش آن بیشتر است.

(۴) میزان کرنش ناشی از خزش همواره کمتر از کرنش ناشی از بارگذاری است.

برای پاسخ به اینگونه سوالات، فرض می کنیم که مقدار آب اضافی در بتن وجود دارد که اگر بتن را فشار دهیم خارج می شود! منتها این آب به تدریج و خیلی آرام خارج می شود. و مثلاً باید به مدت چندین سال فشار ثابت به آن وارد کنیم تا آب آرام آرام خارج شود. یعنی خزش عبارت است از خروج آب اضافی در بتن در اثر اعمال بار ثابت به بتن در طول زمان.

گزینه ۱. هرچه هوای اطراف بتن خشک تر باشد، آب بیشتری از بتن خارج می شود و خزش بتن افزایش می یابد. و هرچه رطوبت زیاد باشد خزش کمتر است.

گزینه ۲ نادرست است: تنها قسمتی از خزش برگشت پذیر است (آبی که در اثر فشار ثابت خارج شده دیگه نمی شه که همش برگردنه به بتن!).

گزینه ۳ نادرست است: هرچه تنش اعمالی به نمونه کمتر باشد خزش کمتر است (آب اضافی کمتر خارج می شود). و هرچه سن بتن بیشتر باشه خزش آن کمتر است مثلاً اگر به یک نمونه که ۱۰ سال سن داره (۱۰ سال قبل ساخته شده) دیگه آب اضافی هم داشت تا حالا یا قسمت زیاد آن خارج شده و یا با عمل هیدراتاسیون با سیمان موجود ترکیب شده. پس اگه پس از ۱۰ سال به آن تنش ثابت وارد کنیم آب کمتری خارج شده و خزش آن کمتر است.

۲-۵- روشهای طراحی

کنترل در حالت حد نهایی:

$$\frac{R}{S.F.} > \bar{\sigma} \quad \text{روش تنش مجاز}$$

$$\phi R > \bar{\sigma} \quad \text{روش مقاومت نهایی (حالت حدی)}$$

در روش تنش مجاز: $\bar{\sigma}$ تنش مجاز، R مقاومت ضربه ایستایی، $S.F.$ ضریب ایمنی

در روش مقاومت نهایی: ϕ ضریب کاهش، R مقاومت، $\bar{\sigma}$ تنش مجاز

$$\rightarrow \text{ارتباط مقاومت طراحی آید باید در نظر گرفت} \quad \left\{ \begin{array}{l} \phi_{\text{بتن}} = 0.65 \\ \phi_{\text{آرماتور}} = 0.85 \end{array} \right.$$

نمونه ترکیبات بار طراحی در آیین نامه ایران:

$$\begin{aligned} &1.25D + 1.5L \\ &D + 1.2L + 1.2(0.7E) \\ &0.85D + 1.2(0.7E) \\ &D + 1.2L + T \end{aligned}$$

کنترل برای حالت بهره برداری:

ترکیبات فوق برای کنترل مقاومت عضو می‌باشد. برای کنترل تغییر شکل و ترک خوردگی باید تمام ضرایب γ و ϕ برابر یک فرض شود.

چه عواملی در ضرایب کاهش مقاومت منظور شده اند؟

عدم اطمینان از کیفیت بتن (f_c) و فولاد (F_y) [نحوه اجرا]

عدم اطمینان از ابعاد هندسی مقطع بتنی در اجرا (مثلا ممکن است تیر 40×40 را در عمل 38×39 اجرا کنند)

عدم اطمینان از قرار دادن آرماتورها در محل مورد نظر و حفظ فاصله آنها

اهمیت عضو (مثلا اهمیت ستون بیشتر از تیر است)

چه عواملی در ضرایب افزایش بار منظور شده اند؟

عدم اطمینان از برآورد مقدار بارها (مرده، زنده، زلزله، ...)

تقریب در تحلیل سازه ها و محاسبه نیروها

تقریب در فرضیات مربوط به توزیع تنش ها

اقدامیک از گزینه‌های زیر منعکس کننده علت کاربرد ضرائب تقلیل مقاومت، در طراحی در حالت حد

(مهندس عمران آ (اد ۸۳)

نهایی مقاومت نمی‌باشد:

۱) عدم اطمینان از نحوه توزیع تنش در مقطع

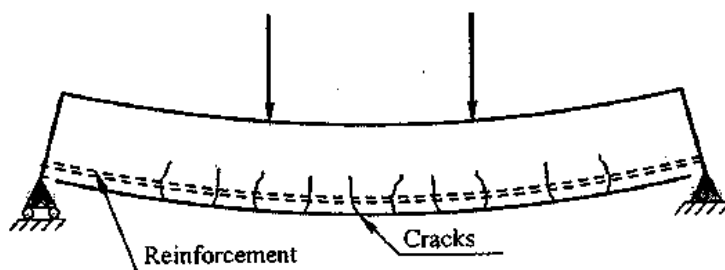
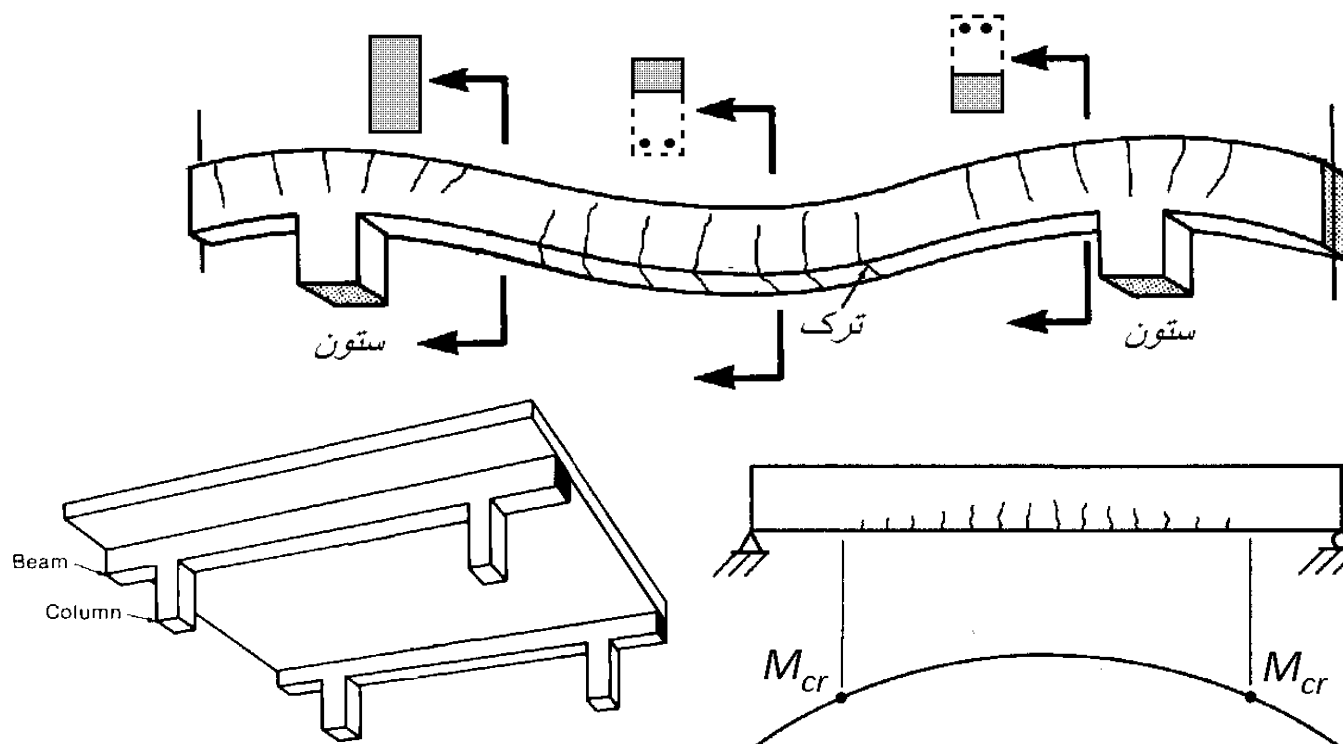
۲) عدم اطمینان از مقاومت بتن و فولاد مورد استفاده در سازه

۳) عدم اطمینان از ابعاد صحیح مقاطع و اعضاء

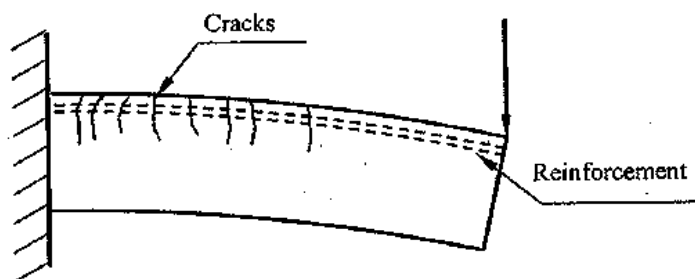
۴) عدم اطمینان از موقعیت قرارگیری صحیح فولادها

گزینه ۱

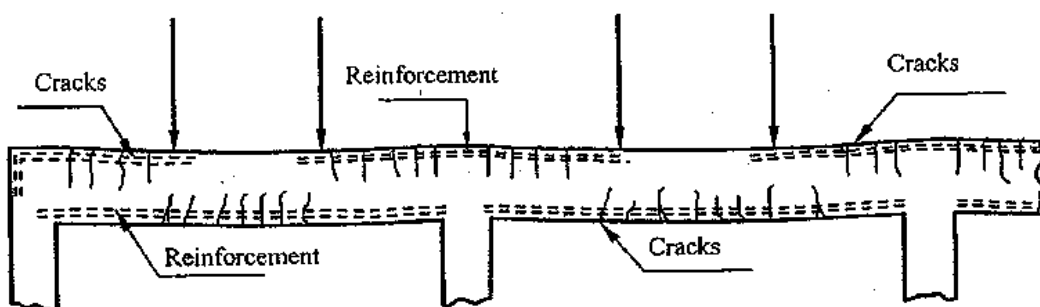
ضریب تقلیل مقاومت بستگی به عدم اطمینان از کیفیت مصالح، نحوه اجرا و دقت مشخصات هندسی اجزای باربر دارد.

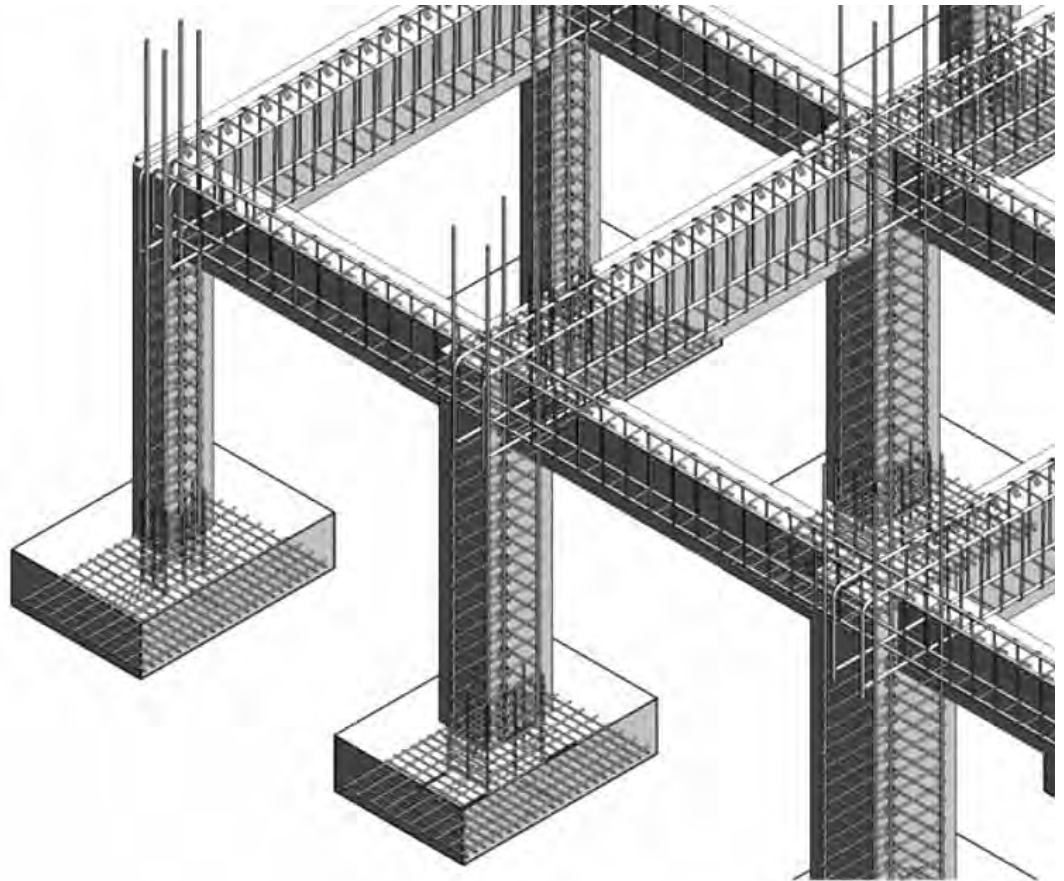


A- Simple beam



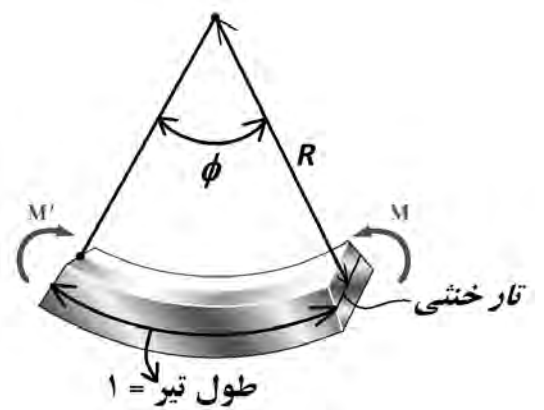
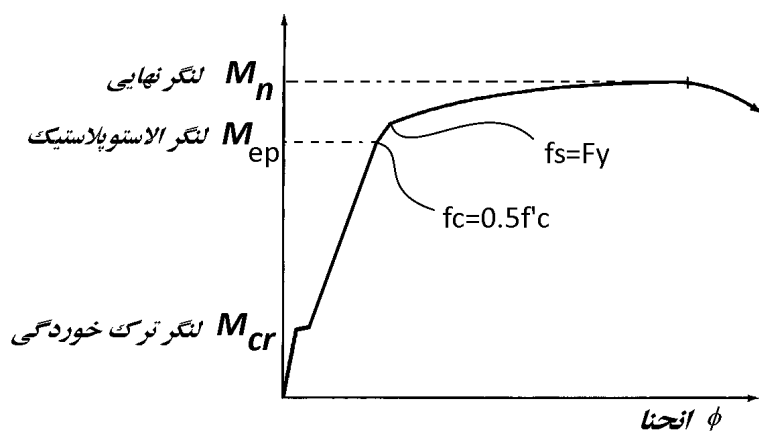
B- Cantilever beam





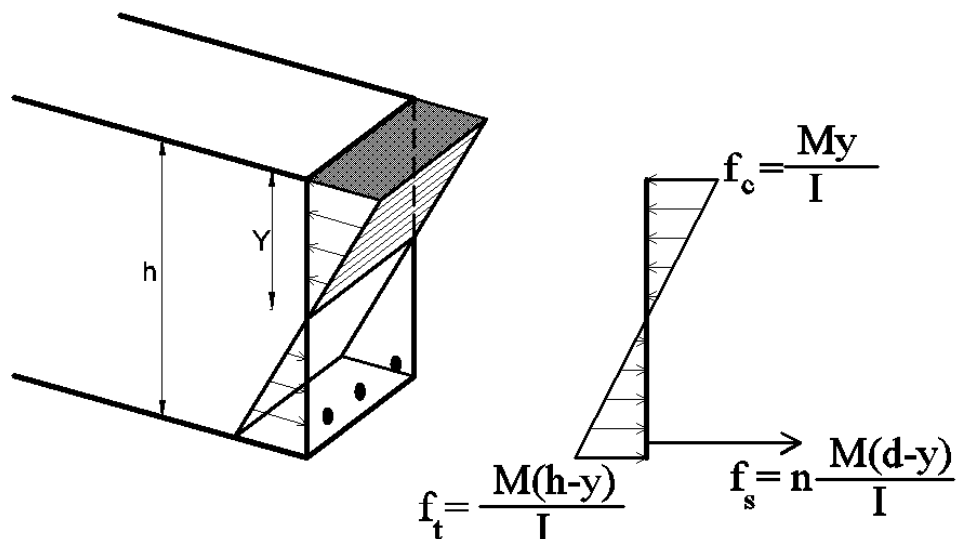
سه عامل مقاوم اصلی در خمش؟

نمودار لنگر انحنای چیست؟

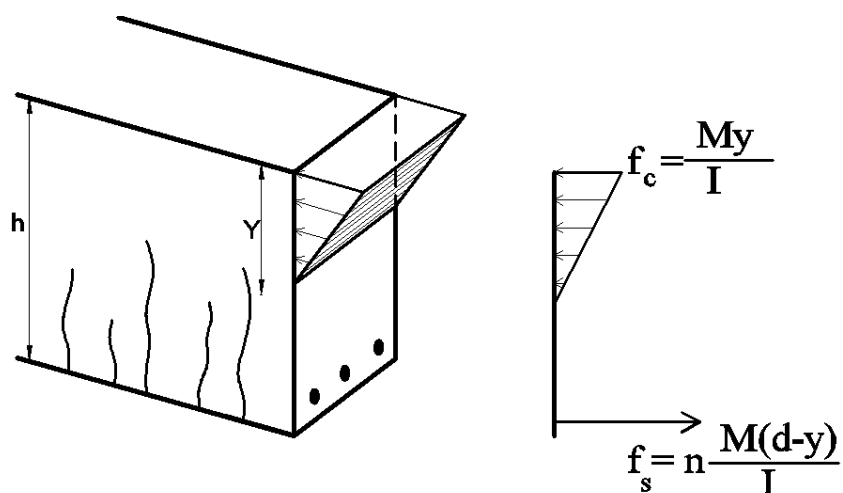


سه فاز مختلف در نمودار لنگر انحنای چیست؟

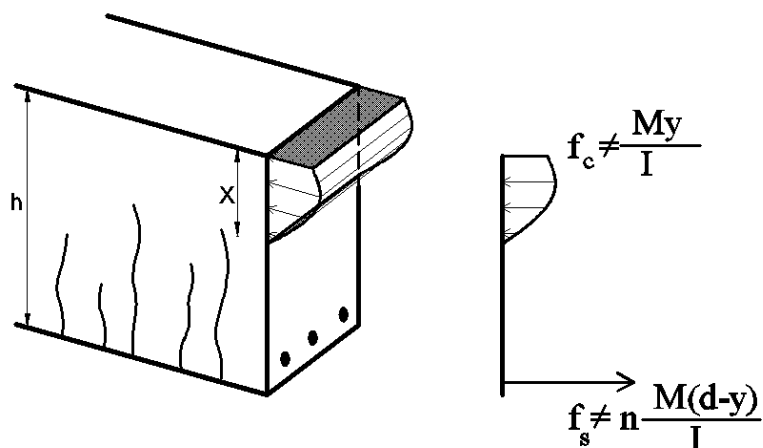
مشخصات فاز یک (الاستیک):



مشخصات فاز دو (الاستوپلاستیک):

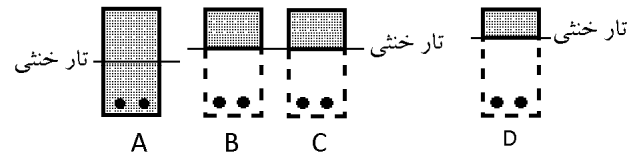
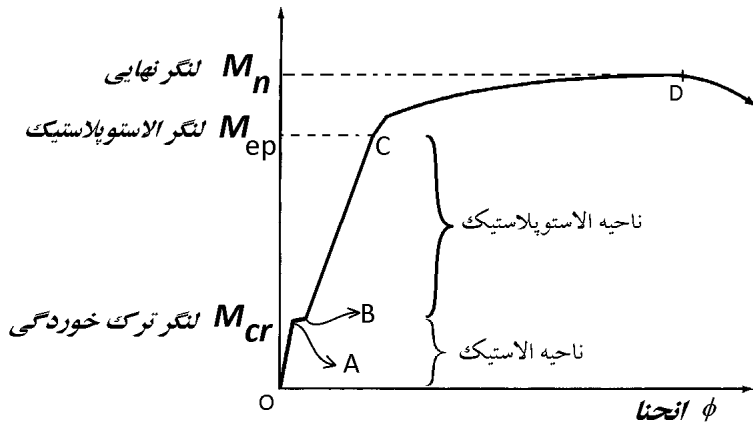


مشخصات فاز سه (پلاستیک):



ضوابط مقاومت مصالح در کدام نواحی صادق است؟

بررسی محل تار خنثی:



در انتقال از نقطه A به نقطه B

- ۱- ممان اینرسی مقطع به شدت کاهش می یابد.
- ۲- تنش فولادهای کششی به شدت افزایش می یابد.
- ۳- تار خنثی به سمت بالا حرکت می کند.

اگر مقطع در فاز یک باشد، آیا با افزایش لنگر محل تار خنثی تغییر می کند؟

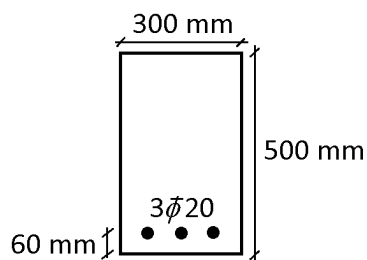
با عبور از فاز یک به فاز دو تار خنثی چه تغییری می کند؟

اگر مقطع در فاز دو باشد، آیا با افزایش لنگر محل تار خنثی تغییر می کند؟

مثال: در مقطع بتنی شکل زیر محل تار خنثی و ممان اینرسی مقطع را در دو حالت بیابید:

۱- مقطع در ناحیه الاستیک قرار دارد.

۲- مقطع در ناحیه الاستوپلاستیک قرار دارد.

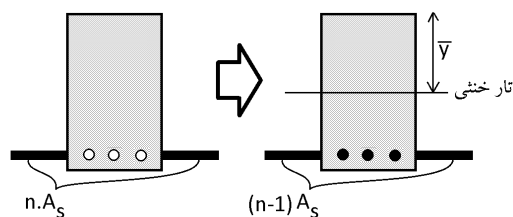


$$E_s = 2 \times 10^5 \text{ MPa}$$

$$E_c = 2 \times 10^4 \text{ MPa}$$

$$n = \frac{E_s}{E_c} = 10$$

$$A_s = 3 \times 3.14 \times 10^2 = 942 \text{ mm}^2$$



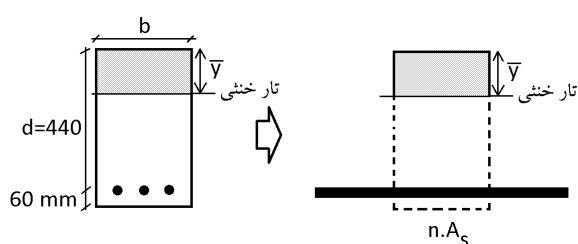
$$\bar{y} = \frac{\sum Ay}{\sum A} = \frac{(bh) \times \frac{h}{2} + (n-1) \times A_s \times (440)}{bh + (n-1) \times A_s} = 260.16$$

$$\bar{y} = \frac{\sum Ay}{\sum A} = \frac{(500 \times 300) \times 250 + (10-1) \times 942 \times 440}{500 \times 300 + (10-1) \times 942} = 260.16$$

$$I = \left(\frac{bh^3}{12} + A(260.16 - 250)^2 \right) + (n-1)A_s(440 - 260.16)^2$$

$$I = \frac{300 \times 500^3}{12} + 300 \times 500 \times 10.16^2 + 9 \times 942 \times 179.84^2$$

$$I = 3.415 \times 10^9 \text{ mm}^2$$



$$\bar{y} = \frac{\sum Ay}{\sum A} = \frac{(\bar{y} \times b) \times \frac{\bar{y}}{2} + nA_s d}{(\bar{y} \times b) + nA_s} \rightarrow \bar{y}^2 + \frac{2nA_s}{b} \bar{y} - \frac{2nA_s d}{b} = 0$$

$$\bar{y}^2 + \frac{2 \times 9 \times 942}{300} \bar{y} - \frac{2 \times 9 \times 942 \times 440}{300} = 0$$

$$\bar{y} = 132 \text{ mm}$$

$$I = \frac{1}{3} b \bar{y}^3 + nA_s (d - \bar{y})^2$$

$$I = \frac{300 \times 132^3}{3} + 10 \times 942 \times (440 - 132)^2 = 1.124 \times 10^9 \text{ mm}^2$$

سراسری ۹۰

۱۲۰- مهم‌ترین عامل غیرخطی بودن رفتار تغییر شکل کوتاه مدت تیر بتن آرمه تحت بار سرویس کدام است؟

(۱) رفتار غیرخطی بتن

(۲) وقوع ترک در بتن

(۳) استفاده از آرماتور در بتن

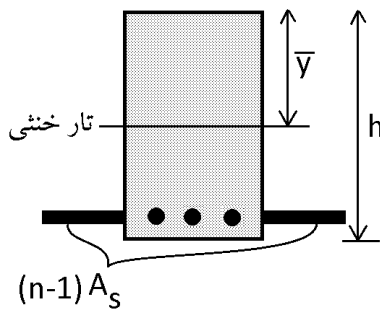
(۴) پارامترهای ثانویه از جمله خزش و جمع‌شدگی

گزینه ۲:

۱-۳- لنگر ترک خوردگی مقطع

دو روش داریم: ۱- روش دقیق ۲- روش تقریبی

روش دقیق: در روش ابتدا باید محل تار خنثی و نیز ممان اینرسی مقطع محاسبه شود و سپس با استفاده از رابطه زیر مقدار لنگر ترک خوردگی بدست آید:



$$\frac{M_{cr}(h - \bar{y})}{I} = f_r$$

$$\rightarrow M_{cr} = \frac{f_r I}{h - \bar{y}}$$

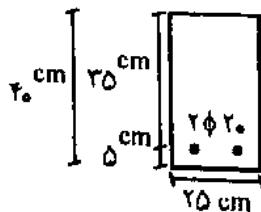
روش تقریبی:

$$M_{cr} = \frac{f_r \frac{bh^3}{12}}{\frac{h}{2}} = f_r \frac{bh^2}{6}$$

حداکثر لنگر خمشی اسمی که مقطع روبرو می تواند تحمل کند بدون آنکه ترک خمشی در آن رخ دهد،

(مهندس عمران آزاد ۸۰)

چيست؟



$$f_r = 400 \text{ kg/cm}^2 \text{ تنش تسلیم فولاد}$$

$$f'_c = 21 \text{ kg/cm}^2 \text{ مقاومت ۲۸ روزه سیلندری بتن}$$

$$f_r = 42 \text{ kg/cm}^2 \text{ تنش مقاومت گسیختگی بتن (rupture)}$$

$$w = 240 \text{ kg/cm}^3 \text{ وزن مخصوص بتن یعنی بتن معمولی است.}$$

(۲) نزدیک به ۹ تن متر

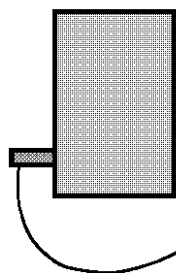
(۱) نزدیک به ۳ تن متر

(۴) نزدیک به ۶ تن متر

(۳) نزدیک به ۲ تن متر

تقریبی:

$$M = (42) \times \frac{I}{c} \rightarrow M = 42 \times \frac{(25 \times 40^3 / 12)}{20} = 280000 \text{ kg.cm} = 2.8 \text{ t.m.}$$



تقریبی:

$$A' = (n-1)A_s = \left(\frac{2 \times 10^5 \text{ MPa}}{5000 \sqrt{21}} - 1 \right) \times 2 \times 3.14 = 48.53 \text{ cm}^2$$

$$\bar{y} = \frac{(25 \times 40) \times 20 + A' \times 5}{25 \times 40 + A'} = 19.3 \rightarrow I = \frac{25 \times 40^3}{12} + (25 \times 40) \times 0.7^2$$

$$+ A' \times (19.3 - 5)^2 = 143747$$

$$\frac{M_c}{I} < 42 \rightarrow M < \frac{42 \times 143747}{19.3} = 312817.3 \text{ kg.cm} = 3.1 \text{ t.m.}$$

نکته: تحت بارگذاری عادی (بارگذاری سرویس، بارگذاری حالت بهره‌برداری) مقاطع تیرها تنها ترک می‌خورند یعنی لنگر ترک خوردگی بسیار کمتر از لنگرهای عادی در تیرها هستند.

(مهندس عمران ۸۶)

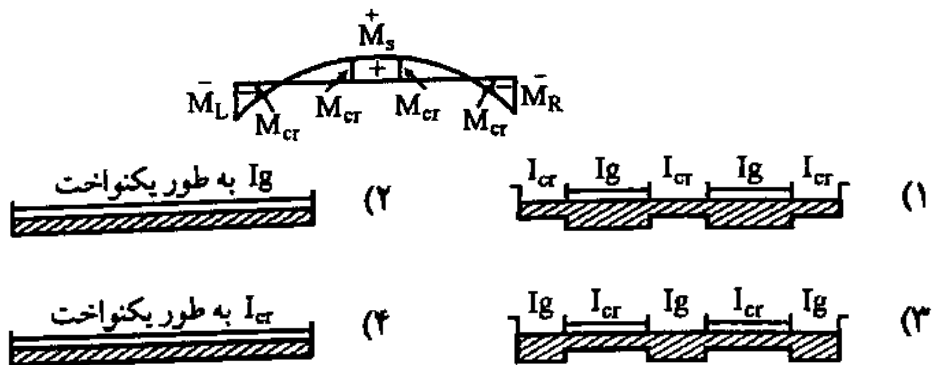
۱- در اکثر تیرهای بتن آرمه لنگر ترک‌دهندگی:

- (۱) کمی کمتر از لنگر مقاوم نهایی است. (۲) درصد کمی از لنگر مقاوم نهایی است.
(۳) درصد زیادی از لنگر مقاوم نهایی است. (۴) حدوداً نصف لنگر مقاوم نهایی است.

گزینه ۲. لنگر لازم برای ترک خوردن مقطع بتنی آنقدر کم است که تیرهای عادی حتی تحت اثر وزن خودشان نیز ترک می‌خورند (چه برسه به اینکه وزن سقف رو هم بهش اعمال کنیم). به طوریکه لنگر ترک خوردگی در تیرهای عادی حتی کمتر از ۱۰٪ لنگر نهایی مقاوم نهایی مقطع است.

۲۲- در شکل زیر دیاگرام میان خمشی یک دهانه از تیر یکسره تحت تأثیر بارهای سرویسی (بدون ضریب) نشان داده شده است. اگر میان ترک‌خوردگی تیر برابر M_{cr} ، میان اینرسی کل مقطع بتنی با صرف‌نظر از آرما تودر برابر I_g و میان اینرسی مقطع ترک خورده تیر برابر I_{cr} باشد، کدام گزینه تغییرات میان اینرسی در طول دهانه تیر را بهتر نشان می‌دهد؟

(مهندس عمران ۷۷)



گزینه ۱. در تیرهای دو سر مفصل همه جا لنگر داریم و تنها در دو انتهای تیر که مفصل است لنگر صفر است. و بنابراین در این تیرها تحت بارهای سرویس گزینه ۴ صحیح است یعنی همه جا ترک می‌خورد. ولی در تیرهای یکسره که دوانتها مفصل نیست و اتصال گیردار داریم، در دو انتها لنگر منفی داریم و در وسط لنگر مثبت. و در قسمتهایی از تیر نیز لنگر صفر است (نقطه عطف) که در شکل مشخص است. و بنابراین در این قسمتها تیر ترک نمی‌خورد. و گزینه ۱ صحیح است.

تمرین:

(مهندس عمران ۷۷)

۳۳- در اکثر تیرهای بتن آرمه لنگری که باعث ایجاد نخستین ترک می‌شود:

- (۱) درصد کمی از لنگر مقاوم نهایی است. (۲) حدوداً نصف لنگر مقاوم نهایی است.
(۳) کمی کمتر از لنگر مقاوم نهایی است. (۴) هیچکدام

گزینه ۱

تمرین:

۲۶- وقتی که بارهای حداکثر سرویس (بهره‌برداری) به یک تیر بتن آرمه وارد می‌شود لنگر حداکثر ایجاد شده در تیر:

(مهندس عمران ۷۴)

- (۱) بیشتر از لنگر ترک خوردگی است.
(۲) کمتر از لنگر ترک خوردگی است.
(۳) خیلی کمتر از لنگر ترک خوردگی است.
(۴) برابر لنگر ترک خوردگی است.

گزینه ۱. بارهای سرویس یعنی (Dead Load + Live Load) و یا بارهای مرده و زنده بدون ضریب افزایش بار. و همانطور که در تست قبلی گفتیم تیرها تحت این بارها ترک می‌خورند.

سراسری ۹۱

۱۲۱- وضعیت یک تیر بتن آرمه با مقطع مستطیلی به عرض ۳۰۰ میلی‌متر و عمق کل ۴۰۰ mm با مقدار فولاد کششی و فشاری

یکسان و مقاومت فشاری بتن برابر ۲۵ مگاپاسکال تحت لنگر خمشی ضریب‌دار بار مرده به میزان ۳۰ kN.m چگونه

می‌باشد؟ (مدول گسیختگی بتن برابر $0.6\sqrt{f_c}$ و ضریب بار مرده ۱/۲۵ فرض شود).

فشاری

(۱) تیر ترک خورده است و میلگردها در باربری مشارکت می‌کنند.

(۲) تیر ترک خورده و در آستانه مقاومت نهایی قرار دارد.

(۳) تیر در آستانه ترک خوردگی قرار دارد.

(۴) تیر ترک نخورده است و در حالت بهره‌برداری به صورت ارتجاعی عمل می‌کند.

$$M_{cr} = \frac{I_g (0.6\sqrt{f_c})}{\gamma} = \frac{(300 \times 400^3 / 12) \times (0.6\sqrt{25})}{200} = 24 \times 10^6 \text{ N.m} = 24 \text{ kN.m.}$$

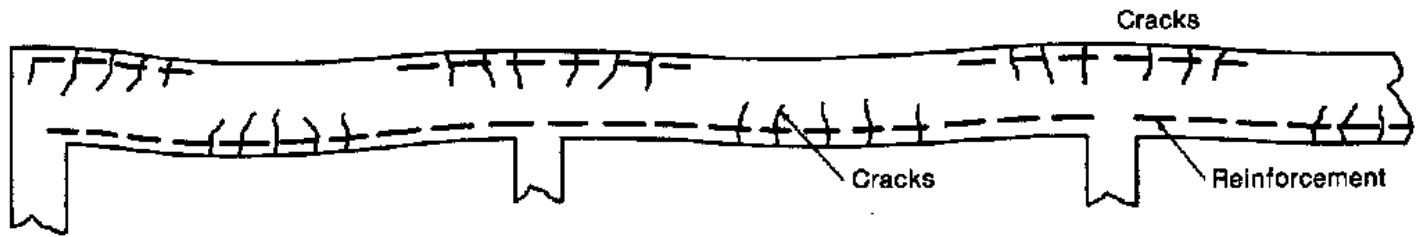
کنترل ترک خوردگی باید با بار کمتر بدین ضریب انجام شود:

$$M_u = 30 \rightarrow M = \frac{30}{1.25} = 24 \text{ kN.m.}$$

بدون ضریب
(بهره‌برداری)

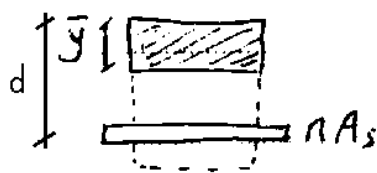
بنابراین تیر در آستانه ترک خوردگی قرار دارد. (گزینه ۳)

۲-۳- ناحیه الاستوپلاستیک (فاز ۲)



نحوه محاسبه لنگر الاستوپلاستیک:

۱- محاسبه محل تار خنثی ($\bar{y} = ?$):



$$\bar{y} = \frac{\sum Ay}{\sum A} = \frac{(\bar{y} \times b) \times \frac{\bar{y}}{2} + nA_s d}{(\bar{y} \times b) + nA_s}$$

$$\bar{y}^2 + \frac{2nA_s}{b} \bar{y} - \frac{2nA_s d}{b} = 0$$

۲- محاسبه ممان اینرسی مقطع:

$$I = \frac{1}{3} b \bar{y}^3 + nA_s (d - \bar{y})^2$$

۳- کنترل تنش در فولاد و بتن:

$$\left(f_c = \frac{M \bar{y}}{I} \right) < 0.5 f'_c \rightarrow M < \frac{0.5 f'_c I}{\bar{y}}$$

$$\left(f_s = n \frac{M (d - \bar{y})}{I} \right) < F_y \rightarrow M < \frac{F_y I}{n (d - \bar{y})}$$

زمانی که در یک تیر بتن مسلح مستطیلی، بتن ترک خورده باشد اما کرنش حداکثر فشاری در بتن محدود

به ۰/۵ در هزار و کرنش حداکثر در فولاد محدود به حد تسلیم باشند، می توان گفت که:

(۱) محل محور خنثی تابع تغییرات لنگر خمشی نیست و ثابت است. (مهندس عمر (آ.آ.د) ۸۶)

(۲) هرچه لنگر خمشی بیشتر باشد، محل محور خنثی به تارهای فشاری نزدیک تر است.

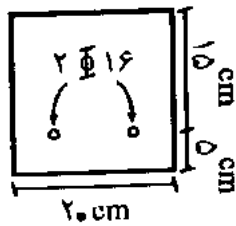
(۳) هرچه لنگر خمشی بیشتر باشد، محل محور خنثی به فولادهای کششی نزدیک تر است.

(۴) در مورد تغییر محل محور خنثی نمی توان قضاوت کرد و با افزایش لنگر خمشی ممکن است محور خنثی به بالا یا پایین حرکت کند که تابع عوامل مختلفی نظیر درصد فولاد و مقاومت بتن و تنش

تسلیم فولاد می باشد.

گزینه ۱

تیر بتن مسلحی که در شکل زیر نشان داده شده است تحت اثر خمش خالص بدون نیروی محوری قرار دارد. حداکثر لنگر اسمی (*nominal*) که این مقطع می‌تواند تحمل کند بدون آنکه بتن در فشار و یا فولاد در کشش وارد بخش رفتار غیرخطی شوند، چه مقدار است؟
(مهندسی عمران آزاد آ) (۸۱)



$$f_y = 4000 \text{ kg/cm}^2$$

$$f'_c = 225 \text{ kg/cm}^2$$

(۱) حدود ۱/۶ تن متر

(۲) حدود ۱/۸ تن متر

(۳) حدود ۲/۱ تن متر

(۴) حدود ۲/۴ تن متر

$$n = \frac{2 \times 10^5}{5000 \sqrt{22.5}} = 8.43$$

$$nA_s = 8.43 \times 2 \times \pi \times 8^2 = 3390 \text{ mm}^2$$

$$x(200) \times \frac{x}{2} = 3390 \times (150 - x) \rightarrow x = 56.3 \text{ mm}$$

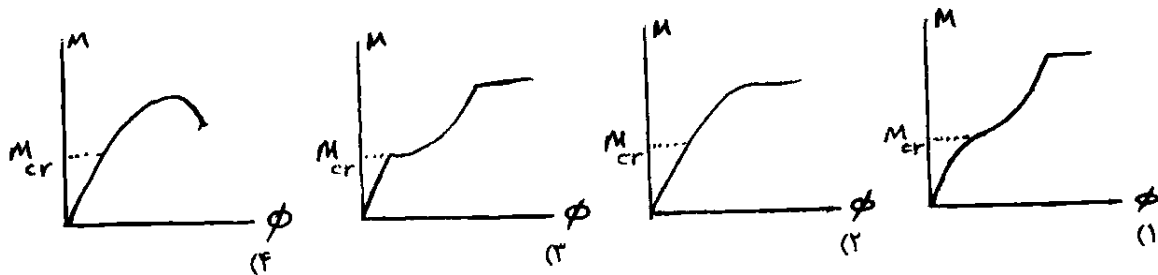
$$I = 3390 \times (150 - 56)^2 + \frac{1}{3} (200 \times 56^3) = 4.166 \times 10^7$$

$$M < \frac{0.5 f'_c I}{56.3} \cong 8.3 \times 10^6 \text{ N.mm} = 0.83 \text{ t.m}$$

$$M < \frac{f_y I}{n(150 - 56.3)} \cong 21 \times 10^6 \text{ N.mm} = 2.1 \text{ t.m}$$

سراسری ۹۲

۱۱۴- کدام گزینه، تغییرات لنگر انحنای یک تیر بتنی از شروع بارگذاری را نشان می‌دهد؟



گزینه ۳.

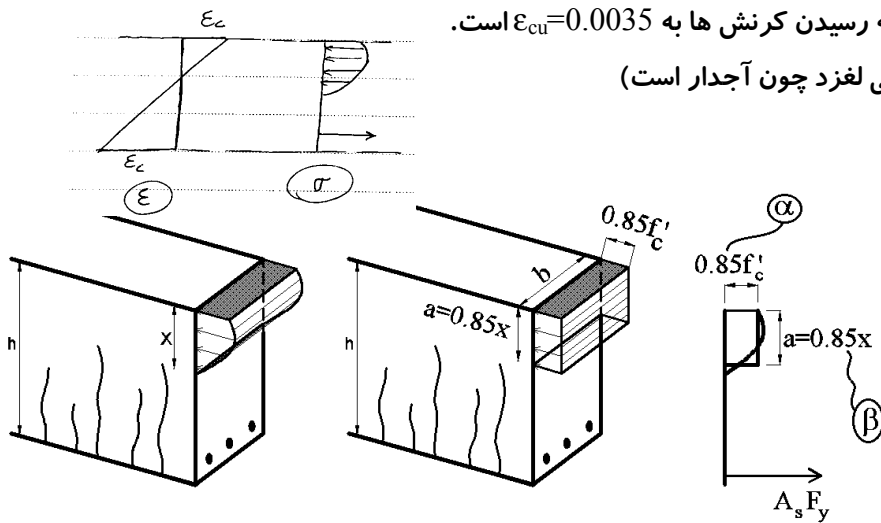
پس از ترک خوردگی، سختی خمشی به شدت کاهش یافته و شیب نمودار کاهش می‌یابد و گزینه‌های ۲ و ۴ نادرست می‌باشند. قبل از ترک خوردگی مقطع کاملاً خطی عمل می‌کند و شیب نمودار باید به صورت خط راست باشد (گزینه ۱ نادرست است).

۳-۳- لنگر نهایی مقطع (فاز ۳)

آیا ضوابط مقاومت مصالح صادق است؟

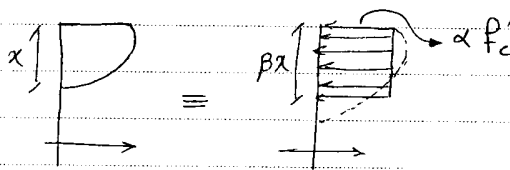
فرضیات اساسی:

- ۱- اصل برنولی: مقاطع قبل و بعد از خمش مسطح باقی می مانند. (در تیرهای عمیق با $\frac{h}{L_n} > 4$ این فرض صحیح نیست)
- ۲- معیار خرابی بتن رسیدن به f'_c نیست!!! بلکه رسیدن کرنش ها به $\epsilon_{cu} = 0.0035$ است.
- ۳- فولاد و بتن پیوسته هستند (فولاد در بتن نمی لغزد چون آجدار است)



چون تنش خطی نیست باید از معادل سازی آن استفاده کنیم.

روش دینی (روش متغیر معادل)



طول و عرض مستطیل را طوری انتخاب می کنیم که

معمولاً در شرایط داده می شود

۱. مساحت زیر آن برابر مساحت زیر نمودار واقعی باشد.

۲. مرکز سطح آن برابر مرکز سطح نمودار واقعی باشد.

$$\alpha = \beta = 0.18$$

آرین نام ندم

$$\alpha = 0.18 - 0.0018 f'_c$$

$$\beta = 0.97 - 0.0028 f'_c$$

کشین نام
چوهر

$$f_c = 28 \text{ mpa} \rightarrow \left. \begin{matrix} \alpha = 0.18 \\ \beta = 0.9 \end{matrix} \right\} \rightarrow \begin{matrix} A_c = \alpha \beta x f'_c \\ A_c = 0.172 \alpha f'_c \end{matrix}$$

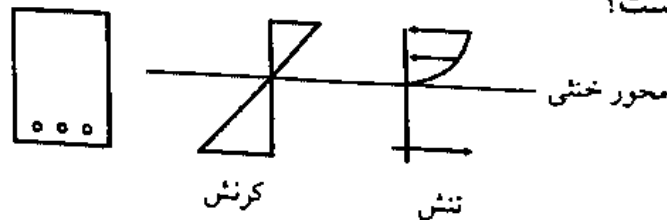
$$\left. \begin{matrix} \alpha = 0.18 \\ \beta = 0.18 \end{matrix} \right\} \rightarrow A_c = 0.172 \alpha f'_c$$

۶- با توجه به تئوری خمش بتنی آرمه، دلیل استفاده از بلوک تنش مستطیلی معادل برای توزیع تنش فشاری در بتن، کدام است؟
(مهندس عمران ۸۱)

- (۱) ارتفاع این بلوک تنش مستطیلی معادل برابر است با موقعیت تار خشی در مقطع
- (۲) این توزیع مقدار تنش واقعی مشاهده شده در آزمایشات است.
- (۳) با توجه به توزیع یکنواخت تنش کششی در فولاد، این توزیع برای انتخاب شده است.
- (۴) این توزیع معادل برای منظور نمودن اثرات تنش واقعی (نیروی فشاری بتن و نقطه اثر آن) پاسخی با دقت کافی ارائه می دهد.

گزینه ۴. همانگونه که در متن اشاره شد بلوک معادل دو ویژگی اساسی دارد. اول اینکه مساحت زیر آن برابر مساحت زیر منحنی واقعی می باشد، علت: تا نیروی فشاری بلوک برابر نیروی فشاری سهمی واقعی باشد. دوم اینکه مرکز سطح مستطیل (که وسط آن است) بر مرکز سطح سهمی واقعی منطبق باشد، علت: تا برابری یا همان محل اثر بلوک مستطیلی با محل اثر نیروی ناشی از تنش های واقعی یکسان باشد.

دیاگرام های تنش - کرنش مربوط به مقطع بتن مسلح شکل زیر که تحت لنگر خمشی خالص قرار دارد، مطابق شکل زیر رسم شده اند. اگر این دیاگرام ها مربوط به لنگر خمشی نهایی اسمی (nominal) مقطع باشند، کدام گزینه صحیح است؟
(مهندس عمران آزاد ۸۱)



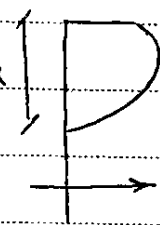
- (۱) دیاگرام تنش اشتباه است ولی دیاگرام کرنش صحیح است.
- (۲) هم دیاگرام تنش و هم دیاگرام کرنش هر دو اشتباه اند.
- (۳) دیاگرام تنش صحیح است ولی دیاگرام کرنش اشتباه است.
- (۴) هم دیاگرام کرنش و هم دیاگرام تنش صحیح می باشند.

گزینه ۱. دیاگرام کرنش در همه حالات بارگذاری (چه ناحیه خطی و چه ناحیه غیرخطی) به صورت خطی در نظر گرفته می شود (به تعریف اصل برنولی در داخل متن مراجعه شود) و بنابراین دیاگرام کرنش صحیح است. دیاگرام تنش گرچه شبیه دیاگرام واقعی است ولی باید دقت شود که در دیاگرام تنش، تنش ماکزیمم در بالاترین تار اتفاق نمی افتد، بلکه به علت رفتار غیرخطی بتن، تنش ماکزیمم کمی پایین تر از تار فوقانی مقطع می باشد (به شکل صحیح دیاگرام تنش در داخل جزوه دقت کنید). بنابراین دیاگرام تنش صحیح نیست.

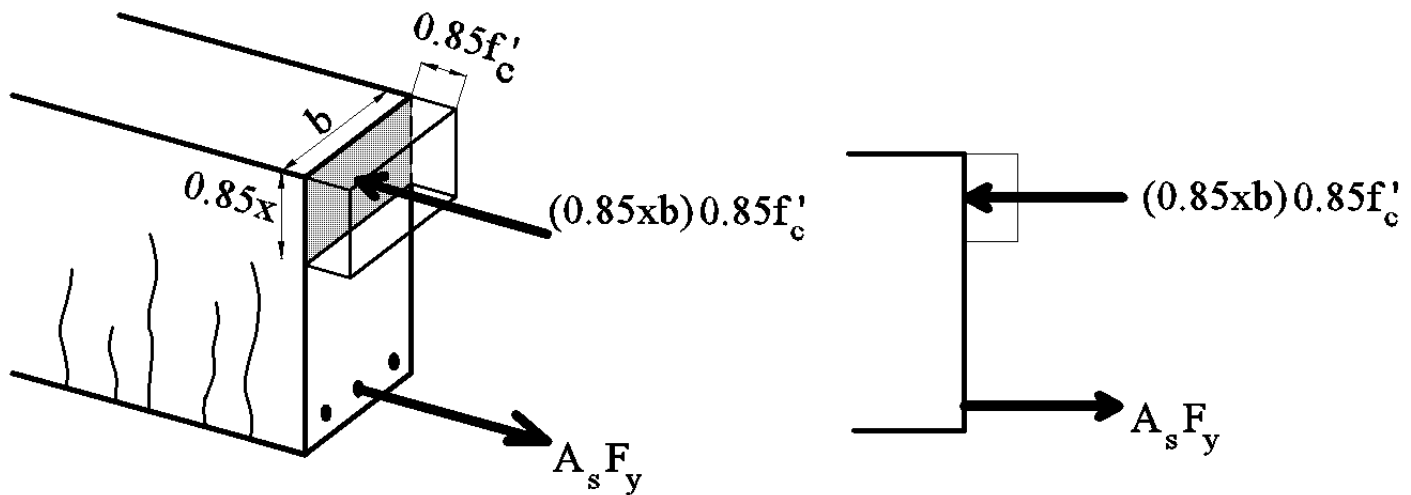
۱۰- در طراحی مقاطع بتن آرمه تحت خمش، در کدامیک از حالات زیر، نمودار کرنشها به صورت خطی در نظر گرفته می شود؟
(مهندس عمران ۷۹)

- (۱) حالات حدی (۲) مقاومت نهایی (۳) تنش های مجاز (۴) هر سه روش مذکور
- گزینه ۴. دیاگرام کرنش در همه حالات بارگذاری (چه ناحیه خطی و چه ناحیه غیرخطی) به صورت خطی در نظر گرفته می شود (اصل برنولی)

۳-۴- تار خشی در مقاطع کم فولاد

تار خشی
 $x \leftarrow$ ارتفاع تار خشی (نقطه ای که مقطع نه تحت فشار است نه تحت کشش)


✓ فولاد و بتن مانند دو یاری کشش و فشار عمل می کنند \leftarrow چون
 فشار حاصل از بررسی می کنیم، نیروی فشاری بتن (C) همیشه برابر کشش فولاد (T) خواهد بود $C=T$



$$C = T \rightarrow A_s F_y = (0.85x)(b)(0.85f'_c)$$

$$x = \frac{A_s F_y}{0.85^2(b)(f'_c)}$$

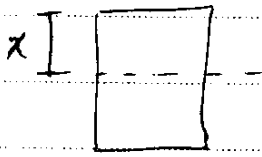
بررسی عوامل مؤثر در ارتفاع x :

✓ هر چه بتن قوی تر باشد \leftarrow فولادها بیشتر تسلیم می شوند $\leftarrow x \downarrow$ (کاهش می یابد)
 نزد تر تسلیم می شوند.

افزایش
 $x \uparrow \leftarrow$ فولادها دیرتر تسلیم می شوند $\leftrightarrow f_y \uparrow$ کاهش
 $x \downarrow \leftarrow$ $f'_c \uparrow$
 $x \uparrow \leftarrow$ " " " $\leftrightarrow A_s \uparrow$ (میل دگشتی) $x \downarrow \leftarrow$ $b \uparrow$ (عرض مقطع)

هرچه بتن قوی تر باشد تار خشی را به طرف خودش می کشد .
 هرچه فولاد قوی تر باشد تار خشی را به طرف خودش می کشد .

نکته: تصور از بحث تار خشی ، α مه باشد



آزاد ۸۹

۱۳۱- کدام گزینه در مورد مقطع تیر بتنی با فولاد کششی تحت اثر لنگر خمشی مثبت صحیح می باشد؟

۱) با افزایش مقاومت مشخصه بتن، محور خشی به سمت فولاد کششی نزدیک می شود.

۲) با کاهش میلگرد مقطع، محور خشی به سمت دورترین تار فشاری بتن حرکت می کند.

۳) با تبدیل میلگردهای مقطع از نوع AII به AIII، محور خشی در ناحیه پلاستیک به سمت بالا حرکت می کند.

۴) در هر وضعیت بارگذاری، توزیع تنش فشاری غیر خطی در بتن ایجاد می شود.

گزینه ۲ صحیح است: با کاهش سطح مقطع فولاد، فولاد ضعیف شده و تار خشی از آن (از فولادها) دور شده به سمت بتن می رود. (همیشه تار خشی به سمتی که قوی تر کنیم حرکت می کند)

گزینه ۱ نادرست است: با افزایش مقاومت بتن، قسمت فشاری را قوی کرده ایم و تار به سمت قسمت فشاری (بتن) کشیده می شود و از فولاد کششی دور می شود.

گزینه ۳ نادرست است: با این تبدیل فولاد قوی تر می شود و در نتیجه تار به سمت فولاد کشیده شده و از بتن دور می شود (به سمت پایین می آید).

گزینه ۴: در صورتی که لنگر وارده به مقطع کم باشد به طوریکه تنش در بتن از $0.45f'_c$ فراتر نرود، توزیع تنش در بتن خطی خواهد بود.

سراسری ۹۳

۱۱۹- در صورتی که بتوان منحنی تنش - کرنش بتنی با مقاومت مشخصه 40 MPa

را در محدوده $0 < \epsilon < 0.003$ با معادله

$$f_c(\epsilon) = -4.5 \times 10^6 \epsilon^2 + 2.5 \times 10^4 \epsilon$$

α_1 برای تبدیل بلوک تنش فشاری واقعی وارد بر مقطع به بلوک تنش مستطیلی

معادل به ارتفاع $0.75x$ که در آن x ارتفاع تار خشی از بالای مقطع می باشد،

چقدر است؟ (کرنش تار انتهایی فشاری درست قبل از خرابی 0.003 فرض

می گردد)

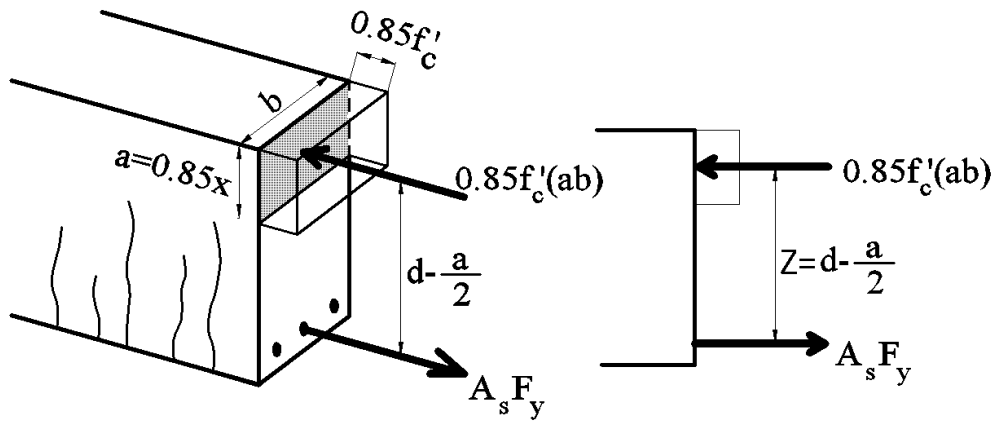
۰٫۷۲ (۲)

۰٫۷۵ (۱)

۰٫۸۵ (۴)

۰٫۸ (۳)

۳-۵- ظرفیت خمشی مقطع کم فولاد



$$C = T \rightarrow A_s F_y = (a)(b)(0.85f'_c)$$

$$a = \frac{A_s F_y}{0.85(b)(f'_c)}$$

$$x = \frac{a}{0.85} = \frac{A_s F_y}{0.85^2(b)(f'_c)}$$

$$M_n = A_s F_y Z = A_s F_y \left(d - \frac{a}{2} \right) = A_s F_y \left(d - \frac{A_s F_y}{2 \times 0.85(b)(f'_c)} \right)$$

$$M_n = A_s F_y d \left(1 - 0.59 \rho \frac{F_y}{f'_c} \right)$$

$$M_r = A_s (\phi_s F_y) d \left(1 - 0.59 \rho \frac{(\phi_s F_y)}{(\phi_c f'_c)} \right)$$

$$M_r = A_s F_y d \left(1 - 0.59 \rho \frac{F_y d}{f'_c d} \right)$$

نکته: اگر ظرفیت خمشی اسمی مقطع خواسته شود، در هیچ یک از مراحل محاسبه ظرفیت از ضرایب کاهش ظرفیت نباید استفاده کنیم. یعنی ϕ_c و ϕ_s را برابر یک در نظر می گیریم.

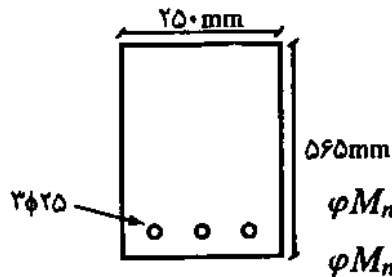
ظرفیت خمشی مقطع؟

لنگر خمشی مقاوم مقطع؟

ظرفیت اسمی مقطع؟

لنگر خمشی اسمی مقطع؟

(مهندس عمران آ (اد ۸۴))



$$\phi M_n = 105 \text{ kNm} \quad (2)$$

$$\phi M_n = 225 \text{ kNm} \quad (4)$$

ظرفیت خمشی تیر زیر چقدر است؟

$$d = 500 \text{ mm}$$

$$f_x = 20 \text{ Mpa}$$

$$f_y = 400 \text{ Mpa}$$

$$\phi M_n = 204 \text{ kNm} \quad (1)$$

$$\phi M_n = 184 \text{ kNm} \quad (3)$$

$$A_s = 3 \times \pi 12.5^2 = 1472 \text{ mm}^2$$

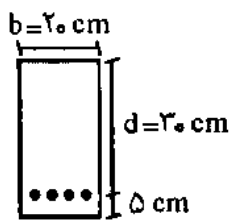
دقیق:

$$M_r = A_s F_{yd} d \left(1 - 0.59 \rho \frac{F_{yd}}{f'_{cd}} \right)$$

$$= 1472 (0.85 \times 400) \times 500 \left(1 - 0.59 \times 0.012 \times \frac{0.85 \times 400}{0.65 \times 20} \right) = 203903252 \text{ N.mm} = 204 \text{ kN.m}$$

تقریبی:

$$M_r = A_s F_{yd} d \times 0.85 = 1472 (0.85 \times 400) \times 500 \times 0.85 = 212 \text{ kN.m}$$

اگر مقاومت تسلیم کششی فولاد $f_y = 420 \text{ kg/cm}^2$ و مقاومت فشاریروژه سیلندری بتن $f'_c = 21 \text{ kg/cm}^2$ و مقدار فولاد کششی برابر با $\rho = 0.005$ باشد، در آن صورت ظرفیت نهایی اسمی خمشی مقطع شکل

(مهندس عمران آ (اد ۸۰))

روبرو برابر است با چه مقداری؟

(۲) نزدیک به ۴ تن - متر

(۱) نزدیک به ۲ تن - متر

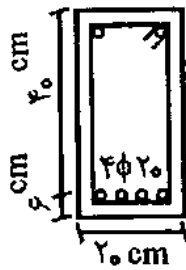
(۴) نزدیک به ۲/۵ تن - متر

(۳) نزدیک به ۵ تن - متر

$$M_n = A_s f_y d \left(1 - 0.59 \rho \frac{F_y}{f'_c} \right) = 35569800 = 3.6 \text{ t.m.}$$

0.005x300x200 420 21 300 21

$$M_n = A_s f_y \times 0.9d = (0.005 \times 200 \times 300) \times 420 \times 0.9 \times 300 = 34020000 = 3.4 \text{ t.m.}$$



مقاومت خمشی مقطع مقابل برابر است با: $f_y = 3000 \text{ kg/cm}^2$

(مهندسی عمران آ (اد ۸۱)

و $f'_c = 250 \text{ kg/cm}^2$

(۲) $10/06$ تن متر

(۱) $12/06$ تن متر

(۴) $16/06$ تن متر

(۳) $14/06$ تن متر

روش ۱

$$\phi = \frac{4 \times 314}{400 \times 200} = 0.0157 \rightarrow M_r = A_s (\phi f_y) d \left(1 - 0.59 \phi \frac{\phi f_y}{f'_c} \right) \leftarrow \text{فصل}$$

$$= 4 \times 314 \times 0.85 \times 300 \times 400 \times \left(1 - 0.59 \times 0.0157 \times \frac{0.85 \times 300}{0.65 \times 25} \right) = 109545615 \text{ N.mm} = 11 \text{ t.m.}$$

روش تقریبی

$$M_r = A_s (\phi f_y) \times 0.85 d = 108895200 \text{ N.mm}$$

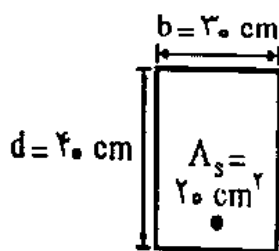
4×314 (for A_s)
 0.85 (for ϕ)
 300 (for f_y)
 400 (for d)

ACI

$$M = 0.9 M_n = 0.9 \times A_s f_y d \left(1 - 0.59 \phi \frac{f_y}{f'_c} \right)$$

$$= 0.9 \times 3.14 \times 3000 \times 40 \left(1 - 0.59 \times 0.0157 \times \frac{3000}{250} \right) = 1205700 \text{ kg.cm} = 12.06 \text{ t.m.}$$

۱۶- تیر بتن مسلح به عرض 30 cm و عمق مؤثر 40 cm را در نظر بگیرید. اگر تنش جاری شدن فولاد $f_y = 3000 \text{ kg/cm}^2$ فرض شود، و مقاومت فشاری بتن $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ باشد ظرفیت خمشی مقطع برابر M_u محاسبه شده است. حال اگر مقاومت فشاری بتن از 210 kg/cm^2 به 560 kg/cm^2 (۲/۶۶ برابر) افزایش یابد، ظرفیت خمشی حدوداً چقدر خواهد شد؟



(۱) $2/6 M_u$

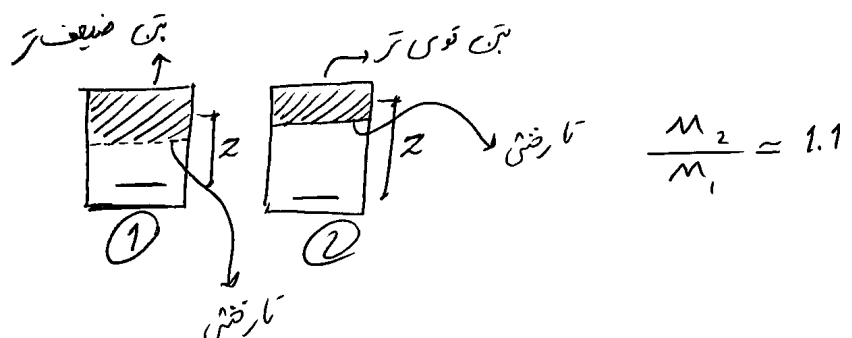
(۲) $2 M_u$

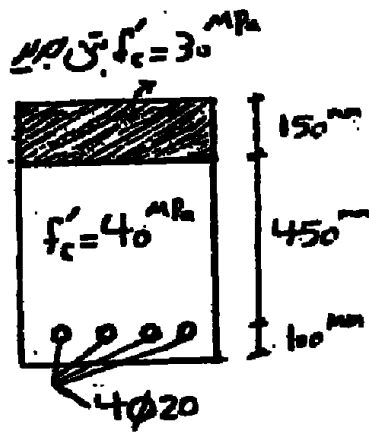
(۳) $1/5 M_u$

(۴) $1/1 M_u$

گزینه ۴. با توجه به فرمول $M = (A_s)(F_y)(Z)$ مقاومت خمشی بستگی به سه پارامتر اصلی دارد: ۱- A_s ۲- F_y ۳- Z

در تست فوق پارامترهای اول و دوم ثابت است. وقتی مقاومت بتن افزایش می یابد، تار خنثی را به سمت خود می کشد و Z افزایش می یابد. ولی تغییرات ناچیز است و با چند برابر کردن مقاومت بتن تنها حدود ۱۰ درصد افزایش می یابد.





۱۳۱- مقطع تیر بتن آرمه با ابعاد 400 x 550 میلیمتر موجود می باشد. برای تقویت مقاومت خمشی آن به ضخامت ۱۵ سانتیمتر بتن با مقاومت فشاری 30 مگاپاسکال ($f'_c = 30 \text{ Mpa}$) روی آن اجرا شده است. نسبت مقاومت خمشی مقطع در حالت جدید به حالت قدیم نزدیک به کدام گرفته است؟ (تنش فشاری بتن به صورت بلوک مستطیلی فرض شود) ($f_y = 400 \text{ Mpa}$)

(۱) بتن به ضرایب اطمینان دارد.

(۲) ۱/۳

(۳) ۱/۱

(۴) ۱/۰

$$\begin{aligned} \text{ارتفاع مرکز مقطع} & \frac{600}{450} \text{ برابر شود} \rightarrow d \rightarrow \times 1.33 \\ \text{مقاومت بتن} & \frac{30}{40} \text{ برابر شود} \rightarrow f'_c \rightarrow \times 0.75 \end{aligned}$$

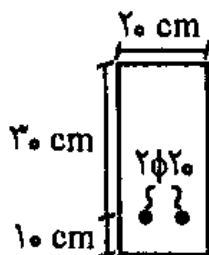
$$\Rightarrow M \rightarrow \times 1.3$$

(مهندس عمران آزاد ۸۹)

۵۰- ظرفیت نهایی خمشی مقطع شکل روبرو چه مقدار است؟

$$f_y = 4000 \text{ kg/cm}^2 \text{ (تنش تسلیم فولاد)}$$

$$f'_c = 200 \text{ kg/cm}^2 \text{ (تنش مقاومت ۲۸ روزه بتن)}$$



(۱) حدود ۹ تن متر

(۲) حدود ۳ تن متر

(۳) حدود ۱۲ تن متر

(۴) حدود ۶ تن متر

$$\rho = \frac{2 \times 314}{300 \times 200} = 0.01$$

گفته صد راسم از روش تقریب استفاده می کنیم

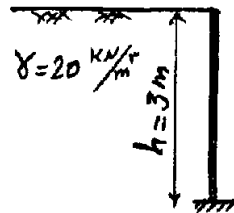
$$\rightarrow M = 2 \times 314 (0.85 \times 400) \times 0.85 \times 300 = 54447600 \text{ N.mm} = \boxed{5.4 \text{ t.m}}$$

$$M_h = A_s 0.85 \times f_y d \left(1 - \frac{1}{2 \times 0.85} \times \frac{0.85 \times 400}{0.65 \times 20} \times 0.01 \right) = 54201230 \text{ N.mm}$$

\swarrow 2×314 \swarrow 400 \swarrow 300

سراسری ۹۳

۱۱۷- دیوارهای حائل بتن آرمه زیرزمین برای مقابله با فشار جانبی خاک مورد استفاده قرار می‌گیرند. در شکل زیر یک دیوار حائل بتن آرمه نشان داده شده است. اگر عملکرد طره‌ای برای این دیوار فرض شود و فشار جانبی خاک به صورت $\sigma_h = \gamma h$ بر روی آن اثر کند و تمامی ضرایب بار برابر واحد فرض شود با فرضیات زیر مقدار فولاد طولی مورد نیاز برای واحد عرض این دیوار چند میلی‌متر مربع است؟



$\phi_s = 1$ (ضریب کاهش مقاومت فولاد)
 مگا پاسکال $f_y = 400$ (تنش تسلیم فولاد)
 میلی‌متر $50 =$ مقدار پوشش آرماتور تا مرکز سطح
 میلی‌متر $300 =$ ضخامت دیوار
 عمق مؤثر دیوار $Z = 0.9 \times$ (بازوی لنگر مقاوم در دیوار)

- | | |
|----------|---------|
| ۴۰۰ (۲) | ۶۰۰ (۱) |
| ۱۲۰۰ (۴) | ۸۰۰ (۳) |

آزاد ۸۸

۱۲۲- در شرایط یکسان بودن سطح مقطع، ارتفاع و عمق مؤثر مقاطع نشان داده شده و با فرض استفاده از روش ویتنی (بلوک تنش معادل) مقدار فولاد کدام مقطع تحت لنگر خمشی مثبت بیشتر می‌باشد؟ (کلیه خصائص مصالح مقاطع یکسان است).



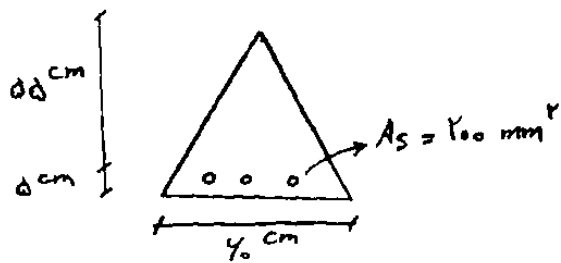
بهتر است ابتدا این سوال را مطرح کنیم که اگر مقدار مساحت فولاد در تمام مقاطع برابر باشد ($A_s = \text{ثابت}$)، کدام مقطع لنگر بیشتری را تحمل می‌کند؟

از آنجا که $M = A_s F_y Z$ ، تنها عامل تعیین کننده Z است یعنی وقتی فولاد مقاطع مختلف برابر باشد، هر مقطعی که Z (بازوی) بزرگتری داشته باشد قوی تر است. گزینه ۱ بیشترین Z را خواهد داشت. چون مساحت بتن فشاری آن از همه بیشتر است و در نتیجه:

مساحت بتن فشاری $\uparrow \Leftarrow$ بازوی \uparrow (به سمت بتن فشاری می‌رود) $\Leftarrow Z$ افزایش می‌یابد.

پس هر مقطعی که بتن فشاری بیشتری دارد (یعنی بیشتر مساحت بتن در قسمت فشاری آن قرار گرفته) قوی تر است (به ترتیب ۱، ۲، ۳ و ۴ قوی هستند). در واقع در مقطع ۳ از آنجا که قسمت پایین (کششی) ترک می‌خورد بیخودی در پایین بتن قرار دادیم و قسمت بیشتر بتن هدر می‌رود!

حال برگردیم به تست! از آنجا که وضعیت مقطع ۱ از همه بهتر است، برای تحمل یک لنگر ثابت نسبت به بقیه مقاطع می‌توان در آن مساحت فولاد کمتری قرار داد. و در مقطع ۳ باید فولاد بیشتری قرار دهیم تا بتواند همان لنگر را تحمل کند (گزینه ۳ صحیح است).



(۱) تقریباً ثابت می ماند.

(۲) ۵۰ درصد

(۳) کمتر از ۵۰ درصد

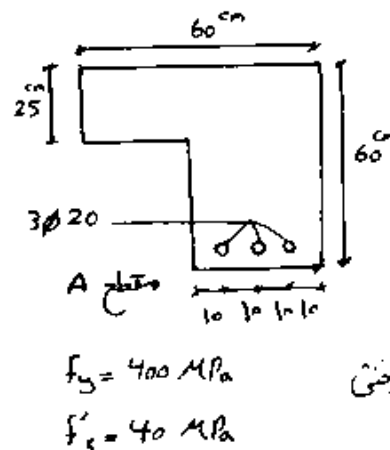
(۴) بیش از ۵۰ درصد

۱۰۳- در مقطع زیر با فرض جاری شدن میلگرد، اگر سطح مقطع فولاد نصف شود، مقاومت خمشی چند درصد کاهش می یابد؟

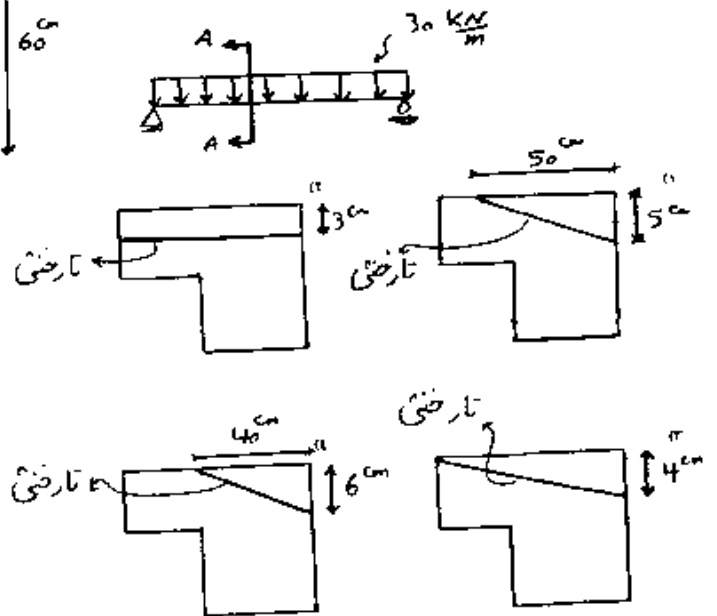
$f_y = 3000 \frac{kg}{cm^2}$ و $f_c = 200 \frac{kg}{cm^2}$

۱٪ کاهش A_s \rightarrow ۰.۵۵ \rightarrow ۰.۵ \rightarrow A_s

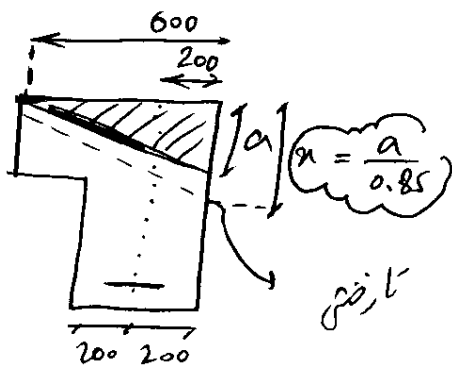
آزاد ۸۸



۱۳۳- تارخشی در مقطع شکل تیر دوسر مفصل مقابل کدام گزینه است؟ (با فرض جاری شدن فولاد کششی و ترک خوردگی بتن در کشش)



نکته: برای اینکه خمش خالص یکطرفه داشته باشیم، محل اثر نیروهای کششی (فولادها) و محل اثر نیروهای فشاری (بتن) باید در زیر هم (راستای قائم) قرار گیرند و از آنجا مرکز هندسی فولادها در ۲۰۰ میلیمتری از سمت راست قرار گرفته است، مرکز هندسی بتن نیز مطابق شکل باید از لبه راست ۲۰۰ میلیمتر فاصله داشته باشد و در نتیجه عرض بتن فشاری ۶۰۰ میلیمتر است.



$$\frac{\alpha \times 600 \times (0.85 \times 40)}{2} = 3 \times 314 \times 400 \rightarrow \alpha = 36.9 \text{ mm}$$

$$\rightarrow n = \frac{\alpha}{0.85} = 43.46 \text{ mm}$$

سوال: مقاومت خمشی اسمی تیر فوق؟

$$M_n = A_s f_y \left(d - \frac{\alpha}{2} \right) = 3 \times 314 \times 400 \times \left(550 - \frac{37}{2} \right) = 506482 \text{ N.m} = 0.05 \text{ t.m.}$$

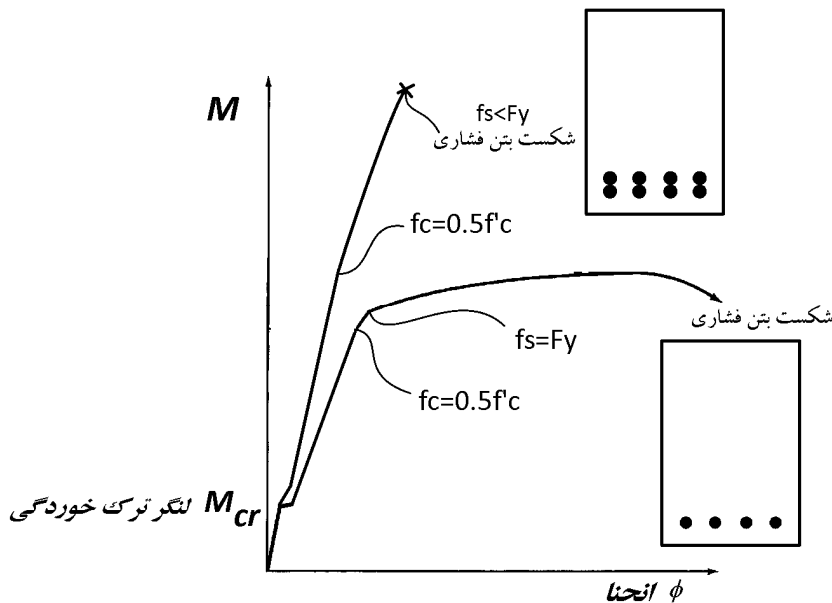
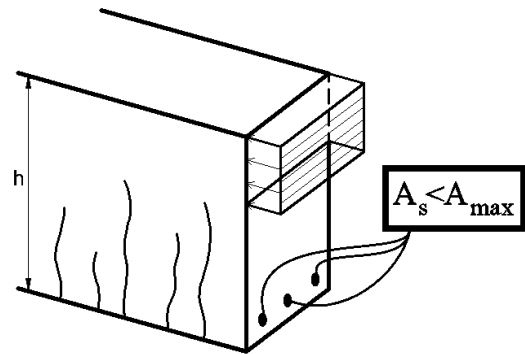
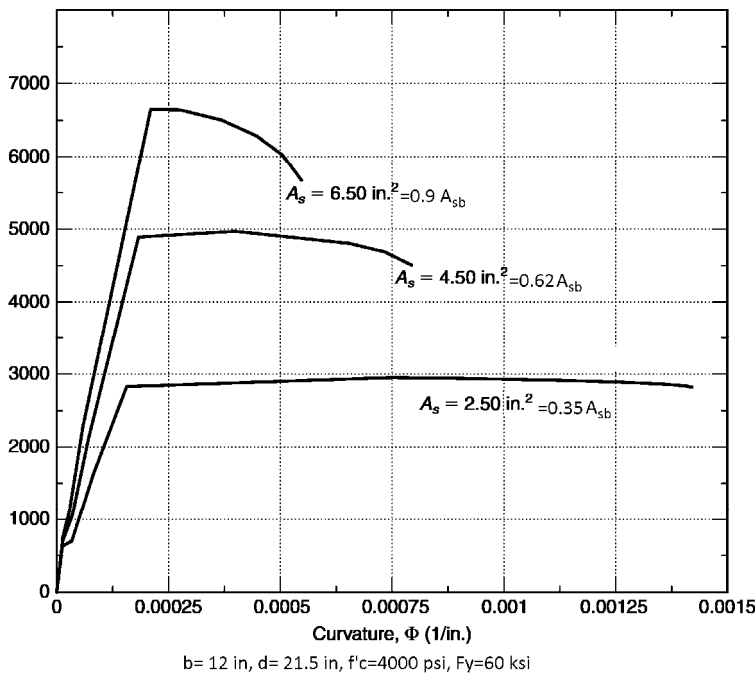
۳-۶- حداکثر فولاد کششی مجاز در تیرها - آرماتور بالانس

در نمودار شکل زیر:

۳- نقطه خرابی بتن فشاری؟

۲- نقطه خرابی فولاد کششی؟

۱- نقطه خرابی بتن کششی؟

۲- اگر مقدار A_s به بیش از 6.5 in^2 افزایش یابد، شکل نمودار چهارم چگونه خواهد بود؟

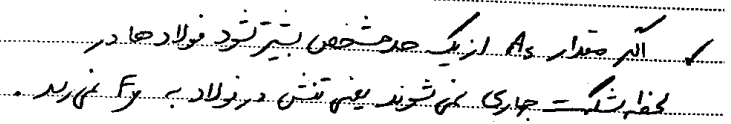
در شکل فوق به دلیل پر فولاد بودن دیوار، میلگردها تسلیم نشده اند.

پس از لنگر ترک خوردگی دو حالت داریم:

- ① مساحت فولاد کششی زیاد بوده و تنگی بتن خرد می شود. بدون اینکه فولاد تسلیم شود.
- ② مساحت فولاد کم بود و ابتدا فولاد تسلیم شده سپس بتن خرد می شود.

* مقطع حالت اول را مقطع پر فولاد می نامند. ← این نام مجاز نمی داند

* دوم "کم فولاد" ← شکلی بنورتر



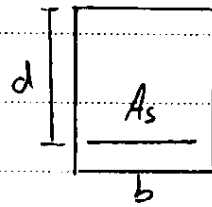
$\epsilon_y = \frac{F_y}{E}$

* مقطع کم فولاد و آیین نامه مقطع کم فولاد را اجباری می کند *

$$\left(\frac{\sqrt{f_c'}}{f_y}, \frac{I_1 K}{f_y} \right) < \frac{A_s}{b d} < \rho_b \Rightarrow \underline{\text{مقطع کم فولاد}}$$

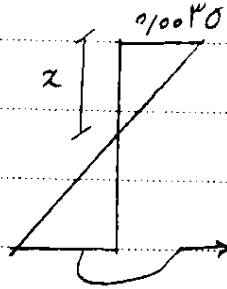
$$\frac{A_s}{b d} > \rho_b \Rightarrow \text{مقاطع پر فولاد}$$

تعیین کنید. $(A_{sb} = ?)$



مثال: مقدار فولاد بالایی را برای

۱. با ضریب α



$$\epsilon_y = \frac{F_y}{E} = \frac{F_y}{2 \times 10^5 \text{ mpa}}$$

$$\alpha = \frac{0.0030}{0.0030 + \frac{F_y}{2 \times 10^5}} d = \frac{700}{700 + F_y} d$$

مقدار بری $C = T$

۲. $C = T$

$$\left. \begin{aligned} C &= (\beta x) b \cdot \alpha f'_c \\ T &= A_s \cdot F_y \end{aligned} \right\} \rightarrow A_s = \frac{(\alpha \beta) (x b) f'_c}{F_y}$$

$$\rho_b = \frac{A_{sb}}{b \cdot d} = \frac{\alpha \cdot \beta (x b) f'_c}{b \cdot d F_y}$$

جایگزینی α $\rightarrow \rho_b = \frac{\alpha \beta f'_c}{F_y} \left(\frac{700}{700 + F_y} \right)$

برای طراحی باید از f'_{cd} و F_{yd} استفاده کنیم.

$$\rho_b = \alpha \beta \frac{f'_{cd}}{F_{yd}} \left(\frac{700}{700 + F_y} \right) \text{ mpa}$$

$$f_y = 400 \rightarrow \epsilon_y = \frac{\epsilon_{00}}{2 \times 10^5} = 0.002$$

اگر نخواهیم ضرایب اطمینان را وارد کنیم به جای f'_c $f'_{cd} = 0.75 f'_c$

به جای F_y $F_{yd} = 0.85 F_y$

آیین نامه جدید: علاوه بر رعایت رابطه فوق، درصد فولاد در مقطع نباید از مقدار $\rho = 0.025$ بیشتر شود. یعنی:

$$\rho_{max} = \min \left\{ \alpha \beta \frac{f'_{cd}}{F_{yd}} \left(\frac{700}{700 + F_y} \right), 0.025 \right\}$$

۳۱- در یک مقطع خمشی منظور از حالت بالانس (متعادل) چیست؟

(مهندس عمران ۷۶)

(۱) بین نیروی فشاری بتن و نیروی کششی فولاد تعادل برقرار باشد.

(۲) هنگامی که بتن فشاری به تغییر شکل نهایی خود می‌رسد فولاد کششی نیز به تغییر شکل نهایی خود برسد.

(۳) هنگامی که بتن فشاری به تغییر شکل نهایی خود می‌رسد فولاد کششی به تغییر متناظر با مقاومت تسلیم مشخصه برسد.

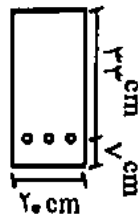
(۴) هیچکدام

گزینه ۳

۵۷- درصد فولاد متوازن ρ_b برای مقطع زیر چه مقدار است؟

$$f'_c = 420 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_y = 4000 \text{ kg/cm}^2$$

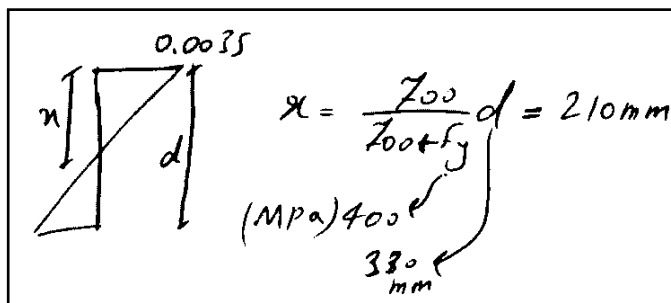


۰/۰۴۰۶ (۴)

۰/۰۰۴۱ (۳)

۰/۰۳۸۶ (۲)

۰/۰۴۵۶ (۱)



گام ① ← $x = 210 \text{ mm}$

$$C = T \Rightarrow (\alpha_B)(x_b)42 = A_s \times 400$$

گام ② ←



α_B را از جدول ضرایب برای $\rho = 0.85$ (از نظر گریه) ←

$$0.85^2 \left(\frac{210 \times 200}{x_b} \right) \times 42 = A_s \times 400 \rightarrow A_s = 3186.22 \text{ mm}^2$$

$$\rightarrow \rho = \frac{A_s}{bd} = \frac{3186.22}{200 \times 330} = 0.0483$$

حل با آیین نامه قبلی ←

$$x = \frac{600}{600 + f_y} d = 198 \rightarrow 0.85^2 (198 \times 200) \times 42 = A_s \times 400 \rightarrow A_s = 3004 \text{ mm}^2$$

$$\rightarrow \rho = \frac{A_s}{bd} = \frac{3004}{200 \times 330} = 0.04552$$

۲۷- در مورد گسیختگی کششی (شکل پذیر) تیرهای بتنی کدامیک از گزینه‌های زیر مناسبتر است؟

(مهندس عمران ۷۴)

(۱) قبل از رسیدن بتن به کرنش گسیختگی خود، فولاد کششی به حد گسیختگی می‌رسد.

(۲) کرنش گسیختگی فولاد و بتن توأماً در یک زمان اتفاق می‌افتد.

(۳) فولاد کششی به حد جاری شدن (تسلیم) نمی‌رسد.

(۴) قبل از رسیدن بتن به کرنش گسیختگی خود، فولاد کششی به حد جاری شدن می‌رسد.

گزینه ۴

اگر $f_y = 420 \text{ kg/cm}^2$ و $f_c = 21 \text{ kg/cm}^2$ به ترتیب مقاومت‌های کششی تسلیم فولاد و فشاری ۲۸ روزه سیلندری بتن باشند، در آن صورت میزان فولاد متوازن (balanced) برابر است با:

(مهندس عمران آزاد ۸۰)

(۱) ۰/۰۳۱۲ (۲) ۰/۰۴۱۰ (۳) ۰/۰۲۱۳ (۴) ۰/۰۱۵۲

$$x_b = \frac{f_{co}}{f_{co} + f_y} d = 0.625 d \quad \leftarrow \text{گام ①}$$

$$C = T \Rightarrow (\alpha_f) \times (x_b b) f_c = A_s \times f_y \quad \leftarrow \text{گام ②}$$

$$\rightarrow 0.85^2 (0.625 d b) 21 = A_s \times 420 \rightarrow \frac{A_s}{b d} = 0.0226$$

$$x_b = \frac{600}{600 + f_y} d = 0.588 d \quad \leftarrow \text{آیین نامه قبلی}$$

$$\rightarrow 0.85^2 (0.588 d \times b) \times 21 = A_s \times 420 \rightarrow \frac{A_s}{b d} = 0.0212$$

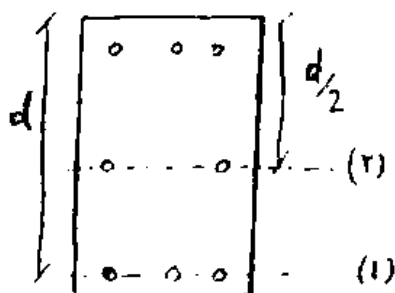
آزاد ۸۷

۱۳۱- مقطع تیر بتن آرمه نشان داده در شکل در حالت بالانس قرار دارد. نیروی کل آرماتورهای

ردیف (۱) چند برابر نیروی کل آرماتورهای ردیف (۲) می‌باشد؟

($\epsilon_{cu} = 3 \times 10^{-3}$ کرنش نهایی بتن و $\epsilon_y = 2 \times 10^{-3}$ کرنش تسلیم فولاد،

جنس و سطح مقطع کلبه آرماتورها یکسان فرض می‌گردد.)

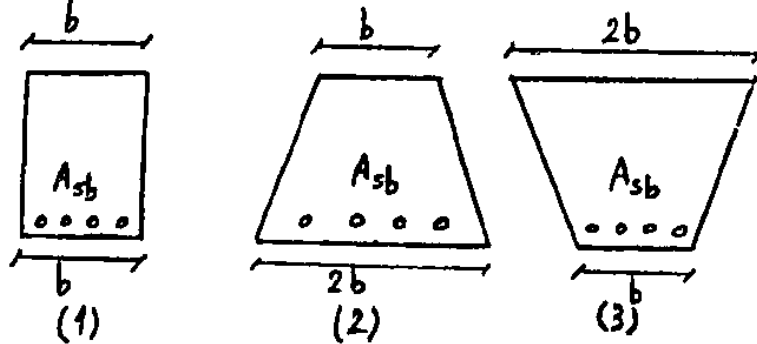


۱ (۲) ۶ (۱)

۲ (۴) ۳ (۳)

گزینه ۱

در صورتیکه فولاد متوازن مقطع با A_{sb} معرفی گردد، باتوجه به شکل، کدامیک از روابط زیر برقرار می باشد (خصوصیات مصالح و عمق مؤثر در هر سه مقطع یکسان است)؟



$$(A_{sb})_1 > (A_{sb})_2 = (A_{sb})_3 \quad (2)$$

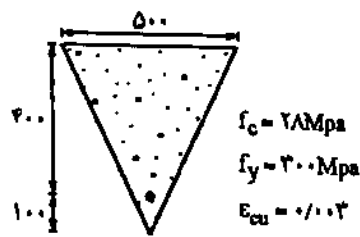
$$(A_{sb})_1 = (A_{sb})_2 = (A_{sb})_3 \quad (1)$$

$$(A_{sb})_2 > (A_{sb})_3 > (A_{sb})_1 \quad (4)$$

$$(A_{sb})_3 > (A_{sb})_2 > (A_{sb})_1 \quad (3)$$

گزینه ۳. هرچه قسمت فشاری (بتن) قوی تر شود، مقدار فولاد بالانس افزایش می یابد (فولاد کششی بیشتری می توان در پایین قرار داد). در مواردی که ارتفاع مقاطع ثابت و جنس فولاد کششی در آنها یکسان باشد (از آنجا که ارتفاع تارخشی در مقاطع یکسان خواهد بود) مقایسه اینکه کدام مقطع بتن فشاری قوی تری دارد آسانتر می شود. در سه مقطع فوق مساحت بتن فشاری در مقطع ۳ از همه بیشتر و در مقطع ۱ از همه کمتر است.

سطح فولاد متعادل، A_{sb} را برای مقطع نشان داده شده در شکل زیر محاسبه کنید: (مهمله عمران آ (۸۳))



(بر اساس آیین نامه آبا)

$$5774 \text{ mm}^2 \quad (1)$$

$$4908 \text{ mm}^2 \quad (2)$$

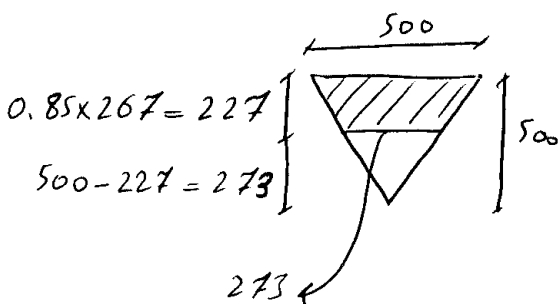
$$6793 \text{ mm}^2 \quad (3)$$

$$4172 \text{ mm}^2 \quad (4)$$

$$\mu = \frac{0.003}{0.003 + 0.0015} \times 400 = 267 \mu\text{m}$$

گفته براساس آبا ← بزرگترین فریب گاهی طرح باید منظور شود

فریب ۲۶۷ میکرومتر



$$C = T \Rightarrow \left[\left(\frac{500 + 273}{2} \right) \times 273 \right] (0.85 \times 0.6 \times 28) = 0.85 \times A_s \times 300$$

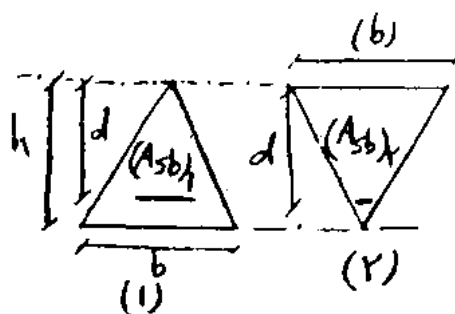
مساحت بتن

$$\Rightarrow A_s = 5322 \text{ mm}^2$$

$$C = T \Rightarrow \left[\left(\frac{500 + 273}{2} \right) \times 227 \right] (0.85 \times 0.6 \times 28) = 0.85 \times A_s \times 300 \rightarrow A_s = 4913 \text{ mm}^2$$

آیین نامه آبا

۱۳۲- با توجه به مقاطع تیر بتن آرمه نشان داده شده در شکل، فولاد متوازن مقطع (۱) چند برابر فولاد متوازن مقطع (۲) می باشد؟
 (۱) $\beta = 0.18$ ، $\epsilon_y = 2 \times 10^{-3}$ ، $\epsilon_{cu} = 3 \times 10^{-3}$ و $d = \frac{5}{6}h$ کلیه خصوصیات مصالح در هر دو مقطع یکسان است.



$$\begin{array}{ll} 1 & (1) \\ \frac{1}{2} & (2) \\ \frac{1}{3} & (3) \\ \frac{1}{4} & (4) \end{array}$$

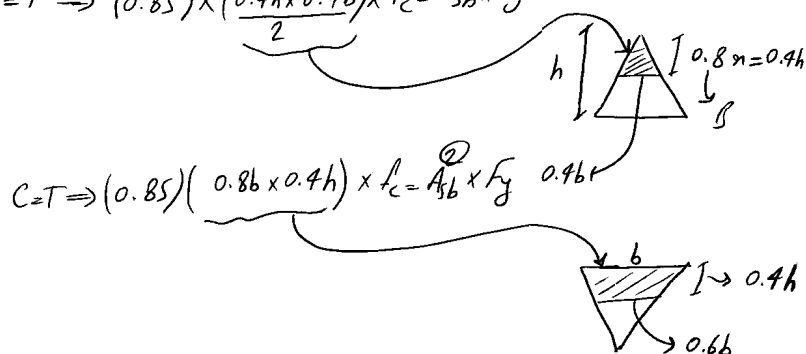
گام ۱) محاسبه α_b ← نسبت خودکار فرمول $\alpha_b = \frac{f_{0.03}}{f_{0.03} + f_y} d$ با فرض $\epsilon_{cu} = 0.0035$ نسبت آمده و جدول

مقادیر ϵ_{cu} را برابر ۰.۰۰۳ متناسب کرده باید از رابطه زیر استفاده کنیم

$$\alpha_b = \frac{0.003}{0.003 + 0.002} d = \frac{3}{5} d = \frac{3}{5} \times \frac{5}{6} h = \frac{3}{6} h = \frac{h}{2}$$

گام ۲)

$$C = T \Rightarrow (0.85) \times \left(\frac{0.4h \times 0.4b}{2} \right) \times f_c = A_{sb} \times f_y$$



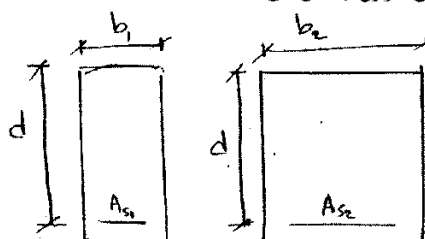
$$C = T \Rightarrow (0.85) (0.8b \times 0.4h) \times f_c = A_{sb} \times f_y$$

$$\frac{A_{sb}^1}{A_{sb}^2} = \frac{0.85 \left(\frac{0.4h \times 0.4b}{2} \right)}{0.85 (0.8b \times 0.4h)} = \frac{1}{4}$$

سراسری ۸۹

در صورتی که در دو مقطع نشان داده شده، جنس مصالح بتنی و فولادی یکسان باشد، با فرض $b_1 < b_2$ کدام حالت در مورد

نسبت ρ_{b1} صحیح است؟ (نسبت آرماتورهای متوازن (بالانس) می باشد)



نسبت ρ_{b1}

ρ_{b2}

$\frac{\rho_{b1}}{\rho_{b2}} = 1$ (۱)

$\frac{\rho_{b1}}{\rho_{b2}} < 1$ (۲)

$\frac{\rho_{b1}}{\rho_{b2}} > 1$ (۳)

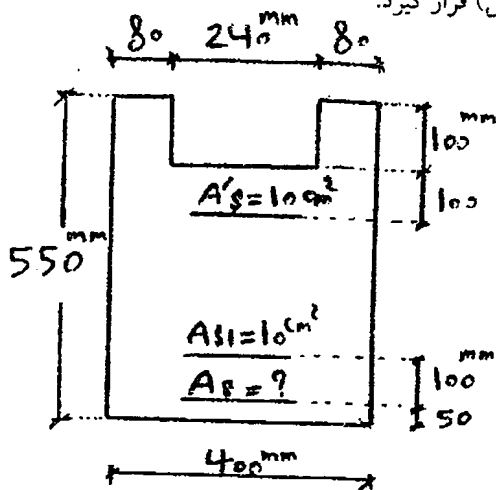
(۴) اطلاعات کافی نمی باشد.

$$(\alpha_b) (\alpha_b b) f_c = A_s f_y \rightarrow \alpha_b = \frac{(\alpha_b) \frac{\alpha_b}{d} f_c}{f_y}$$

$$\alpha_b = \frac{(\alpha_b) f_{0.03} f_c}{(f_{0.03} + f_y) f_y}$$

✓ f_b تنها به f_c ، f_y بستگی دارد.
 ولی A_{sb} به d و b بستگی دارد.

۱۳۲- در مقطع نشان داده شده مقدار A_s چقدر باشد تا مقطع در حالت متوازن (بالانس) قرار گیرد.



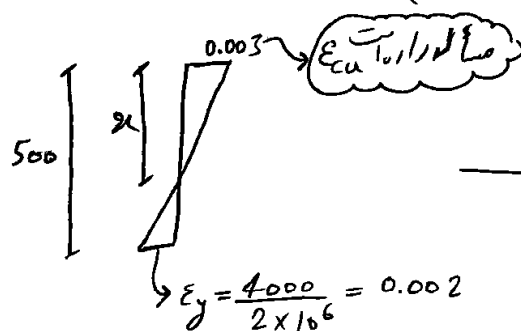
$$E_s = 2 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2 \quad \epsilon_{cu} = 0.003 \quad \beta_1 = 0.7 \quad A_{s1} = A'_s = 10 \text{ cm}^2$$

$$f_y = 4000 \text{ kg/cm}^2 \quad f'_c = 500 \text{ kg/cm}^2 \quad \phi_s = 0.85 \quad \phi_c = 0.6$$

$$30 \text{ cm}^2 \quad (\tau) \quad 20 \text{ cm}^2 \quad (\iota)$$

$$45 \text{ cm}^2 \quad (\epsilon) \quad 55 \text{ cm}^2 \quad (\tau)$$

۱۳۲ در هر قسمتی که صحبت از حالت متوازن (بالانس) بود به آن ابتدا تارفتی را بدست

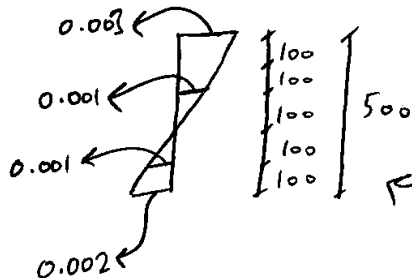


$$\rightarrow x = \frac{0.003}{0.003 + 0.002} \times 500 = 300 \text{ mm}$$

پس از یافتن x ، باید نیروی کششی و فشاری را

به دست آورده و از رابطه $C = T$ استفاده کنیم

برای این منظور باید کرنش فولاد که رابطه آوریم



$$a = x \times \beta_1 = 300 \times 0.7 = 210 \text{ mm}$$

$$C = (\text{نیروی فشاری بتن}) = \text{محتیای بتن} \times \phi_c \times (0.85 f'_c) = (21 \times 40 - 24 \times 10) \times 0.6 \times 0.85 \times 500 = 153000 \text{ kg}$$

$$(\text{نیروی فولاد فشاری}) (F_{A'_s}) = (A'_s) \times \phi_s \times 2000 = 10 \times 0.85 \times 2000 = 17000 \text{ kg}$$

$$(\text{نیروی فولاد } A_{s1}) (F_{A_{s1}}) = (A_{s1}) \times \phi_s \times 2000 = 10 \times 0.85 \times 2000 = 17000 \text{ kg}$$

$$(\text{نیروی فولاد } A_s) (F_{A_s}) = (A_s) \times \phi_s \times 4000 = 3.4 A_s$$

$$\Rightarrow C + F_{A'_s} = F_{A_{s1}} + F_{A_s} \Rightarrow 153 + 17 = 17 + 3.4 A_s \rightarrow \boxed{A_s = 45}$$

۸- مقدار فولاد A_s در تیر (مقطع شکل زیر) به اندازه‌ای است، که کرنش آن در موقع شکست خمشی تیر برابر با کرنش جاری شدن فولاد یعنی $\epsilon_y = \epsilon_s = 0.002$ می‌باشد. چنانچه بخواهیم کرنش فولاد در موقع شکست $\epsilon_s = 3\epsilon_y$ باشد، مقدار فولاد لازم تقریباً چند برابر A_s خواهد بود؟ (مهندس عمران ۸۰)

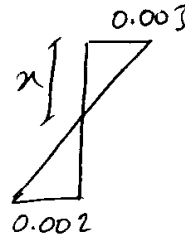


(۱) ۰/۴۵ (کرنش نهایی بتن برابر ۰/۰۰۳ اختیار شود).

(۲) ۰/۳

(۳) ۰/۵۵

(۴) ۱

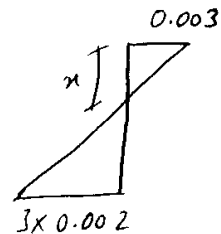


حالت اول

$$x = \frac{3}{5}d$$

$$C = T \Rightarrow (\alpha_1 f_c) \left(\frac{3}{5}db \right) f_c = A_s f_y$$

$$\rightarrow A_s = \frac{(\alpha_1 f_c) \left(\frac{3}{5}db \right) f_c}{f_y}$$



حالت دوم

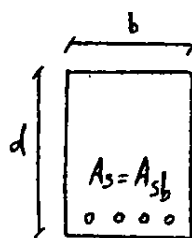
$$x = \frac{3}{9}d$$

$$(\alpha_1 f_c) \left(\frac{3}{9}db \right) f_c = A_s' f_y$$

$$A_s' = \frac{(\alpha_1 f_c) \left(\frac{3}{9}db \right) f_c}{f_y}$$

$$\Rightarrow A_s' = \frac{\frac{3}{9}}{\frac{3}{5}} A_s = \frac{5}{9} A_s = 0.55 A_s$$

آزاد ۸۶



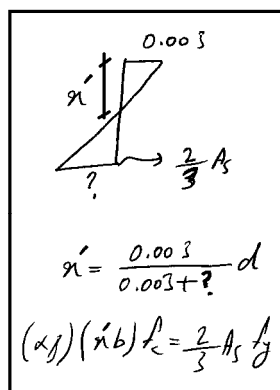
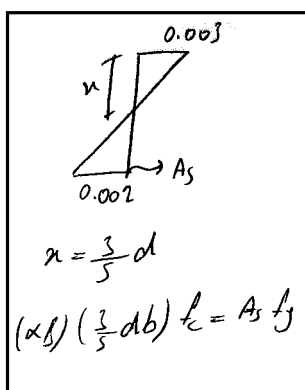
در یک تیر بتن آرمه با مقطع نشان داده شده در شکل، مقدار فولاد مقطع برابر با فولاد متوازن می‌باشد. در صورتیکه فولاد مقطع به $\frac{2}{3}$ مقدار کنونی آن کاهش یابد، کرنش آرماتورها (ϵ_s) برابر است با: ($\epsilon_{cy} = 0.002$ کرنش تسلیم فولاد، $\epsilon_{cu} = 0.003$ کرنش نهایی بتن)

$$\epsilon_s = \frac{9}{2}\epsilon_y \quad (1)$$

$$\epsilon_s = \frac{3}{2}\epsilon_y \quad (2)$$

$$\epsilon_s = \frac{9}{4}\epsilon_y \quad (3)$$

$$\epsilon_s = \frac{2}{3}\epsilon_y \quad (4)$$



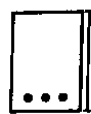
$$\rightarrow x' = \frac{2}{3} x$$

$$\Rightarrow x' = \frac{2}{3} \left(\frac{3}{5}d \right) = \frac{2}{5}d$$

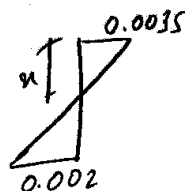
$$\frac{0.003}{0.003 + ?} d = \frac{2}{5}d \rightarrow ? = 0.0045 = \frac{9}{4} \epsilon_y$$

۱۴- در تیر شکل روبرو، در حالت مقاومت نهایی، کرنش فولاد (با سطح مقطع A_{s1}) برابر مقدار کرنش جاری شدن $\epsilon_s = \epsilon_y = 0.002$ می شود. اگر بخواهیم کرنش فولاد مقطع در حالت نهایی $\epsilon_s = 2\epsilon_y$ شود، مقدار سطح

(مهندس عمر ۷۹)

 $d = 40 \text{ cm}$ مقطع (A_{s2}) فولاد تقریباً چقدر باید باشد؟

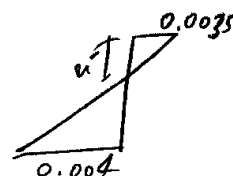
$$\begin{aligned} A_{s2} &= A_{s1} \quad (1) & A_{s2} &= 2A_{s1} \quad (2) \\ A_{s2} &= 0.5A_{s1} \quad (3) & A_{s2} &= 0.75A_{s1} \quad (4) \end{aligned}$$



طالت اتمل

$$\alpha = \frac{3.5}{5.5} d$$

$$\rightarrow \alpha f_c \left(\frac{3.5}{5.5} d b \right) = A_{s1} f_y$$



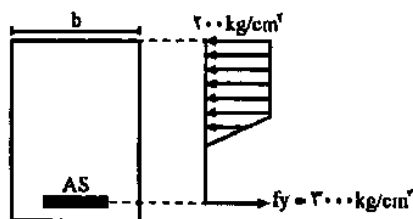
$$\alpha = \frac{0.0035}{0.0075} d$$

$$(\alpha f_c) \left(\frac{3.5}{7.5} d b \right) = A_{s2} f_y$$

$$\Rightarrow \frac{A_{s2}}{A_{s1}} = \frac{\frac{3.5}{7.5}}{\frac{3.5}{5.5}} = 0.7333$$

اگر ضیق آیین نامه قبلی با فرض $\epsilon_{cu} = 0.003$ به جای 0.0035 $\frac{A_{s2}}{A_{s1}} = \frac{\frac{3}{7}}{\frac{3}{5}} = 0.71$

۲۴- در یک مقطع مستطیلی بتن آرمه متعادل با فولاد کششی تنها، توزیع تنش فشاری بتن به صورت ذوزنقه ای با حداکثر مقدار تنش 200 kg/cm^2 مطابق شکل می باشد. اگر سطح مقطع فولاد کششی دو برابر و عرض مقطع (b) نیز دو برابر شود، مقاومت خمشی مقطع:



(۱) چهار برابر خواهد شد.

(۲) سه برابر خواهد شد.

(۳) دو برابر خواهد شد.

(۴) به نسبت $\frac{d}{b}$ تغییر خواهد کرد.

مقطع متعادل است (خود را گفته)

$$\varphi = \frac{A_s}{b d}$$

$$\varphi = \frac{2 A_s}{(2b) d} = \varphi$$

با تغییرات اعمال شده، مقطع جدید نیز متعادل خواهد بود پس فولاد جاری می شوند

$$\left. \begin{aligned} A_s \uparrow &\rightarrow M \uparrow \\ b \uparrow &\rightarrow M \uparrow \end{aligned} \right\} \rightarrow \text{2 برابر شود}$$

۱۳۴- مقاومت خمشی متوازن نهایی یک مقطع مستطیلی با فولاد کششی تنها ۴.۸ ton.m می باشد. در صورتیکه عرض مقطع ۲۵۰ mm باشد ارتفاع میز تر مقطع

$$0.85 \phi_c f'_c = 20 \text{ MPa}$$

چه مقدار است؟ ($\beta_1 = 1$)

$$\phi_s f_y = 400 \text{ MPa}$$

630 mm (۱)

300 mm (۲)

400 mm (۳)

200 mm (۴)

با توجه به اینکه گفته حالت متوازن ← برای ما داریم

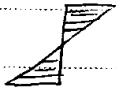
$$\kappa = \frac{f_{cu}}{f_{cu} + f_y} d = \frac{f_{cu}}{f_{cu} + \frac{400}{0.85}} d = 0.598 d$$

$$c = T \rightarrow \kappa \times 250 \times (0.85 \phi_c f'_c) = A_s \phi_s f_y \rightarrow \boxed{7.475 d = A_s}$$

$$4.8 \times 10^7 = A_s (\phi_s f_y) d \left(1 - \frac{1}{0.85 \times 2} \times \frac{\phi_s f_y}{\phi_c f'_c} \times \frac{A_s}{bd} \right) = 2990 d (d - 0.299 d) \Rightarrow d = 150 \text{ mm}$$

۷-۳- حداقل فولاد خمشی در تیرها

✓ اگر مقدار A_s از یک حد مشخص کمتر باشد ← با افزایش M ، قبل از رسیدن به M_{cr} ، ترک‌ها تنش حفری است .



به محض رسیدن به M_{cr} ، تنش (نیروی) کششی بتن حذف شده و کلی کشش را باید فولاد تحمل کند که اگر بسیار کم باشد بلافاصله خراب می‌شود .

$$M_{شای} < M_{cr}$$

فولاد باید آنقدر قوی باشد که بتواند نیروی کششی بتن را تحمل کند .

در طراحی اعضای بتنی باید مقطع ترد شکن نباشد ، در محاسبات ذکر شده در بالا مقطع بصورت ناگهانی شکست

یعنی فولاد حاد قبل از خرابی مقطع به نقطه تسلیم رسیده و تغییر شکل‌های بزرگ انجام دهند .

* مقدار حداقل فولاد براساس آیین نامه :

$$\rho = \frac{A_s}{bd} \geq \max \left\{ \frac{1.4}{F_y}, \frac{\sqrt{f'_c}}{\epsilon F_y} \right\}$$

عرض مقطع ارتفاع مؤثر مقطع

دقت شود که این ضابطه برای اعضای خمشی است و برای اعضای فشاری ضابطه دیگری داریم .

نکته : اگر مقدار فولاد محاسباتی ، $\frac{3}{4}$ فولاد موجود باشد مه‌تران این شرط را رعایت نکرد .

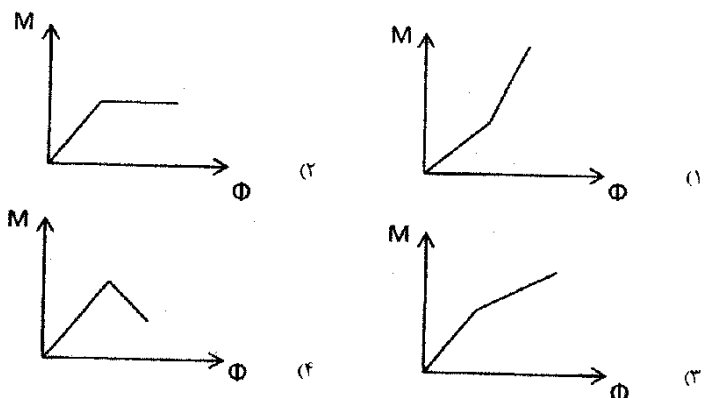
مثلاً اگر $A_{s \min} = 2 \text{ cm}^2$ است و براساس محاسبات کشش‌های مقدار A_s لازم برای مقطع 1 cm^2 است .

← مه‌تران بیش از ۱٫۳۳ برابر داد .

نکته: برای پی‌ها و دال‌ها حداقل آرماتور حرارتی باید رعایت شود .

سراسری ۸۹

منحنی لنگر - انحناء مقطع خمشی با فولاد حداقل کدام یک می‌باشد؟

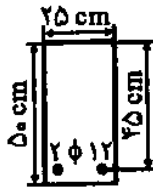


گزینه ۲

یک مقطع مستطیلی با اطلاعات زیر داده شده است. مقاومت فشاری نمونه استوانه بتنی

(مهندس عمران ۷۰)

$$f_c = 2500 \text{ kg/cm}^2 \quad f_y = 2500 \text{ kg/cm}^2$$



(۱) رفتار این تیر مانند یک تیر کم آرماتور (Under-reinforced) است.

(۲) رفتار این تیر مانند یک تیر پر آرماتور (Over-reinforced) است.

(۳) رفتار این تیر مانند یک تیر بتنی غیر مسلح است.

(۴) هیچکدام

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

مقطع بتنی غیر مسلح

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

مقطع کم فولاد

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

مقطع پر فولاد

$$\rho = \frac{2 \times 3.14 \times 0.6^2}{45 \times 25} = 0.002$$

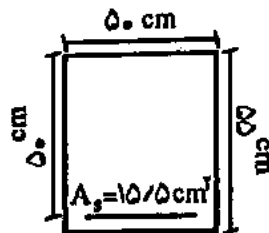
$$\rho_{min} = \rho_{max} \times \left\{ \frac{1.4}{250}, \frac{\sqrt{25}}{4 \times 250} \right\} = 0.005$$

غیر مسلح است

اگر مقطع مقابل تحت لنگر خمشی معادل 3200 kg.m قرار گیرد و در آن $f_y = 3000 \text{ kg/cm}^2$

(مهندس عمران ۷۹)

$f_c = 2500 \text{ kg/cm}^2$ باشد، مقطع:



(۱) ترک خواهد خورد

(۲) ترک نخواهد خورد

(۳) منهدم خواهد شد

(۴) مقطع مناسب عمل خواهد کرد

$$\rho = \frac{1550}{500 \times 500} = 0.0062$$

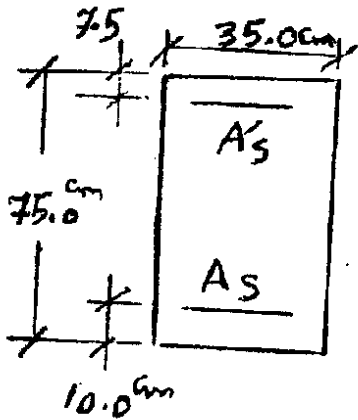
$$\rho_{min} = \rho_{max} \times \left\{ \frac{1.4}{300} = 0.0047, \frac{\sqrt{25}}{4 \times 300} = 0.0042 \right\}$$

مسلح است

$$M_{cr} = \frac{(0.6 \sqrt{25}) \times I}{c} = 0.6 \sqrt{25} \times \frac{550^2 \times 500}{6} = 7.56 \times 10^7 \text{ N.mm} = 7563 \text{ kg.m}$$

لنگر وارده (3200) از مقاومت ترک خوردگی مقطع کمتر است بنابراین مقطع ترک نمی خورد

۱۱۷- مقدار A_s (فولاد کششی) مقطع نشان داده شده، برای اینکه همزمان با رسیدن بتن به کرنش 0.003 ، فولاد فشاری به



جاری شدن برسد با فرضیات زیر، چند سانتی متر مربع است؟

- استفاده از بلوک تنش مستطیلی ویتنی

- ارتفاع بلوک $a = 0.8x$

- x فاصله از تار خنثی تا آخرین تار بتن در فشار

- تنش فشاری ماکزیمم بتن $0.85f_c$

- مبنای جاری شدن فولاد f_y

- ضرائب اطمینان مقاومت مصالح برابر با یک فرض می شوند.

$$f_c = 3500 \text{ kgf/cm}^2 \quad E_s = 2 \times 10^6 \text{ kgf/cm}^2$$

$$f_y = 42000 \text{ kgf/cm}^2 \quad A'_s (\text{فشاری}) = 9.82 \text{ cm}^2$$

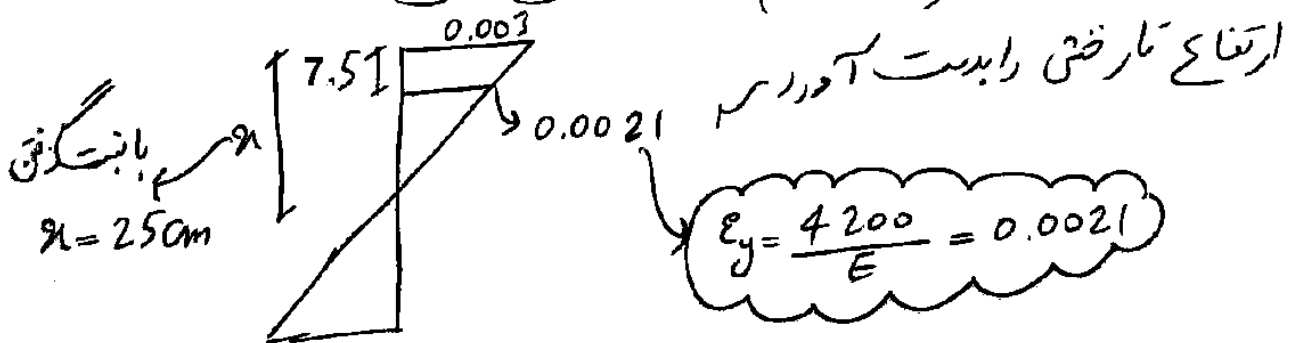
۷۰/۴۵ (۴)

۶۵/۳۴ (۳)

۵۰/۲۶ (۲)

۵۸/۷۱ (۱)

۱۱۷ گفته در لحظه خرابی ($\epsilon_c = 0.003$) آرماتور کرنش در بتن به یاری می تواند



حال ارتفاع x بدست آید، از رابطه $C = T$ استقاره می کنیم.

$$\left[0.85 \times 350 \times 35 \times 20 + 9.82 \times (4200 - 0.85 \times 350) \right] = A_s \times 4200$$

بافتگی f_c $a = 0.8x = 20 \text{ cm}$

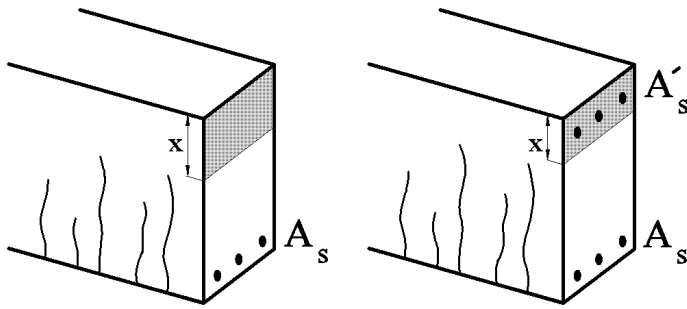
بافتگی کاهش حاصل جتنی بکند -

دور فولاد رفت، از توان f_y فولاد را با اندازه $0.85f_c$ کاهش داد

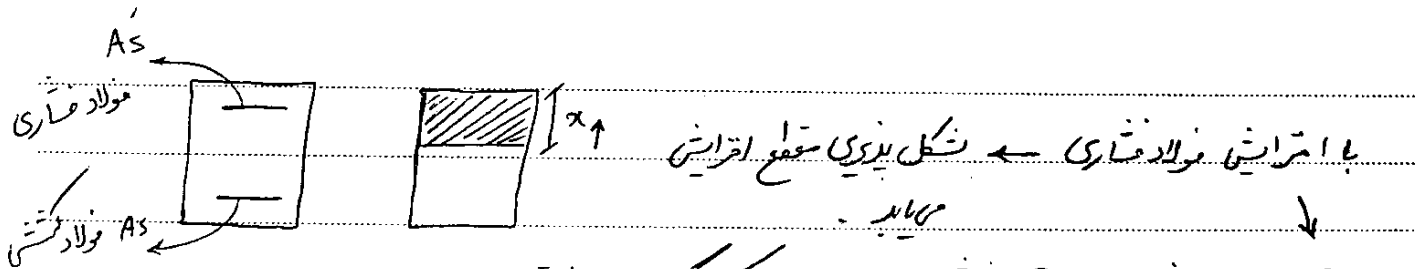
$$\Rightarrow A_s = 58.71 \text{ cm}^2$$

۳-۸- تاثیر فولاد فشاری

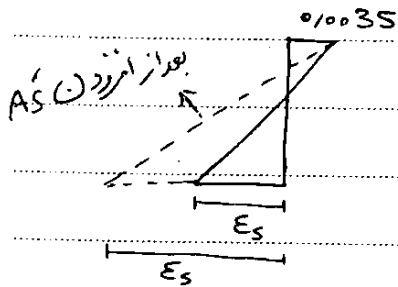
- تاثیر فولاد فشاری بر عمق تار خنثی:



تاثیر فولاد فشاری بر شکل پذیری:



علت و با افزایش A_s' تار خنثی به سمت بالا حرکت کرده و مطابق شکل کرنش فولادهای کشش در لحظه خرابی افزایش می یابد. بنابراین مقطع شکل پذیر تر می شود.



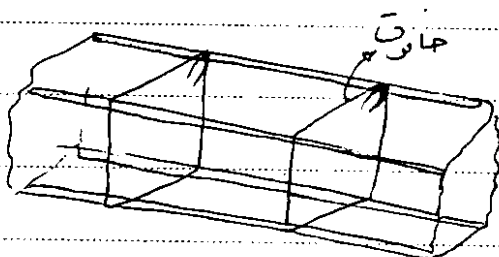
- تاثیر فولاد فشاری بر خزش

با افزودن فولاد فشاری به خزش ↓

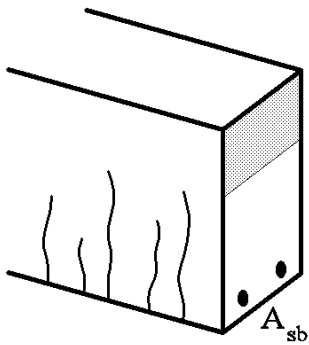
" " " تغییر شکلی بلند مدت ↓

- کاربرد اجرایی فولاد فشاری

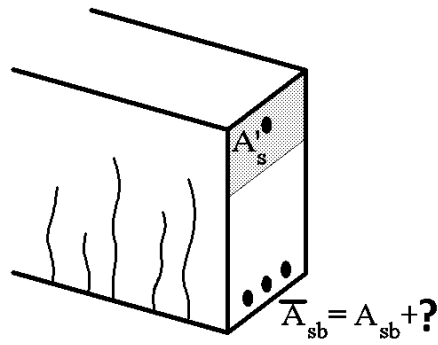
تکمه و فولاد فشاری می تواند به عنوان تکمه گاه آرماتورهای عرضی (خاموت) استفاده شود.



- تاثیر فولاد فشاری بر آرماتور بالانس



مقطع A



مقطع B

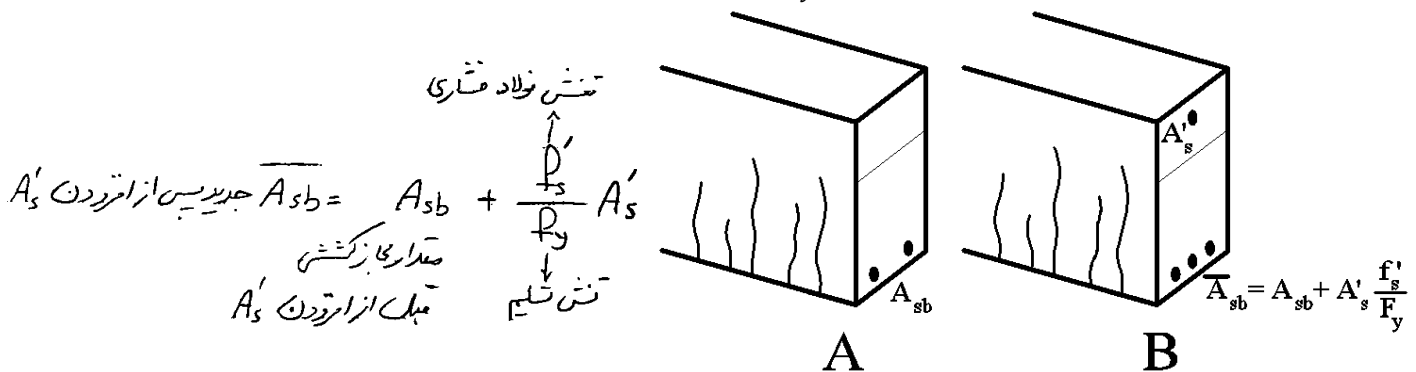
فرض کنید مقطع A در حالت بالانس باشد. اگر به این مقطع مطابق مقطع B آرماتور فشاری اضافه گردد، مقدار آرماتور بالانس چه تغییری می کند؟ هدف یافتن ؟ در شکل می باشد.

با توجه به اینکه در هر دو مقطع حالت بالانس داریم، ارتفاع تار خنثی در هر دو یکی بوده و تغییر نمی کند (چرا؟) در مقطع A داریم:

$$C = T \rightarrow (A_{sb})F_y = ab(0.85f'_c)$$

در مقطع B داریم:

$$\begin{aligned} C = T &\rightarrow (A_{sb} + ?)F_y = ab(0.85f'_c) + A'_s f'_s \\ &\rightarrow (?)F_y = A'_s f'_s \\ &\rightarrow (?) = A'_s \frac{f'_s}{F_y} \end{aligned}$$



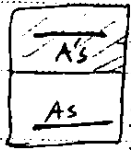
به شرط اینکه آرماتورهای فشاری نیز جاری می شوند:

$$\bar{A}_{sb} = A_{sb} + A'_s$$

\bar{P}_b (در صورت آرماتور مجاز) به اندازه این مقدار افزوده می شود.

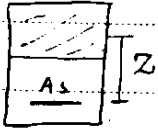
$\bar{P}_b = P_b + \frac{P'_s}{F_y} P'_s$

$\frac{A'_s}{b_w d}$

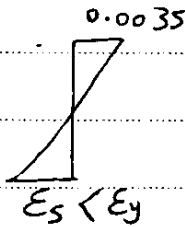
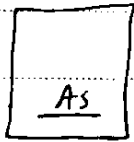


۱- مقطع کم فولاد (شکل پذیر) مقدار کمتر حدوداً ۱۵٪ افزایش می‌یابد

$$M = A_s F_y \times 1.1 Z$$



۲۔ مقطع یرمواد (عروضیں)



$$\Rightarrow M = A_s \underline{f_s} Z < A_s \underline{f_y} Z$$

همانطور که مشاهده می شود در مقطع پروتاد ، مولادهای کشته جاری نمی شوند و در عمل ظرفیت 61 km^2 (Astry) مورد استفاده قرار نمی گیرد ، برای رفع این مشکل دو راه حل داریم :

① اقرايش ابعاد مقطوع (مؤثر شدن بر علت اقرايش ماحیت آن و بالا رفتن تا خسته و زنیع مشط)

۲) افزودن فولاد مشای ← با افزودن فولاد مشای با رختن با لایه فولاد کشش جاری می شود.
لنگر تمام از جدار A_s, F_s, Z افزایش یافته تبدیل به A_s, F_s, Z می شود.

نیمه ۱۱ با افزودن فولاد سازی به معنای کم فولاد و نیز معنای آن که افزایش می یابد.

۲) سیر فولاد " " " " مقدار زیادی

(۳) " " " مقدار ρ_b (درصد ارباب و تعداد) افزایش می یابد.

پس برای کم فولاد کردن مقطع می‌توان :

- ✓ مقدار ماحت A_s را کاهش داد
- ✓ می‌توان A_s' افزود و یا ماحت بتن فشاری را
- افزایش داد و یا p_c' را افزایش داد.

طبق الزامات اینج نامم مولادشتم حتما باید در لکترنهای جاری شود و سه فولادفاری هم تواند جاری شود یا نشود.

$$\rho_{\min} = \left\{ \frac{1,4}{P_y}, \frac{\sqrt{P_z^2}}{4 P_y} \right\}$$

۱۱- افزایش فولاد فشاری به یک مقطع خمشی بتن آرمه که با فولاد کم (*under reinforced*) طراحی شده است، را می دهد.

(مهندس عمران ۷۹)

- (۱) شکل پذیری تیر - کاهش
 - (۲) مقاومت خمشی مقطع - کمی افزایش
 - (۳) کرنش نهایی فشاری بتن - کمی کاهش
 - (۴) مقاومت خمشی تیر - به میزان قابل توجهی افزایش
- گزینه ۲

فولاد فشاری شکل پذیری را افزایش می دهد، کرنش نهایی فشاری بتن ثابت فرض می شود و تغییر نمی کند.

۳۰- در یک مقطع بتن مسلح با ابعاد و مشخصات مصالح ثابت، اگر نسبت فولاد کششی از ρ_{max} تجاوز نماید برای قابل قبول نمودن مقطع چه می توان کرد؟

(مهندس عمران ۷۳)

- (۱) قرار دادن خاموت بیشتر
- (۲) قرار دادن آرماتورهای کششی در دو ردیف
- (۳) قرار دادن آرماتورهای فشاری
- (۴) افزایش طول گیرایی و یا استفاده از قلابهای استاندارد

گزینه ۳

تمرین:

۲- افزایش فولاد فشاری در یک مقطع خمشی بتن آرمه که با فولاد کم (*under reinforced*) طراحی شده است.

(مهندس عمران ۸۶)

- (۱) شکل پذیری تیر را کاهش می دهد.
- (۲) کرنش نهایی فشار بتن را کمی کاهش می دهد.
- (۳) مقاومت خمشی مقطع را کمی افزایش می دهد.
- (۴) مقاومت خمشی مقطع را به میزان قابل توجهی افزایش می دهد.

گزینه ۳

سراسری ۹۱

۱۱۹- در مقطع نشان داده شده در شکل زیر، $\rho < \rho_b$ بوده و $A_s = 2410 \text{ mm}^2$ و $f_c = 25 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$ و $f_y = 400 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$ به

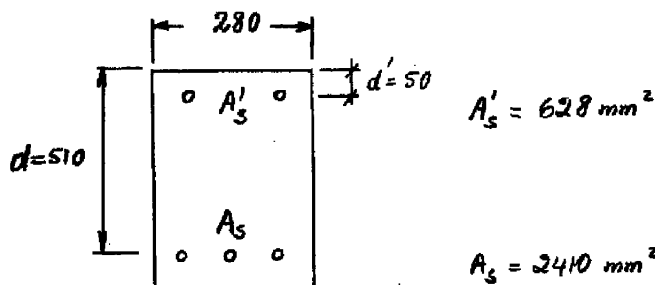
این مقطع ۲۶٪ فولاد کششی به عنوان فولاد فشاری اضافه می شود. لنگر مقاوم خمشی مقطع حدوداً چقدر اضافه می شود؟

(۱) ۴/۵٪

(۲) ۲۶٪

(۳) ۲۰٪

(۴) اضافه نمی شود.



با توجه به اینکه مقطع کم فولاد است، افزودن فولاد بر، تاثیر کمی در افزایش مقاومت خواهد داشت (گزینه ۱ صحیح است)

۱۹- در مقطعی که بدون فولاد فشاری برای خمش ساده حالت بالانس (متعادل) دارد، به مقدار A' فولاد فشاری اضافه می‌کنیم. با این عمل مقدار فولاد کششی حالت بالانس (متعادل) چه تغییری خواهد داشت؟ (فولاد فشاری و کششی از یک نوع می‌باشند) (مهملی، عمراوه ۷۷)

(۱) با تغییر مقدار فولاد کششی نمی‌توان وضعیت بالانس (متعادل) برقرار کرد.

(۲) مقدار فولاد کششی وضعیت بالانس (متعادل) برقرار نمی‌کند.

(۳) فولاد کششی حالت بالانس (متعادل) حداکثر به اندازه A' نسبت به مقطع بدون فولاد فشاری افزایش می‌یابد.

(۴) فولاد کششی حالت بالانس (متعادل) نسبت به مقطع بدون فولاد فشاری حداکثر به اندازه A' کاهش می‌یابد.

گزینه ۳

تمرین:

۲۰- وجود آهن فشاری در تیر بتن مسلح باعث کدام پدیده خواهد شد؟ (مهملی، عمراوه ۷۷)

(۱) افزایش تنش‌های فشاری بتن در طول زمان

(۲) تأثیری در تنش‌های بتن در طول زمان نخواهد داشت.

(۳) کاهش تنش‌های فشاری بتن در طول زمان

(۴) ممکن است تنش‌های فشاری در طول زمان کم یا زیاد شود.

گزینه ۳

۵- کدام عبارت در مورد یک تیر بتن آرمه تحت خمش با فولاد کششی مشخص و ثابت، صحیح است؟

(مهملی، عمراوه ۸۱)

(۱) اگر $\rho_b < \rho$ باشد، هرچه فولاد فشاری تیر کمتر باشد، تیر کم فولادتر محسوب می‌شود.

(۲) هرچه فولاد فشار تیر بیشتر باشد، تیر کم فولادتر محسوب می‌شود.

(۳) هرچه فولاد فشاری تیر کمتر باشد، تیر کم فولادتر محسوب می‌شود.

(۴) میزان فولاد فشاری تأثیری بر کم فولاد بودن و یا پر فولاد بودن مقطع ندارد.

گزینه ۲

آزاد ۸۵

۱۰۷- بیشترین مقاومت تیر با میلگرد فشاری با:

(۱) جاری شدن میلگرد کششی و فشاری بدست می‌آید.

(۲) جاری شدن فقط میلگرد فشاری بدست می‌آید.

(۳) جاری شدن فقط میلگرد کششی بدست می‌آید.

(۴) جاری شدن میلگرد فشاری و کششی بدست می‌آید.

گزینه ۴

در یک مقطع دایره آرمه اگر نسبت فولاد کششی ρ و نسبت فولاد فشاری ρ' و حداکثر مجاز نسبت فولاد کششی در حالت مقطع با فولاد کششی تنها $(\rho_{max})_1$ و در حالت دایره آرمه $(\rho_{max})_2$ باشد، ظرفیت خمشی نهایی مقطع دایره آرمه در کدام یک از حالات زیر تقریباً برابر با ظرفیت خمشی نهایی همان مقطع بدون فولادهای فشاری است؟

$$(\rho_{max})_2 > \rho > (\rho_{max})_1 \quad (2)$$

$$\rho < (\rho_{max})_2 \quad (1)$$

$$\rho > (\rho_{max})_1 \quad (4)$$

$$\rho < (\rho_{max})_1 \quad (3)$$

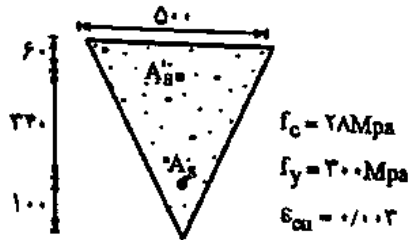
گزینه ۳

شرط حدی جاری شدن فولاد فشاری، A'_s ، برای مقطع نشان داده شده در شکل زیر توسط کدامیک از

(مهندس عمران آزاد ۸۳)

گزینه‌های زیر بطور کامل بیان شده است.

(بر اساس آیین نامه آبا)

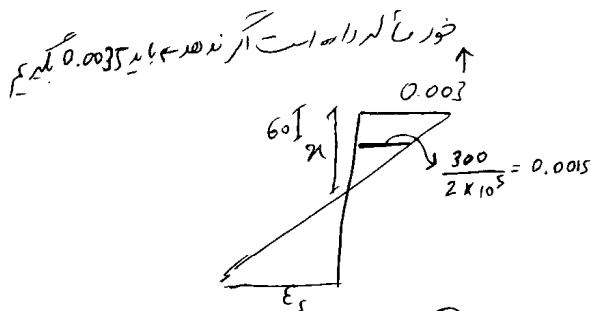


$$A_s - A'_s \geq 2180 \text{ mm}^2 \quad (1)$$

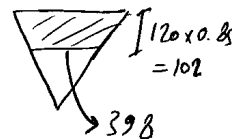
$$A_s - A'_s \geq 3017 \text{ mm}^2 \quad (2)$$

$$A_s - A'_s \geq 1853 \text{ mm}^2 \quad (3)$$

$$A_s - A'_s \geq 2565 \text{ mm}^2 \quad (4)$$



$$\frac{0.0015}{n-60} = \frac{0.003}{n} = \frac{\epsilon_s}{400-n} \rightarrow \epsilon_s = 0.007$$



اینجا برین نوار کشی هم کشیم

$$\rightarrow C = T \Rightarrow \left[102 \times \left(\frac{398 + 500}{2} \right) \times 0.85 \times 0.65 \times 28 \right] + A'_s \times (6.85 \times 300) = A_s \times (6.85 \times 300) \rightarrow A_s - A'_s = 2778$$

۴۹- در طراحی یک مقطع بتن مسلح، مقدار فولاد کششی لازم برابر با A_s به دست آمده است و به فولاد فشاری نیازی نیست. اگر به خاطر مسائل اجرایی آرماتوربندی، مقدار فولاد $A'_s = 2\phi 12$ در ناحیه فشاری

بتن قرار داده شود، چه مقدار فولاد کششی بایستی در ناحیه کششی بتن قرار داده شود تا طرح صحیح انجام شده باشد؟

(مهندس عمران آزاد ۸۶)

(۱) بایستی $A_s + A'_s$ را در ناحیه کششی بتن قرارداد تا تعادل نیروهای محوری برقرار باشد.

(۲) می‌توان همان A_s را در ناحیه کششی قرار داد.

(۳) بایستی $A_s + A'_s \left(\frac{f'_s}{f_s} \right)$ را در ناحیه کششی بتن قرار داد که f'_s و f_s به ترتیب تنشهای موجود در

فولادهای فشاری و کششی می‌باشند. در این صورت تعادل نیروهای محوری برقرار می‌ماند.

(۴) افزایش مقدار A_s بستگی به مقدار لنگر خمشی طرح دارد.

گزینه ۲

(مهندس عمران آ (۸۴)

۳۸- کدامیک جزء فواید استفاده از میلگرد فشاری نمی باشد؟

- (۱) افزایش شکل پذیری تیر
(۲) تغییر نوع گسیختگی تیر
(۳) راحتی ساخت و اجرا
(۴) افزایش خیز دراز مدت تیر

گزینه ۴

سراسری ۹۰

۱۱۴- اضافه کردن فولاد فشاری به یک مقطع خمشی بتن آرمه که با فولاد کم (under-reinforced) طراحی شده است.:

- (۱) مقاومت خمشی مقطع را کمی افزایش می دهد.
(۲) شکل پذیری تیر را کاهش می دهد.
(۳) کنش نهایی فشاری بتن را کمی کاهش می دهد.
(۴) مقاومت خمشی مقطع را به میزان قابل توجهی افزایش می دهد.

۱۱۴ در مقاطع کم فولاد، با افزودن فولاد در تیرها تار خشی کمی بیشتر
بالا حرکت می کند و به مقدار ۱۰٪
افزایش می یابد و در نتیجه لنگر کمی (۱۰٪) افزایش می یابد
بالا رفتن تار خشی همین باعث افزایش کرنش در فولاد کششی می شود
شکل پذیری افزایش می یابد. در طراحی مقاطع کرنش نهایی بتن ثابت فرض
می شود و افزودن فولاد در تیرها کرنش را آن ندارد
گزینه صحیح است

سراسری ۹۲

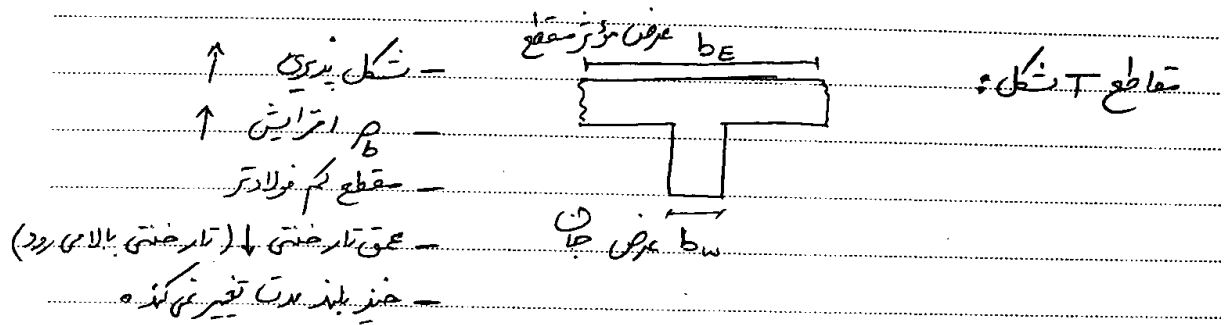
۱۱۷- در مورد یک تیر بتن آرمه، گزینه ی صحیح کدام است؟

- (۱) در یک مقطع خمشی بتن آرمه با فولاد مضاعف، نسبت عمق تار خشی به عمق تار خشی در حالت بالانس، تقریباً برابر با نسبت $p - p'$ به p_b می باشد.
(۲) در یک مقطع خمشی بتن آرمه با فولاد مضاعف، در صورتی که فولاد فشاری تسلیم شده باشد، حتماً فولاد کششی هم تسلیم شده است.
(۳) در یک مقطع خمشی بتن آرمه با فولاد کششی تنها، همواره با افزایش مقدار فولاد، لنگر مقاوم افزایش می یابد.
(۴) در یک مقطع خمشی بتن آرمه با فولاد کششی تنها، که میزان فولاد کششی آن از فولاد بالانس کم تر است، با اضافه کردن فولاد فشاری، افزایش چشمگیری در لنگر مقاوم مقطع خواهیم داشت.

گزینه ۳

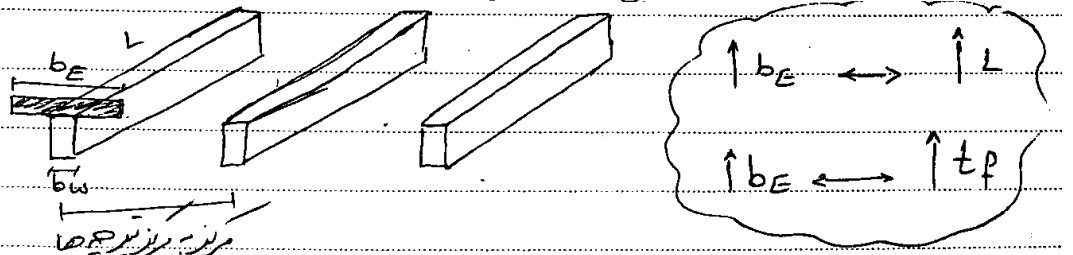
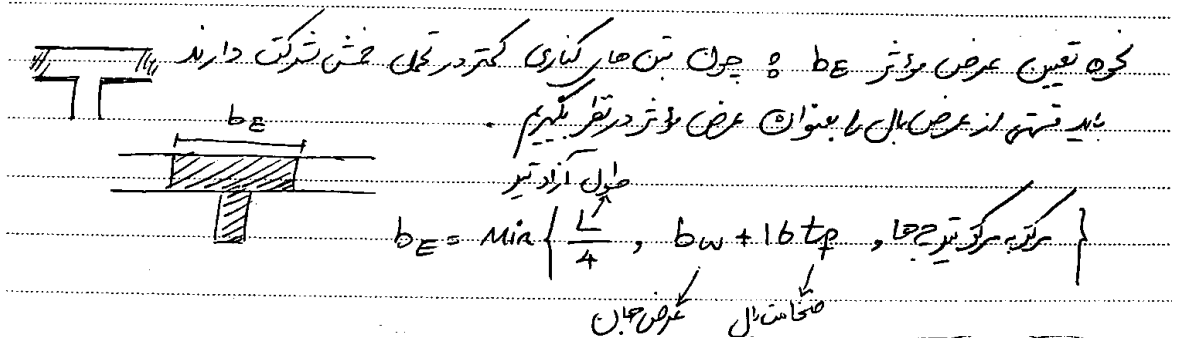
۹-۳- مقاطع T شکل

ویژگیها



* در تیرهای T شکل باید جان و بال به صورت یکپارچه ریخته شود وگرنه باید ارتباط آنها به خوبی تأمین شود.

عرض موثر در تیرهای T شکل

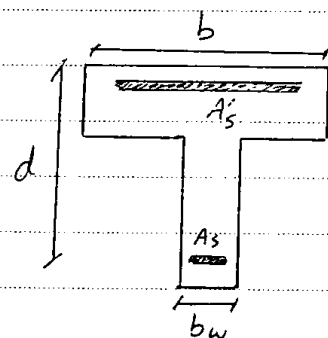


- آرماتور حداقل در تیرهای T شکل

نحوه تعیین آرماتور حداقل در T شکل:

$$\frac{A_s}{b_w \cdot d} > \max \left\{ \frac{1}{4}, \frac{f_c}{4f_y} \right\} \quad \text{برای بخش +}$$

$$\frac{A_s}{b_E \cdot d} > \max \left\{ \frac{1}{4}, \frac{f_c}{4f_y} \right\} \quad \text{برای بخش -}$$



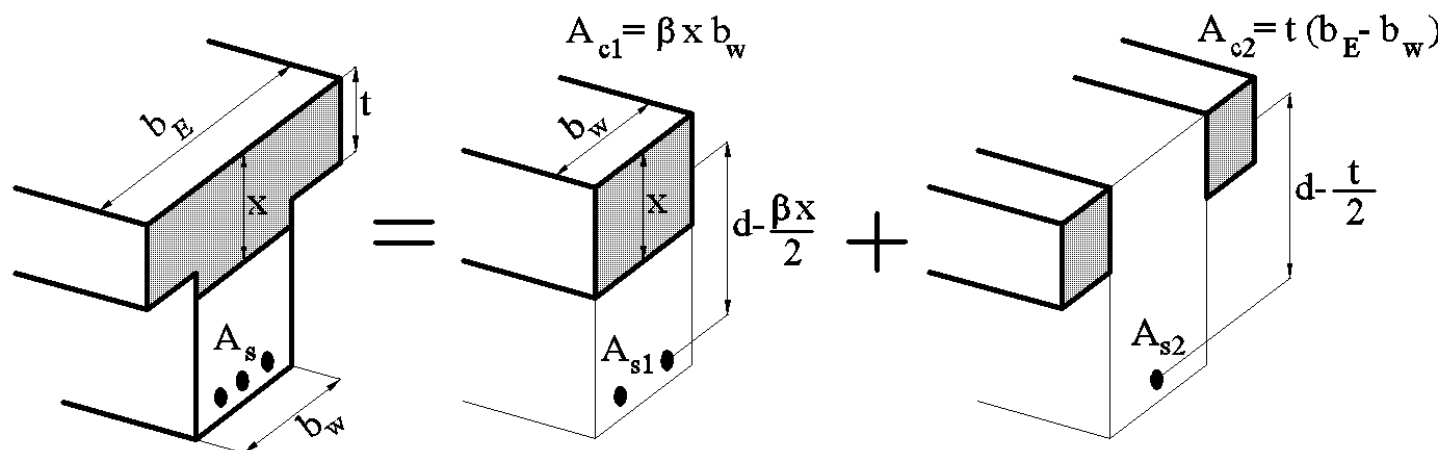
$$(1) \quad \frac{A_s}{b_w \cdot d} > \frac{1}{4} \quad ?$$

$$(2) \quad \frac{A_s'}{b \cdot d} > \frac{1}{4} \quad ?$$

(1) ← برای کنترل چسب +

(2) ← برای کنترل چسب -

- مقاومت خمشی تیرهای T شکل



* در روش شارقی مقدار $A_s f_y$ را درباری Z ضرب می‌کردیم

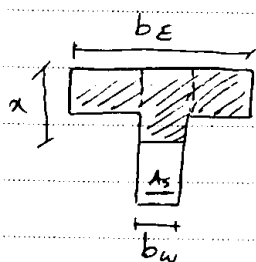
$$M = T \cdot Z$$

$$M = A_s f_y \cdot Z$$

در کالسه T شکل چون مقادیر A_{s1} و A_{s2} نامعلوم است مقدار نیروی فشاری بتن را درباری Z ضرب می‌کنیم

$$M = C \cdot Z = (A_c \cdot \alpha f_c) \cdot Z$$

$$M = A_{c1}(\alpha f'_c) \left(d - \frac{\beta x}{2} \right) + A_{c2}(\alpha f'_c) \left(d - \frac{t}{2} \right)$$



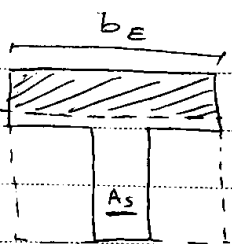
نحوه بست آوردن $C = T$:

$$\left\{ \beta x \cdot b_W + (b_E - b_W) \cdot t \right\} \cdot \alpha \left(\alpha f'_c \right) = A_s f_y$$

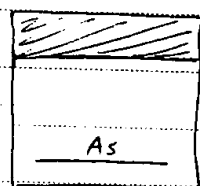
0.85

← α بست می‌آید

سوال: اگر مقطع در حالت بالانس باشد، x را چگونه محاسبه کنیم؟



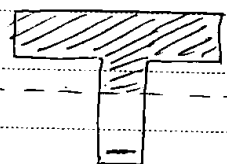
=



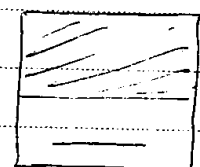
* نحوه تعیین اینکه آیا مقطع مستطیلی عمل می‌کند یا T شکل :

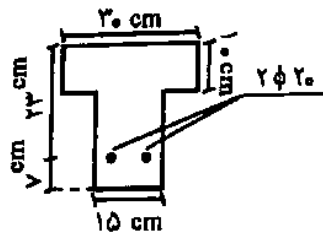
اگر $\beta x > t_f$ ← مقطع T شکل است.

اگر $\beta x < t_f$ ← مستطیلی است.



≠





ظرفیت نهایی اسمی (nominal) خمشی مقطع شکل روبرو چه مقدار است؟ ویژگی‌های مصالح عبارتند از: $f_y = 410 \text{ kg/cm}^2$ و $f'_c = 250 \text{ kg/cm}^2$ (مهندس همراه آزاد آ)

(۱) حدود ۵/۵ تن متر (۲) حدود ۱۰/۵ تن متر

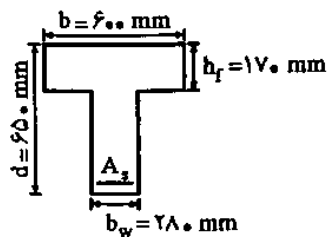
(۳) حدود ۷/۵ تن متر (۴) حدود ۳/۵ تن متر

از آنجا که گفته حدودا، با روش تقریبی محاسبه می‌کنیم:

$$M = A_s f_y \times 0.9d = 2 \times 314 \times 410 \times 0.9 \times 230 = 53228360 \text{ N.mm} = 5.3 \text{ t.m.}$$

۴ در مقطع T شکل مقابل چنانچه در لحظه گسیختگی نهایی، توزیع تنشی مستطیلی با شدت $0.85f'_c$ و در ارتفاعی معادل 0.85 ارتفاع تار خشی فرض گردد، فولاد متوازن مقطع A_{sb} چند میلی‌متر مربع (mm^2) می‌باشد؟ ($\phi_c = \phi_s = 1/0$ فرض شود). (مهندس همراه آ)

$E_s = 200000 \text{ Mpa}$ و $\epsilon_{cu} = 0.003$ کرنش بین در لحظه نهایی و $f_y = 400 \text{ Mpa}$ و $f'_c = 30 \text{ Mpa}$



(۱) ۸۵۳۵

(۲) ۹۳۸۵

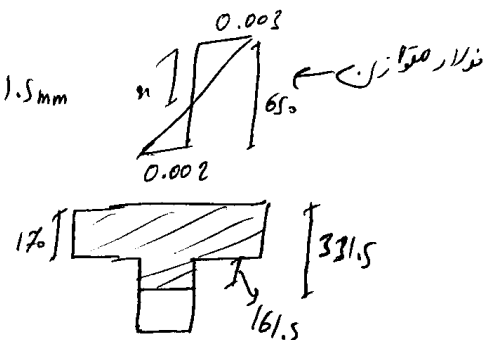
(۳) ۹۸۷۵

(۴) ۱۰۱۱۵

$$x = \frac{0.003}{0.002 + 0.003} \times 650 = 390 \text{ mm} \rightarrow a = 0.85 \times x = 331.5 \text{ mm}$$

$$C = T \Rightarrow (1\% \times 600 + 161.5 \times 280) \times 0.85 \times 30 = A_s \times 400$$

$$\rightarrow A_s = 2385 \text{ mm}^2$$



عرض مؤثر در تیرهای بتن آرمه با مقطع T - شکل، اندازه‌ای است که در عملکرد... تیر مورد استفاده (مهندس همراه آ)

مستقیم قرار می‌گیرد.

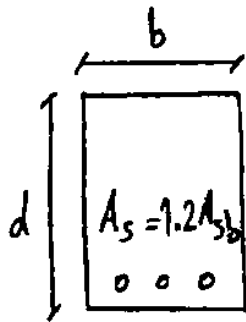
(۲) پیچشی

(۱) خمشی

(۴) برشی به همراه پیچشی

(۳) خمشی و برشی

گزینه ۱



در یک تیر بتن آرمه با مقطع مستطیل شکل (مطابق شکل)، مقدار فولاد بکار رفته به میزان ۲۰ درصد بیشتر از حد توازن مقطع می باشد. در صورتیکه طراح بخواهد با اضافه کردن بال فشاری به مقطع، مقطع را در حالت متوازن قرار دهد، مقدار مساحت بال فشاری چقدر خواهد بود؟

$(f'_c, f_y, \beta, \epsilon_{cu} = 0.003)$ ضریب ارتجاعی فولاد و $E_s = 2.04 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$

$$0.17 \beta \frac{6100}{6100 + f_y} bd \quad (1) \quad 0.17 \beta \frac{6100}{6100 + f_y} \frac{f'_c}{f_y} bd \quad (2) \quad 0.2 \beta \frac{6100}{6100 + f_y} \frac{f'_c}{f_y} bd \quad (3) \quad 0.2 \beta \frac{6100}{6100 + f_y} bd \quad (4)$$

بال فشاری

$$A_c \times \alpha \times f'_c = 0.2 A_{sb} f_y$$

برای اندازه ۰.۲ $A_{sb} \times f_y$ باید بتن اضافه شود

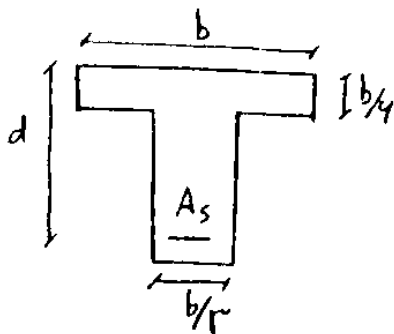
$$\rightarrow A_c = \frac{0.2 A_{sb} f_y}{\alpha f'_c} \rightarrow \text{باید } A_{sb} \text{ را حساب کنیم و بعد جایگذاری کنیم}$$

$$\rightarrow A_{sb} \times f_y = (\alpha \beta) \left(\frac{6100}{6100 + f_y} d \right) (b) f'_c \rightarrow A_c = 0.2 \beta \left(\frac{6100}{6100 + f_y} \right) bd$$

آزاد ۸۷

۱۳۳- در یک تیر بتن آرمه با مقطع نشان داده شده در شکل، با فرض جاری شدن کلیه آرماندهای کششی،

اگر مساحت بلوک فشاری تنش چقدر خواهد بود؟ $\left(\frac{f_y}{f'_c} = 1.0 \right)$ ، $A_s = 1.7 \times 10^{-2} b^2$



$$\frac{4}{15} b \quad (2) \quad \frac{b}{5} \quad (1)$$

$$\frac{b}{3} \quad (4) \quad \frac{2}{15} b \quad (3)$$

ابتدا فرض می کنیم مستطیل است $\alpha = 0.85$ ، خواسته

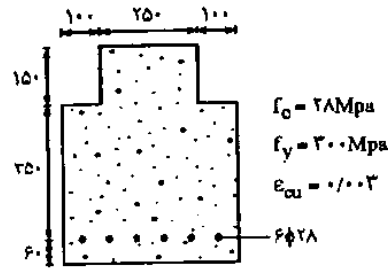
$$C = T \Rightarrow (b \times \alpha) \times 0.85 f'_c = A_s f_y \rightarrow \alpha = \frac{1.7 \times 10^{-2} b^2 f_y}{b \times 0.85 f'_c} = \frac{2}{10} b = \frac{b}{5}$$

مقدار بدست آمده $(b/5)$ بیشتر از ضخامت بال $(b/6)$ می باشد و بنابراین فرض مقطع مستطیلی صحیح نبوده است. مجدداً با فرض مقطع T

شکل مقدار a را محاسبه می کنیم:

$$C = T \rightarrow \left(\frac{2b}{3} \times \frac{b}{6} + \frac{b}{3} \times a \right) \times 0.85 f'_c = A_s f_y \rightarrow a = \left(\frac{1.7 \times 10^{-2} b^2 f_y}{0.85 f'_c} - \frac{b}{9} \right) \times \frac{3}{b} = \left(\frac{b}{5} - \frac{b}{9} \right) \times \frac{3}{b} = \frac{4}{15} b$$

مقاومت خمشی طراحی مقطع نشان داده شده در شکل زیر را محاسبه کنید: (براساس آیین نامه آبا)
(مهندس عمران آ (اد ۸۳))



$$30.3/4 \text{ kN.m (1)}$$

$$356/9 \text{ kN.m (2)}$$

$$40.1/8 \text{ kN.m (3)}$$

$$419/9 \text{ kN.m (4)}$$

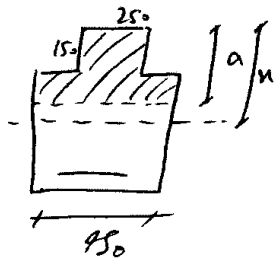
با فرض جاری شدن فولادها، ابتدا چک می کنیم که رفتار مقطع مستطیلی است یا نه؟

$$C = T \Rightarrow \alpha \times 250 (0.85 \times 0.65 \times 28) = 6 \times 14^2 \times \pi \times 0.85 \times 300 \Rightarrow \alpha = 243 \text{ mm}$$

آیین نامه قبل 0.6 است

یا 150 mm را رد می کنند

اندازه α بیشتر از 150 mm است و بنابراین رفتار غیرمستطیلی است:



$$\left[(250 \times 150) + (\alpha - 150) (450) \right] \times (0.85 \times 0.65 \times 28) = 6 \times 14^2 \times \pi \times 0.85 \times 300$$

$$\rightarrow \alpha = 202 \text{ mm} \rightarrow n = \frac{\alpha}{0.85} = 238 \text{ mm} \quad (0.6) \rightarrow \alpha = 213 \text{ mm}$$

$$M_r = (250 \times 202) \times (0.85 \times 0.65 \times 28) \times \left(500 - \frac{202}{2} \right) + (200 \times 52) \times (0.85 \times 0.65 \times 28) \times \left(500 - 150 - \frac{52}{2} \right) = 364 \times 10^6 \text{ N.mm} = 364 \text{ kN.m}$$

با آیین نامه قبلی:

$$M_r = (250 \times 213) \times (0.85 \times 0.6 \times 28) \times \left(500 - \frac{213}{2} \right) + (200 \times 63) \times (0.85 \times 0.6 \times 28) \times \left(500 - 150 - \frac{63}{2} \right) = 356 \times 10^6 \text{ N.mm} = 356 \text{ kN.m}$$

۱۸- در صورتی که به یک مقطع بتن آرمه مستطیلی، بدون تغییر در ابعاد و خواص و مقدار فولاد، بال فشاری اضافه شود این تغییر باعث می شود که در عضو خمشی و در حالت حدی نهایی:

(مهندس عمران ۷۷)

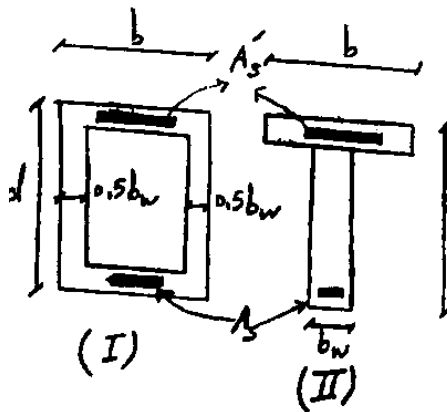
(۱) بخشی از مقاومت بتن بدون استفاده باقی بماند.

(۲) شکل پذیری مقطع اضافه شود.

(۳) عمق تار خشی افزایش یابد.

(۴) مقاومت برشی مقطع بزرگ شود.

گزینه ۲. هر عاملی که باعث شود تار خشی بالاتر رود شکل پذیری را افزایش می دهد. می دانیم تار خشی همیشه به هر سمتی که قوی تر کنیم حرکت می کند. مثلاً اگر f_c را افزایش دهیم در واقع قسمت فشاری را قوی کرده ایم و تار خشی بالا رفته شکل پذیری افزایش می یابد. و یا اگر تعداد آرماتورهای کششی را افزایش دهیم تار خشی به سمت فولادها (به سمت پایین) آمده و شکل پذیری کاهش می یابد. با افزودن بال فشاری به بتن (و یا با افزودن آرماتور فشاری) تار خشی بالا رفته شکل پذیری افزایش می یابد.

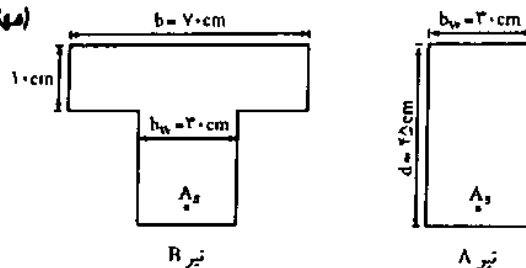


۹۹. در مقطع T شکل و فرمی شکل دوبرو فرض کنید فولادهای فشاری و کششی برای هر دو مقطع یکسان باشد. کدامیک از عبارات زیر در مورد ظرفیت باربری این مقاطع صحیح است؟
- ۱) ظرفیت خمشی هر دو مقطع در لنگر مثبت و لنگر منفی یکسان است ولی ظرفیت پیچشی مقطع (I) بیشتر است.
 - ۲) ظرفیت خمشی هر دو مقطع در لنگر منفی یکسان است ولی ظرفیت خمشی مقطع (I) در لنگر مثبت بیشتر است.
 - ۳) ظرفیت خمشی هر دو مقطع در لنگر مثبت و منفی یکسان بوده و ظرفیت برشی آنها نیز یکسان است.
 - ۴) ظرفیت خمشی هر دو مقطع در لنگر مثبت یکسان است ولی ظرفیت خمشی مقطع (I) در لنگر منفی بیشتر است.

گزینه ۴. در لنگر مثبت بالا فشار خواهیم داشت و پایین کشش و با توجه به اینکه در محاسبات از بتن کششی صرف نظر می شود، هر دو مقطع در لنگر مثبت مقاومت یکسانی دارند. در لنگر منفی در پایین فشار خواهیم داشت و چون بتن فشاری مقطع اول بیشتر از مقطع دوم است، مقطع اول در لنگر منفی قوی تر است.

۱۵. تیر بتن آرمه با مقطع شکل (A) را در نظر بگیرید، چنانکه بدون تغییر عرض b_w ، عمق مؤثر d و مقدار فولاد کششی A_s و فقط با اضافه نمودن یک بال فشاری به ضخامت ۱۰ سانتیمتر مطابق شکل (B) تیر (A) به تیر (B) تبدیل یابد، حدود تقریبی افزایش مقاومت خمشی نهایی تیر جدید (B) نسبت به تیر اولیه (A) حدود چند درصد است؟

(مهندس عمران ۷۹)



تیر B

تیر A

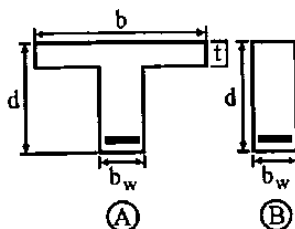
- ۱) ۱۰
- ۲) ۵۰
- ۳) ۷۵
- ۴) ۹۵

گزینه ۱. با توجه به فرمول $M = (A_s)(F_y)(Z)$ مقاومت خمشی بستگی به سه پارامتر اصلی دارد: ۱- A_s ۲- F_y ۳- Z

در تست فوق پارامتر های اول و دوم ثابت است. وقتی مساحت قسمت بتنی را افزایش می یابد، تار خنثی را به سمت خود (به سمت بتن) می کشد و Z افزایش می یابد. ولی تغییرات Z کم است و با چند برابر کردن مساحت بتن، مقاومت خمشی مقطع تنها حدود ۱۰ درصد افزایش می یابد.

۲۷. دو مقطع خمشی A و B با آرماتور کششی در پایین مقطع را مطابق شکل در نظر می گیریم. مقدار فولاد کششی حالت بالانس (متوازن) مقطع A در مقایسه با مقطع B چگونه است؟

(مهندس عمران ۷۴)



Ⓐ

Ⓑ

- ۱) این مقدار در هر دو مقطع یکسان است.
- ۲) این مقدار در مقطع B همیشه بیشتر از مقطع A است.
- ۳) این مقدار در مقطع A همیشه بیشتر از مقطع B است.
- ۴) بسته به محل تار خنثی این مقدار در مقطع A ممکن است کمتر و یا بیشتر از مقطع B باشد.

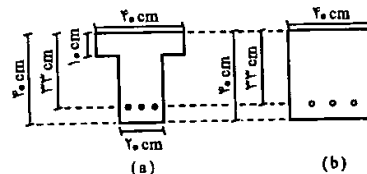
گزینه ۳. هرچه قسمت فشاری را قوی تر کنیم به همان نسبت حداکثر آرماتور مجاز کششی (بالانس) افزایش می یابد. یعنی کلا با افزودن بال بتنی به قسمت فشاری، یا با افزودن آرماتور فشاری، و یا با افزایش مقاومت فشاری بتن مقدار آرماتور بالانس (آرماتور مجاز کششی) افزایش می یابد.

برای مقاطع بتن شکل‌های a و b که هر دو دارای مصالح یکسان بتن $f_c = 40 \text{ kg/cm}^2$ و فولاد با $f_y = 300 \text{ kg/cm}^2$ می‌باشند و مساحت کل فولاد در هر دو مقطع نیز 16 cm^2 می‌باشد، کدام گزینه صحیح است؟
(مهندس عمران آزاد آ)

فرد $\alpha = 0.85$ را کاسیم می‌کنیم:

$$(a \times 400) \times 0.85 f_c = A_s f_y \rightarrow a = 35 \text{ mm}$$

\swarrow 40 \swarrow 40 \swarrow 300 \swarrow 1600



مقطع a مستطیل است

بزرگترین هر دو مقطع یکسان هستند.

(۱) مقاومت نهایی اسمی (nominal) خمشی مقطع a بیشتر است.

(۲) مقاومت نهایی اسمی (nominal) مقطع b بیشتر است.

(۳) مقاومت نهایی اسمی (nominal) خمشی هر دو مقطع یکسان است.

(۴) مقاومت نهایی اسمی (nominal) مقاطع بستگی به بارگذاری آنها دارد.

۳-۱۰- شکل پذیری

شکل پذیری اعضای خمشی بتن آرمه تابعی است از مقاومت بتن و

(مهندس عمران ۷۵)

(۱) درصد فولادهای عرضی

(۲) درصد فولادهای طولی، درصد فولادهای عرضی، شرایط تکیه گاهی

(۳) مقاومت فولاد، درصد فولادهای طولی، درصد فولادهای عرضی

(۴) مقاومت فولاد، درصد فولادهای طولی، نوع بارگذاری

گزینه ۳. هر عاملی که باعث شود تار خنثی بالاتر رود شکل پذیری را افزایش می دهد و برعکس. می دانیم تارخنثی همیشه به هر سمتی که قوی تر کنیم حرکت می کند. مثلاً اگر f_c را افزایش دهیم در واقع قسمت فشاری را قوی کرده ایم و تار خنثی بالا رفته شکل پذیری افزایش می یابد.

با افزایش درصد آرماتورهای کششی تار خنثی به سمت فولادهای کششی (به سمت پایین) آمده و شکل پذیری کاهش می یابد.

با افزایش درصد آرماتورهای فشاری تار خنثی به سمت فولادهای فشاری (به سمت بالا) آمده و شکل پذیری افزایش می یابد.

با افزایش مقاومت فولاد، تار خنثی به سمت فولاد (پایین) آمده و شکل پذیری کاهش می یابد.

با افزایش درصد فولادهای عرضی، بتن داخل این مهارها (خاموتها) محصور شده و مقاومت آن کمی افزایش یافته و تار خنثی به سمت بالا رفته و شکل پذیری افزایش می یابد. (بحث محصوریت را بعداً خواهیم خواند)

۶۰- شکل پذیری یک عضو خمشی بتن مسلح در حالت بالانس چقدر می باشد؟

(مهندس عمران آزاد آ)

(۲) کوچکتر از ۲

(۱) برابر ۲

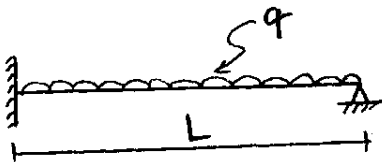
(۴) برابر ۱

(۳) بزرگتر از ۱

گزینه ۴:

سراسری ۹۲

۱۱۶- تیر شکل زیر از بتن آرمه ساخته شده است. لنگر مقاوم مثبت و منفی مقاطع مختلف این تیر با هم مساوی و برابر $\frac{wL^2}{8}$ می باشد. با فرض شکل پذیری کامل تیر و عدم وجود محدودیتی برای باز توزیع لنگر، حداکثر بار قابل تحمل این سازه قبل از گسیختگی، چه مقداری است؟



$$q_u = 1/4 w \quad (1)$$

$$q_u = 1/3 w \quad (2)$$

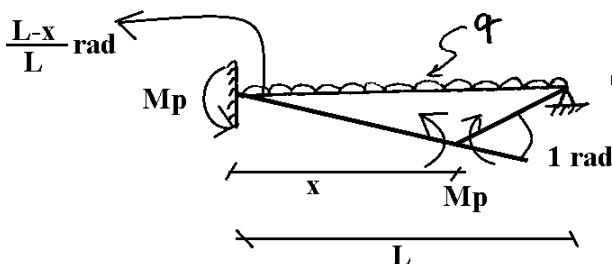
$$q_u = 1 w \quad (3)$$

$$q_u = 1/5 w \quad (4)$$

$$M_p \times \left(\frac{L-x}{L}\right) + M_p \times 1 = \frac{q \left(\frac{L-x}{L}x\right)L}{2}$$

$$q = \frac{M_p(4L - 2x)}{L^2x - Lx^2}$$

x مختصات مفصل پلاستیک مطابق شکل نشان می باشد. برای یافتن x از رابطه بالا مشتق گرفته و برابر صفر قرار می دهیم. که در این صورت x برابر $x = 2L - \sqrt{2}L$ خواهد بود و با قرار دادن مقدار فوق در رابطه بالا مقدار q بدست می آید. اگر مقدار $\sqrt{2}$ را برابر 1.4 در نظر بگیریم، مقدار q برابر $q = 11.66 \frac{M_p}{L^2} = 11.66 \frac{w}{8} = 1.46 w$ خواهد بود.



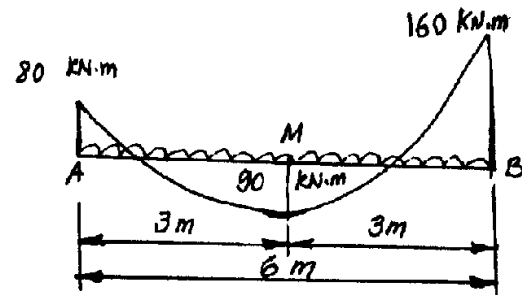
پاسخ بدست آمده در گزینه ها موجود نمی باشد. احتمالاً طراح محل تشکیل مفصل دوم را به جای $x = 2L - \sqrt{2}L$ به صورت تقریبی در وسط تیر $x = \frac{L}{2}$ در نظر گرفته است! البته باید در صورت تست به این فرض ساده کننده اشاره شود. با این فرض دوران سمت چپ در شکل فوق برابر 0.5rad و خیز در وسط برابر L/4 خواهد بود و خواهیم داشت:

$$M_p \times (0.5) + M_p \times 1 = \frac{q \left(\frac{L}{4}\right)L}{2}$$

$$\rightarrow q = 12M_p = 12 \frac{w}{8} = 1.5w$$

و بنابراین با این فرض گزینه ۴ صحیح است.

۱۱۵- شکل زیر منحنی لنگر خمشی الاستیک یکی از دهانه‌های یک تیر سراسری بتن آرمه در حالت حدی نهایی است. تیر تحت بار گذاری گسترده یکنواخت است. لنگر 160 kN.m را می‌توان چند kN.m کاهش داد تا لنگر مثبت وسط دهانه به 100 kN.m افزایش یابد؟ (لنگر 80 kN.m را تغییر نمی‌دهیم).



(۱) ۱۵

(۲) ۲۰

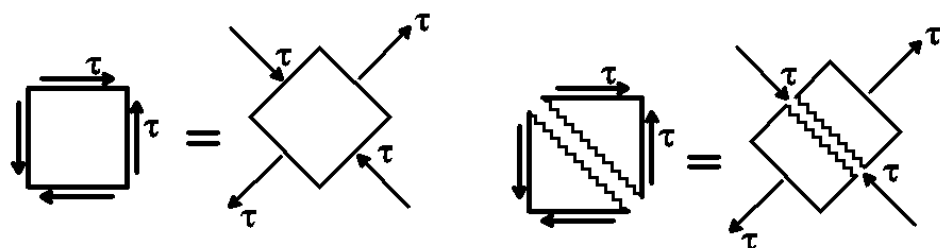
(۳) ۲۵

(۴) ۳۲ یا 20% مقدار لنگر اولیه بر اساس آیین‌نامه

۴- برش

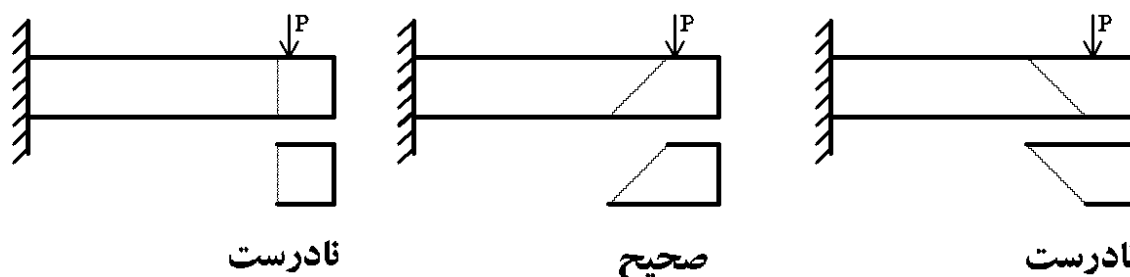
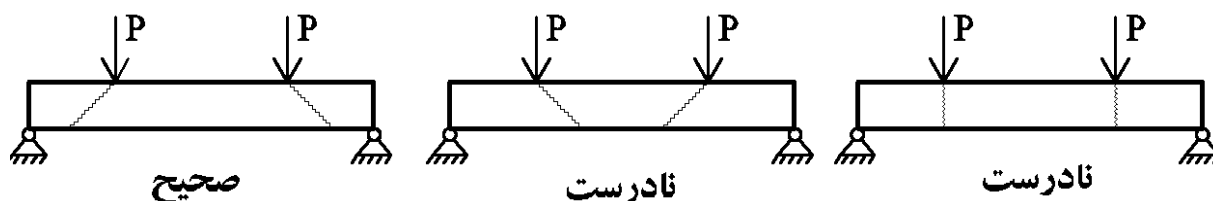
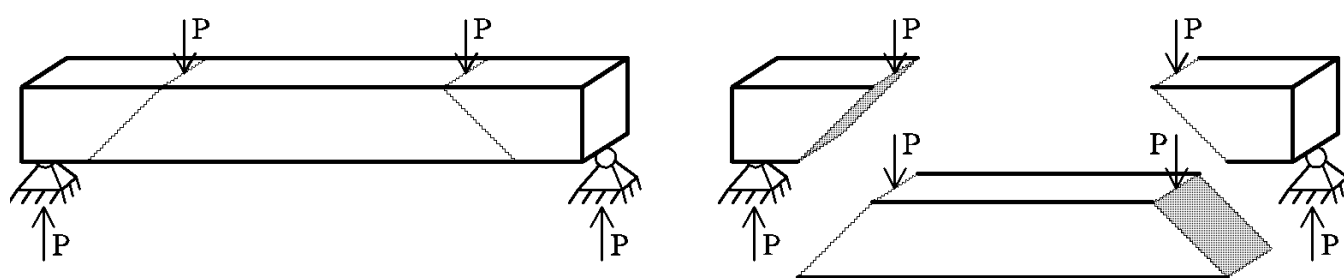
زمانی که یک المان تحت برش خالص قرار دارد، این المان در حقیقت تحت ترکیب کشش و فشار قرار دارد.

بتن تحت کشش ضعیف است و ترک می خورد:



ترکهای برشی با راستای نیروی وارده زاویه ۴۵ درجه می سازند. در حقیقت بتن تحت "برش" به صورت کششی "ترک" می خورد.

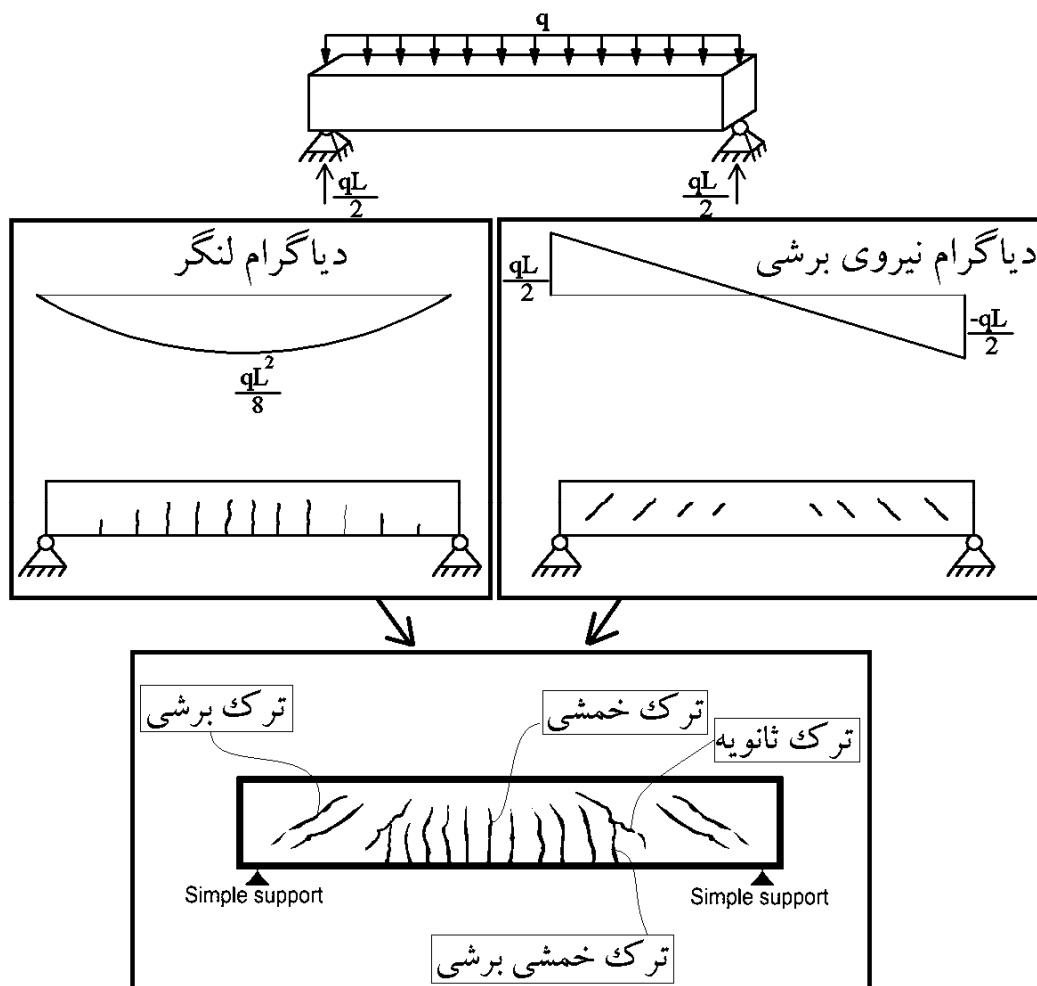
نحوه تشخیص ترک: تیر به صورتی ترک می خورد که بتواند در راستای اعمال نیرو حرکت کند:



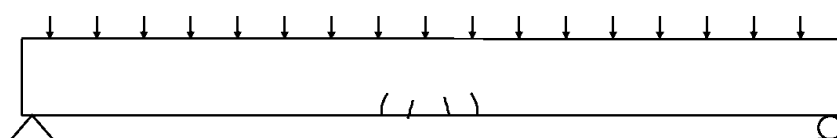
شکست برشی ستون در زلزله San Fernando 1971:



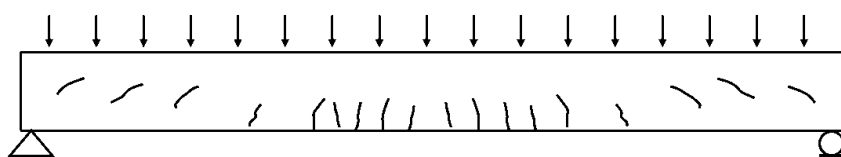
۴-۱- ترکیب برش و خمش در تیر ساده تحت بار گسترده



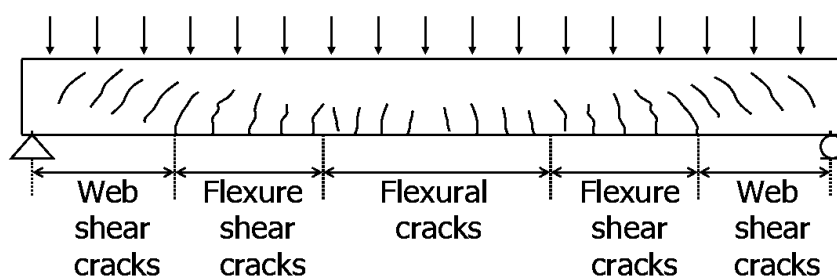
در مقطع مستطیلی تحت برش، تنش برشی حداکثر در وسط جان اتفاق می افتد و بنابراین ترک های برشی از وسط مقطع شروع می شوند.
در مقطع مستطیلی تحت خمش، تنش خمشی حداکثر در پایین مقطع اتفاق می افتد و بنابراین ترک ها از پایین مقطع شروع می شوند.



a) Initiation of flexural cracks



b) Growth of flexural cracks and formation of flexure shear and web shear cracks.



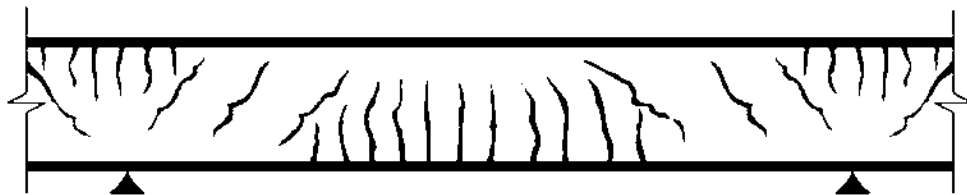
c) Cracks before failure

انواع ترک در تیرهای تحت اثر خمشی و برشی :

- ✓ یکسری ترک خمشی ایجاد می شود. این ترک ها تا دم حد و عطا بق شکل در تیرهای کششی مقطع ایجاد می شوند و حدوداً تا نصف ارتفاع مقطع حرکت می کنند.
- ✓ ترک قطعی یا ترک جان یا ترک بایل یا ترک برشی با زاویه (معمولاً) ۴۵° در محل متعارض خمشی (تقریباً میانه مقطع) ایجاد می شود که ناشی از برش هستند.
- ✓ ترک خمشی برشی: پس از ایجاد ترک های خمشی این ترک ها به صورت عمودی در میانه مقطع تحت اثر برش توسعه یافته تبدیل به ترک خمشی برشی می شوند.

نکته: در تیرهای عادی با طول متعارف، ابتدا ترک خمشی ایجاد می شوند و سپس با افزایش بار ترک های برشی و سپس ترک های خمشی برش ایجاد می شوند.

نمونه الگوی ترک در یک تیر سراسری تحت اثر بار گسترده یکنواخت در شکل زیر نشان داده شده است. لنگر در دو انتهای تیر منفی بوده و ترکهای خمشی در بالای مقطع ظاهر می شوند.

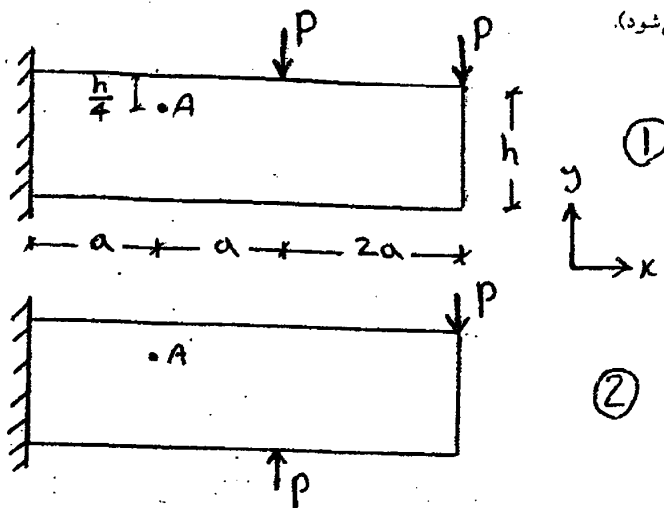


آزاد ۸۹

۱۳۵- یک تیر بتنی کنسول با مقطع مستطیلی در دو حالت زیر بارگذاری شده است. با فرض ایجاد ترک در دو حالت بارگذاری در

نقطه A در عمق $\frac{h}{4}$ ، زاویه ترک نسبت به محور X در حالت اول به حالت دوم کدام است. $\left(\frac{\theta_{A1}}{\theta_{A2}} = ? \right)$

(وزن تیر در برابر بارگذاری خارجی ناچیز فرض می شود).



$$\frac{\theta_{A1}}{\theta_{A2}} > 1 \quad (1)$$

$$\frac{\theta_{A1}}{\theta_{A2}} = 1 \quad (2)$$

$$\frac{\theta_{A1}}{\theta_{A2}} < 1 \quad (3)$$

(۱) مقدار عددی P و a لازم می باشد

گزینه ۳. در تیر ۱ مقدار برش در تیر در نقطه A برابر ۲P و مقدار لنگر نیز برابر ۴Pa می باشد. بنابراین در نقطه A ترک برشی - خمشی داریم. ترک خمشی با راستای X زاویه ۹۰ درجه می سازد و ترک برشی با راستای X زاویه ۴۵ درجه می سازد و ترک خمشی برشی در نقطه A در تیر ۱ با راستای X زاویه ای بین ۴۵ تا ۹۰ درجه می سازد.

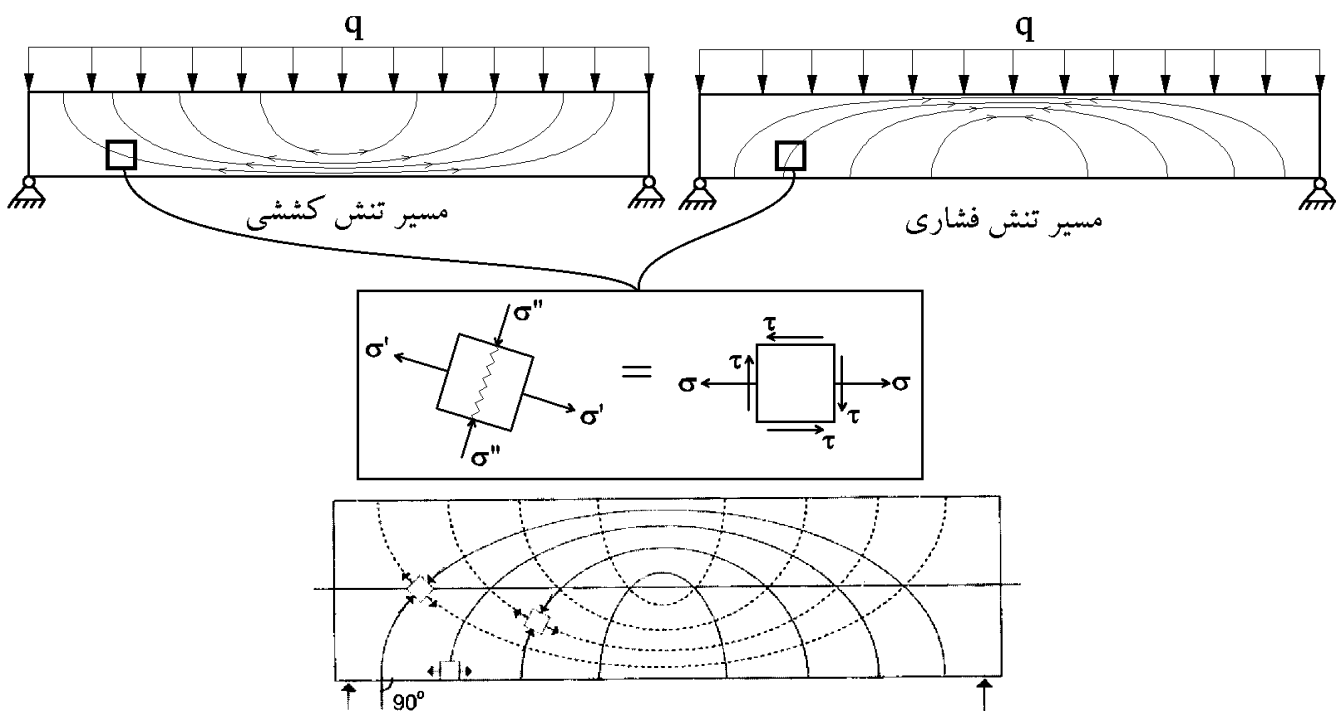
در تیر ۲ مقدار برش در تیر در نقطه A برابر صفر و مقدار لنگر نیز برابر ۲Pa می باشد. بنابراین در نقطه A ترک خمشی داریم که زاویه آن با راستای X برابر ۹۰ درجه است.

۱۰۸- در تیر با تکیه گاه ساده و بار متمرکز در وسط دهانه:

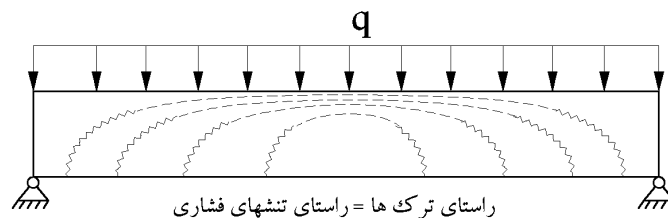
- (۱) ترکهای برشی ابتدا در وسط دهانه اتفاق می افتند.
- (۲) ترکهای برشی همزمان در وسط دهانه و تکیه گاه اتفاق می افتند.
- (۳) ترکهای برشی ابتدا در نزدیک تکیه گاه اتفاق می افتند.
- (۴) ترکهای برشی ابتدا در $\frac{1}{3}$ دهانه اتفاق می افتند.

گزینه ۲. اگر می گفت تحت بار گسترده گزینه ۳ می بود.

۲-۴- مسیر تنشهای کششی و فشاری در تیر

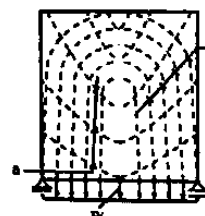


در وسط تیر برش داخلی تیر صفر است و تنها لنگر خمشی داریم و بنابراین راستای تنش های کششی و فشاری افقی می باشند. در المان نشان داده شده در بالا، هم نیروی برشی داریم و هم لنگر خمشی و راستای تنش کششی اصلی مطابق شکل می باشد. با توجه به المان فوق، راستای ترکها همیشه با راستای تنشهای فشاری اصلی یکسان می باشند:



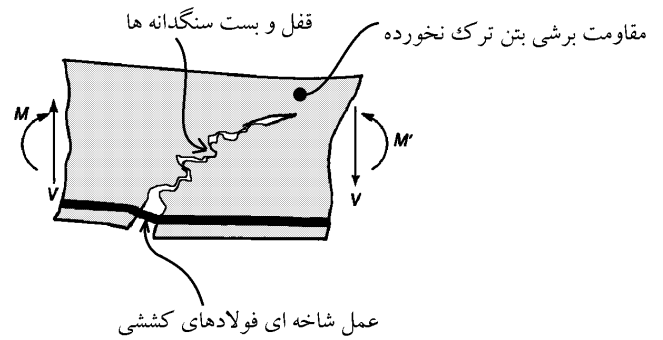
(مهندس عمران ۷۷)

۱۲- در تیر - دیوار بتن آرمه منحنیهای کششی اصلی و فشاری کدامند؟

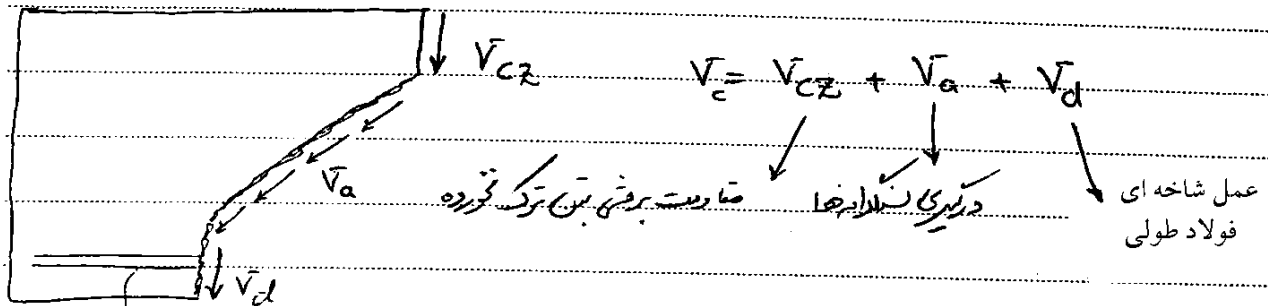


- (۱) منحنی های a کششی اصلی و منحنی های b فشاری اصلی هستند.
- (۲) منحنی های a فشاری اصلی و منحنی های b کششی اصلی هستند.
- (۳) منحنی های a و b با توجه به بارگذاری w در لبه پایین کششی هستند.
- (۴) منحنی های کششی اصلی و فشاری اصلی نشان داده نشده است.

۳-۴- مقاومت برشی تیر بتنی ترک خورده



مقاومت برشی بتن پس از ایجاد ترک خشی برشی :



مختلص طولی

چون سطح سطح ترک
خزده زیاد است

$$V_a > V_{cz} > V_d$$

بیشترین نقش را اصطکاک بین سنگدانه ها دارد

میزان مقاومت برشی مقطع و به ویژه میزان V_a بستگی به عرض ترک دارد و عرض ترک $\propto V_c$ (بازشدگی ترک)

* عواملی که بر میزان عرض ترک تأثیر دارند :

① با افزایش ρ و با افزایش ρ_w \rightarrow V_c \uparrow \leftrightarrow ρ_w \uparrow \leftrightarrow V_c \uparrow مقاومت برشی مقطع افزایش می یابد.
 تأخیرش پایین آید و کرنش های کشش کاهش یابد و عرض ترک کاهش می یابد.

$$\textcircled{۲} \text{ حرج زبت } \left(\frac{\text{تنش محشر}}{\text{تنش برش}} \right) = \frac{f}{v} \quad \leftarrow \begin{matrix} \uparrow \\ v_c \downarrow \end{matrix}$$

$$(\text{حرج } m \uparrow \leftarrow \text{عن زکاد عرض ترک بشتر زده, } v_c \downarrow)$$

نوع تعیین مقاومت برش بتن و (روشن ترین) دلایل روش ترقی می شود که مقطع آنض ترک خورده است. (دلایل روش از τ_{ave} استفاده می شود)

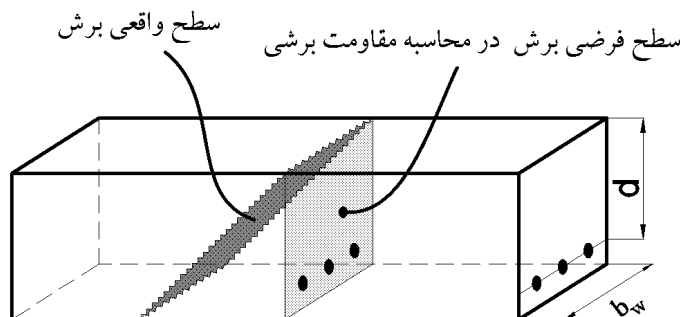
مقدار طول

چون سطح ترک خورده زیاد است

$$v_a > v_{cz} > v_d$$

بیشترین تنش را اصطکاک بین سندانها دارد

برای محاسبه مقاومت برشی مقطع دو روش داریم: ۱- روش تقریبی، ۲- روش دقیق. در هر دو روش مقاومت مقطع بر اساس سطح فرضی عمود بر صفحه محاسبه می شود:



روش تقریبی:

$$v_c = \varphi_c 0.2 \sqrt{f'_c}$$

تنش برشی مقاوم بتن:

$$V_c = v_c (b_w d) = \varphi_c 0.2 \sqrt{f'_c} (b_w d)$$

نیروی برشی مقاوم بتن:

$$v_c \rightarrow \text{mpa} \quad \leftarrow \quad \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad \text{واحد تنش ها}$$

$$b_w d \rightarrow \text{mm} \quad \leftarrow \quad \text{mm است} \quad \text{واحد طول ها}$$

$$V_c \rightarrow \text{N} \quad \leftarrow \quad \text{واحد نیروها}$$

مثال: مقاومت برشی یک تیر بتنی به ابعاد $b=30 \text{ cm}$ و $d=50 \text{ cm}$ چقدر می باشد؟ ($f'_c=250 \text{ kg/cm}^2$)

$$V_c = 0.65 \times 0.2 \times \sqrt{25} \times 300 \times 500 = 97500 \text{ N} = 97.5 \text{ kN}$$

* سوال: تنش کششی مقاوم بتن چقدر است؟

$$V_c = \left(0.175 V_c + 12 \rho_w \frac{V_{ud}}{m_u} \right) b_w \cdot d$$

$$V_c \leq (1.75 V_c) b_w \cdot d \quad \frac{f}{\tau} = \frac{\frac{6 m_u}{b d^2}}{\frac{V_u}{b d}} \times \frac{m_u}{V_{ud}}$$

مقدار $\frac{V_{ud}}{m_u}$ نباید بزرگتر از یک شود. اگر $\frac{V_{ud}}{m_u} > 1$ شد ← مقدار یک را قرار دهیم

V_c نباید از $[1.75 V_c] b_w \cdot d$ بیشتر در نظر گرفته شود.

$$V_c \leq (1.75 V_c) b_w \cdot d$$

نکته: از آنجا که شکست برشی خطرناک تر از شکست خمشی است (شکست خمشی شکل پذیری بیشتری دارد و نرم تر است) آیین نامه ضرایب اطمینان را طوری در نظر گرفته که مقاومت برشی اعضا بسیار بالاتر از مقاومت خمشی آنها باشد.

مثلاً اگر در یک تیر تحت بارگذاری مقدار $V_u = 15 \text{ ton}$ و $M_u = 10 \text{ ton-m}$ شود، آیین نامه طور ضرایب را تعیین می‌کند که $M_n = 20 \text{ ton-m}$ شود و $V_n = 40 \text{ ton}$ شود.

(مهندس عمران ۷۶)

۱۷- مقاطع خمشی بتن آرمه را باید طوری طراحی کرد که:

(۱) گسیختگی خمشی و برشی هم‌زمان اتفاق بیفتد تا طرح اقتصادی باشد.

(۲) گسیختگی برشی قبل از گسیختگی خمشی اتفاق بیفتد.

(۳) گسیختگی خمشی قبل از گسیختگی برشی اتفاق بیفتد.

(۴) گسیختگی خمشی و برشی با هم اتفاق نیفتد.

گزینه ۳

گزینه ۳. شکست برشی ترد است یعنی اگر تیری تحت اثر برش زیاد به صورت برشی خراب شود، شکست آن ناگهانی خواهد بود. در حالیکه در شکست خمشی از آنجا که مقاطع طراحی شده همگی کم فولاد طراحی می‌شوند، در لحظه خرابی آرماتورهای کششی مثل آدامس! کش آمده و تغییر شکل‌های بزرگ داریم و تیر ابتدا کلی خم می‌شود و بعد خراب می‌شود. بنابراین آیین نامه ضرایب اطمینان را طوری تعیین می‌کند که همیشه مقاطع تیرها قبل از شکست برشی شکست خمشی داشته باشند.

۱۴- آیا آرماتورهای طولی خمشی در یک تیر بتن آرمه نقشی در مقاومت برشی تیر دارند؟ (مهندس عمران ۷۶)

(۱) بله، اگرچه این اثرات وجود دارند، به صورت محاسباتی در جایی منظور نمی شوند.

(۲) بله، مقدار آرماتور طولی در روابط دقیق محاسبات مقاومت برشی آمده اند.

(۳) خیر، مگر اینکه قطر آرماتور طولی کمتر از ۲۰ میلی متر باشد.

(۴) خیر، برش در تیرهای بتن آرمه توسط آرماتورهای عرضی کنترل می شود.

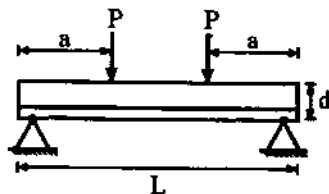
گزینه ۲. به فرمول محاسبه دقیق برش مراجعه کنید. علت اینکه آرماتورهای طولی در مقاومت برشی وارد شده اند چیست؟

آرماتورهای کششی در پایین مانع از باز شدن بیش از حد ترک ها می شوند (آنها را می دوزند). اگر ترکها بیش از اندازه باز شوند، عامل اصلی مقاومت برشی بتن (یعنی اندرکنش و یا گیر کردن سنگدانه ها به هم) از بین می رود. به همین دلیل با افزایش درصد آرماتور سنگدانه های بتن ترک خورده بیشتر به هم گیر می کنند و مقاومت برشی افزایش می یابد.

برای تیر (شکل زیر) با ابعاد و آرماتورهای خمشی و برشی ثابت، مقاومت برشی تیر در کدام حالت، بیشتر

(مهندس عمران ۸۰)

است؟



$$\frac{a}{d} = 2 \quad (1)$$

$$\frac{a}{d} = 3/5 \quad (2)$$

$$\frac{a}{d} = 5 \quad (3)$$

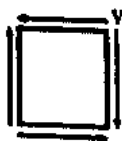
(۴) مقاومت برشی بستگی به فاصله a ندارد.

گزینه ۱. در چند تست قبل گفتیم که هرچه $\frac{Vd}{M}$ افزایش یابد مقاومت برشی بتن بیشتر است. در طول L از تیر در میانه تیر برش صفر و در دو انتها به فاصله a برش برابر p می باشد. در طول a حداکثر مقدار M نیز برابر Pa می باشد. هرچه P به انتها نزدیک تر شود، مقدار M کاهش یافته و در نتیجه ترکهای خمشی بسته تر شده و $\frac{Vd}{M}$ افزایش یافته و در نهایت مقاومت برشی افزایش می یابد.

یک المان کوچک از تیر بتن مسلحی تحت برش خالص قرار می گیرد. مطلوب است تعیین v_{max} بدون

(مهندس عمران ۷۶)

به وجود آمدن ترک برشی (مدول گسیختگی بتن: $f_r = 30 \text{ kgf/cm}^2$)



$$\frac{30\sqrt{2}}{2} \text{ kgf/cm}^2 \quad (2)$$

$$\frac{15\sqrt{2}}{2} \text{ kgf/cm}^2 \quad (1)$$

$$30 \text{ kgf/cm}^2 \quad (4)$$

$$60 \text{ kgf/cm}^2 \quad (3)$$

گزینه ۴.

(مهندس عمران آ (۸۶))

۳۲- وجود نیروی محوری در بتن چه تأثیری بر مقاومت برشی مقطع دارد؟

(۱) اگر نیروی محوری فشاری باشد، سبب کاهش مقاومت برشی مقطع است.

(۲) اثری بر روی مقاومت برشی ندارد.

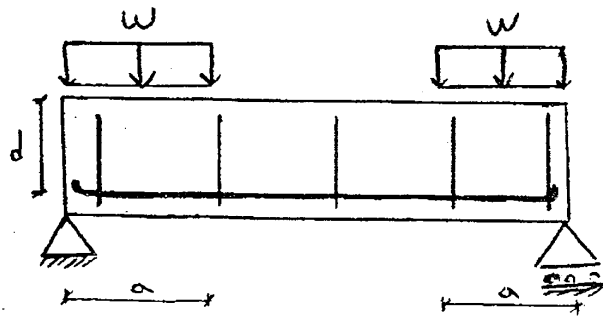
(۳) اگر نیروی محوری کششی باشد، سبب کاهش مقاومت برشی مقطع است.

(۴) کاهش یا افزایش مقاومت برشی مقطع، بستگی به نسبت نیروی محوری به لنگر خمشی دارد.

گزینه ۳. نیروی کششی ترک ها را بازتر کرده و سنگدانه ها کمتر به یکدیگر گیر کرده و مقاومت برشی کاهش می یابد.

۱۳۶- برای تیر بشی نشان داده شده با ابعاد و آرماتورهای طولی و عرض ثابت، مقاومت برشی تیر در نواحی نزدیک تکیه گاه نسبت به

وسط دهانه ...



(۱) بیشتر است

(۲) کمتر است

(۳) تفاوتی ندارد

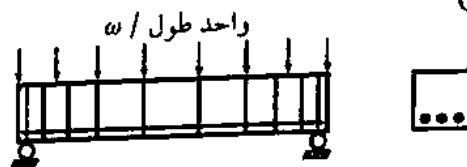
(۴) نمی توان اظهار نظر قطعی کرد

گزینه ۱. مقاومت برشی علاوه بر مقدار آرماتورهای طولی، مقاومت بتن و مساحت مقطع بتنی، به نسبت $\frac{Vd}{M}$ در تیر نیز بستگی.

در نقاطی که لنگر زیاد است تیر بیشتر ترک خورده و تیری که ترک های خمشی عمیق تر و بازتری داشته باشد، مقاومت برشی بتن آن نیز کمتر خواهد بود. در شکل فوق هرچه به تکیه گاه نزدیک تر شویم لنگر کاهش یافته و برش افزایش می یابد و در نتیجه $\frac{Vd}{M}$ افزایش می یابد. پس در نواحی نزدیک تکیه گاه که لنگر کمتر است مقاومت برشی نیز بیشتر است.

با افزایش بار گسترده ثابت w در واحد طول تیر شکل روبرو که دارای فولادی به میزان ρ ، برابر با $\frac{1}{3}$ مقدار فولاد متوازن است، $\left(\rho = \frac{1}{3}\rho_b\right)$

(مهندس عمران آزاد ۸۰)



(۱) ابتدا ترک های خمشی در پایین و وسط تیر ایجاد می شود و با افزایش بار ترکها به داخل تیر نفوذ می کنند اما وجود فولادهای برشی از نفوذ ترکها تا اندازه زیادی جلوگیری می کنند. در نتیجه نهایتاً فولاد پاره می شود و تیر دچار زوال کششی می شود.

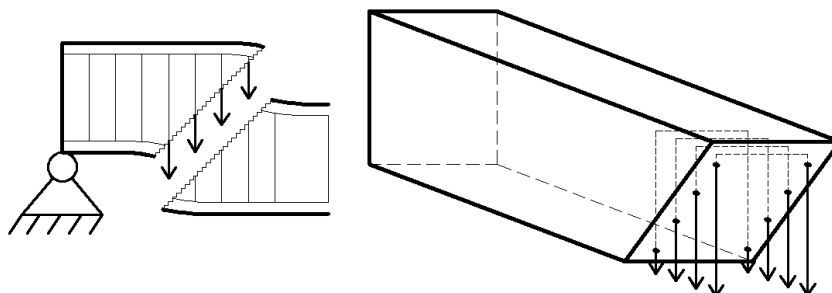
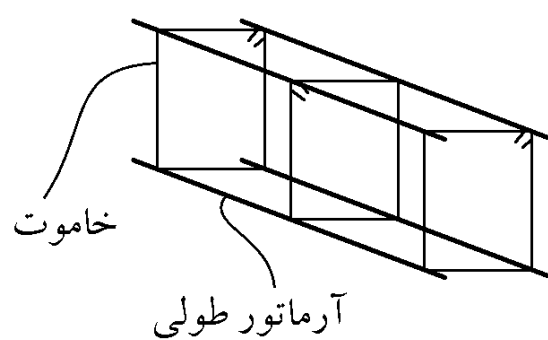
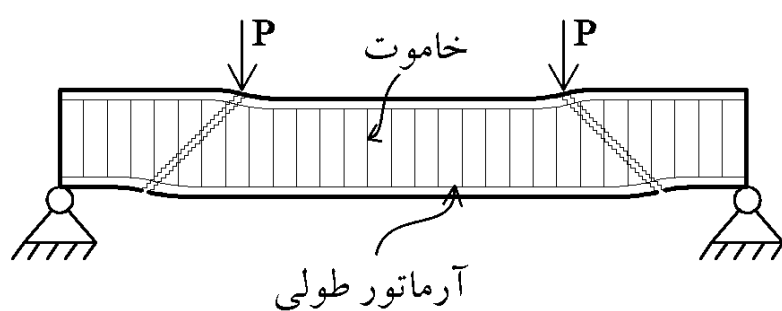
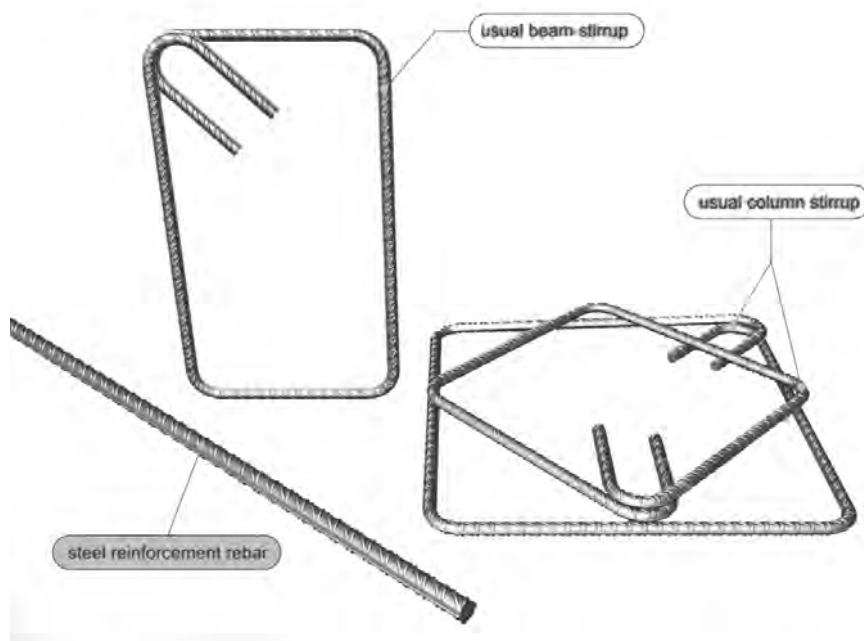
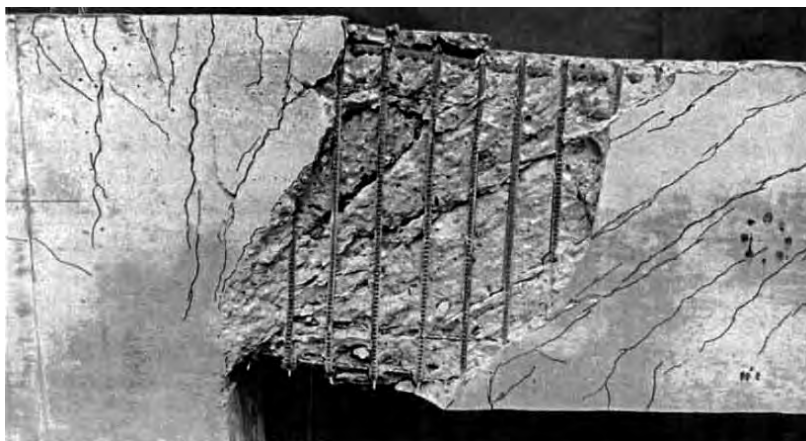
(۲) ابتدا ترکهای خمشی در پایین و وسط تیر ایجاد می شود و با افزایش بار ترکها به داخل تیر نفوذ می کنند. محور خمشی به سمت بالای تیر حرکت می کند و در نهایت فولاد تسلیم شده و با افزایش بار بتن نیز خرد می شود و تیر دچار زوال ثانوی فشاری می شود.

(۳) ابتدا ترک های خمشی در پایین و وسط تیر ایجاد می شود و با افزایش بار تعداد ترک های در طول تیر افزایش می یابند. در نتیجه ترکها در اثر فروکش بار به هم می پیوندند و بخش زیرین تیر به تدریج خرد می شود و فرو می ریزد. سپس در اثر تمرکز تنش کششی، فولاد نیز پاره می شود و بتن به دنبال آن خرد می شود و تیر به کلی فرو می ریزد.

(۴) ابتدا ترک های خمشی در پایین و وسط تیر ایجاد می شود و با افزایش بار، ترکها به داخل تیر نفوذ می کنند به طوری که سطح مقاوم برشی در تیر کاهش می یابد و اگر فولاد فشاری در بالای تیر تعبیه شود، تیر هم در برابر برش و هم در برابر لنگر خمشی مقاومت نشان می دهد و گرنه تیر در برش زوال می یابد.

گزینه ۲:

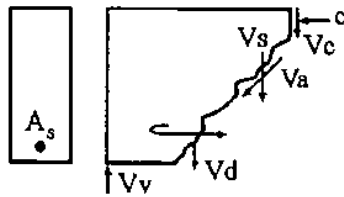
۴-۴- آرماتورهای عرضی



پس از ترک خوردن بتن، آرماتورهای عرضی (خاموت ها) بتن ها را به هم می دوزند!
در شکل فوق چهار خاموت در نگهداری بتن مشارکت دارند. با توجه به اینکه بتن ترک خورده می خواهد سقوط کند، آرماتورهای عرضی تحت اثر کشش خواهند بود.

۱۶- در تیر بتن مسلح نشان داده شده پس از آنکه ترکهای قطری اتفاق افتاد، مجموع نیروهای برشی عبارتند از:

(مهندس عمران ۷۳)



$$V_c + V_{ay} + V_d \quad (۱)$$

$$V_c + V_d \quad (۲)$$

$$V_c + V_{ay} + V_d + V_s \quad (۳)$$

$$V_c \quad (۴)$$

گزینه ۳. V_c مقاومت برشی بتن ترک نخورده می باشد. V_a : مقاومت برشی ناشی از درگیری سنگدانه ها در ناحیه بتن ترک خورده (V_{ay} مولفه قائم آن) است. V_d : اثر فولادهای طولی که به اثر dovel مشهور است که باعث دوخته شدن ترک ها و مانع از باز شدن بیش از حد ترک ها می شود. V_s : اثر آرماتورهای عرضی (خاموت ها) می باشد که به صورت کششی برش را تحمل می کنند. از این چهار اثر مجموع سه عامل اول را مقاومت برشی بتن نشان داده و با V_c نشان می دهند و عامل چهارم را مقاومت برشی آرماتورهای عرضی (یا مقاومت برشی فولاد) می نامند و با V_s نشان می دهند.

(مهندس عمران ۷۵)

۱۵- آرماتورهای عرضی در تیرهای بتن آرمه قبل از تشکیل ترکهای قطری:

(۱) مقدار قابل توجهی تنش تحمل می کنند و پس از تشکیل ترکهای قطری تمامی تنش برشی وارده را تحمل می کنند.

(۲) مقدار قابل توجهی تنش تحمل می کنند و پس از تشکیل ترکهای قطری مقاومت برشی تیر بتن آرمه را افزایش می دهند.

(۳) عملاً خالی از تنش هستند و پس از تشکیل ترکهای قطری تمامی تنش برشی وارده را تحمل می کنند.

(۴) عملاً خالی از تنش هستند ولی پس از تشکیل ترکهای قطری مقاومت برشی تیر بتن آرمه را افزایش می دهند.

گزینه ۴: تا وقتی که بتن ترک مایل نخورد، آرماتورهای عرضی به کشش نمی افتند و نیرو در آنها ناچیز خواهد بود.

۵- در ارتباط با بررسی مقاومت برشی مقاطع بتن آرمه، کدام عبارت صحیح است؟

(مهندس عمران ۸۱)

(۱) فولاد طولی خمشی نقشی در مقاومت برشی تیر ندارد.

(۲) حضور فولاد طولی خمشی باعث می شود تا مقاومت برشی تیر همواره از مقاومت خمشی کمتر باشد.

(۳) اثر فولاد طولی خمشی، در مقاومت برش نهایی تأمین شده توسط بتن (V_c) ملحوظ شده است.

(۴) اثر فولاد طولی خمشی در مقاومت برشی نهایی تأمین شده توسط آرماتور برشی (V_s) منظور شده است.

گزینه ۳

در یک بخش از تیر مستطیل شکلی که هم دارای فولاد طولی خمشی و هم فولاد خاموت برشی می باشد، در اثر بارگذاری، ترکهای ناشی از خمش به وجود آمده اند، ترک عرضی برشی مشاهده نمی شود. در چنین وضعیتی، کدام عوامل زیر، عوامل اصلی ایجاد مقاومت برشی معادل می باشند؟ (مهلدها همراه آزاد ۸۶)

(۱) فقط بتن و فولاد طولی و تنش اصطکاکی (interlocking)

(۲) فقط بتن

(۳) بتن و فولاد طولی و تنش اصطکاکی (interlocking) و فولاد برشی

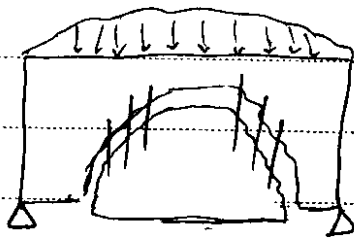
(۴) فقط بتن و فولاد طولی

گزینه ۱. در تیرهای بتنی تا وقتی که ترک برشی (ترک مایل با زاویه ۴۵ درجه) ایجاد نشده آرماتورهای عرضی (خاموتها) وجود نیروی برشی را احساس نمی کنند!

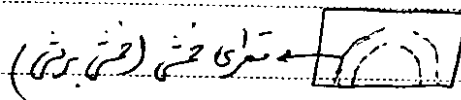
علت: خاموتها زمانی نیرو تحمل می کنند که ترک های مایل تشکیل شده و بخواهند باز و باز تر شوند و در این حالت است که خاموتها به کار افتاده و با تحمل کشش این ترک ها می دوزند. دقت شود که ترک های خمشی ترکهای مایل نیستند بلکه به صورت قائم (عمود بر محور تیر) تشکیل می شوند و چون خاموتها این ترک ها را قطع نمی کنند و بنابراین به کشش نمی افتند.

نتیجه: تا وقتی که بتن ترک مایل نخورده تنها عامل مقاوم در برابر مقاومت برشی خود بتن (شامل اصطکاک و عمل شاخه ای فولاد طولی) است و به محض ایجاد ترک مایل خاموتها به کمک بتن می شتابند!

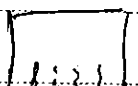
مقاومت برشی آرماتورهای عرضی ۵
اگر بتن حالتی مقاومت کمتری در برابر برش دارد شده برشته باشد به وسیله آرماتورهای قائم آرماتور
مطابق شکل نتویست می گیریم. (خاموتها) (خاموتهای برشی) (مقاومت کشش تحمل می کنند)



✓ قبل از تشکیل ترک قطری آرماتورهای عرضی
فاقد نیروی کشش هستند.
✓ پس از ایجاد ترک قطری (ادامه ترک خشی برشی)
خاموتها قسمتی از برش را تحمل می کنند.



در مقاومت برشی ← ابتدا نقطه V_{cz} داریم ← $V_c = V_{cz}$



→ $V_c = V_{cz} + V_a + V_d$ $V_{cz} > V_a > V_d$
سهم بیشتری دارد

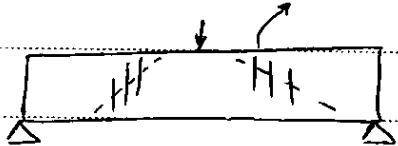


اثر فولاد طولی

→ $V_{total} = V_{cz} + V_a + V_d + V_s$ $V_a > V_{cz} > V_d$
سهم فولاد عرضی
 V_c سهم بتن

پس از ترک خوردن، آرماتور برشی با تحمل سبزی مجری
قسمت از برش را تحمل می کند

تا آرماتور برشی در مقاومت برشی



توجه شود که مقاومت برشی آرماتورهای طولی که با
 V_d نشان می دهیم در مقاومت برشی بتن در نظر گرفته می شود.

$$V = \underbrace{V_{cz} + V_a + V_s}_{V_c} + \underbrace{V_d}_{V_s}$$

مقاومت برشی بتن مقاومت برشی فولاد

$$V_c = (1.95 V_c + \rho_w \frac{V_d}{m_n})$$

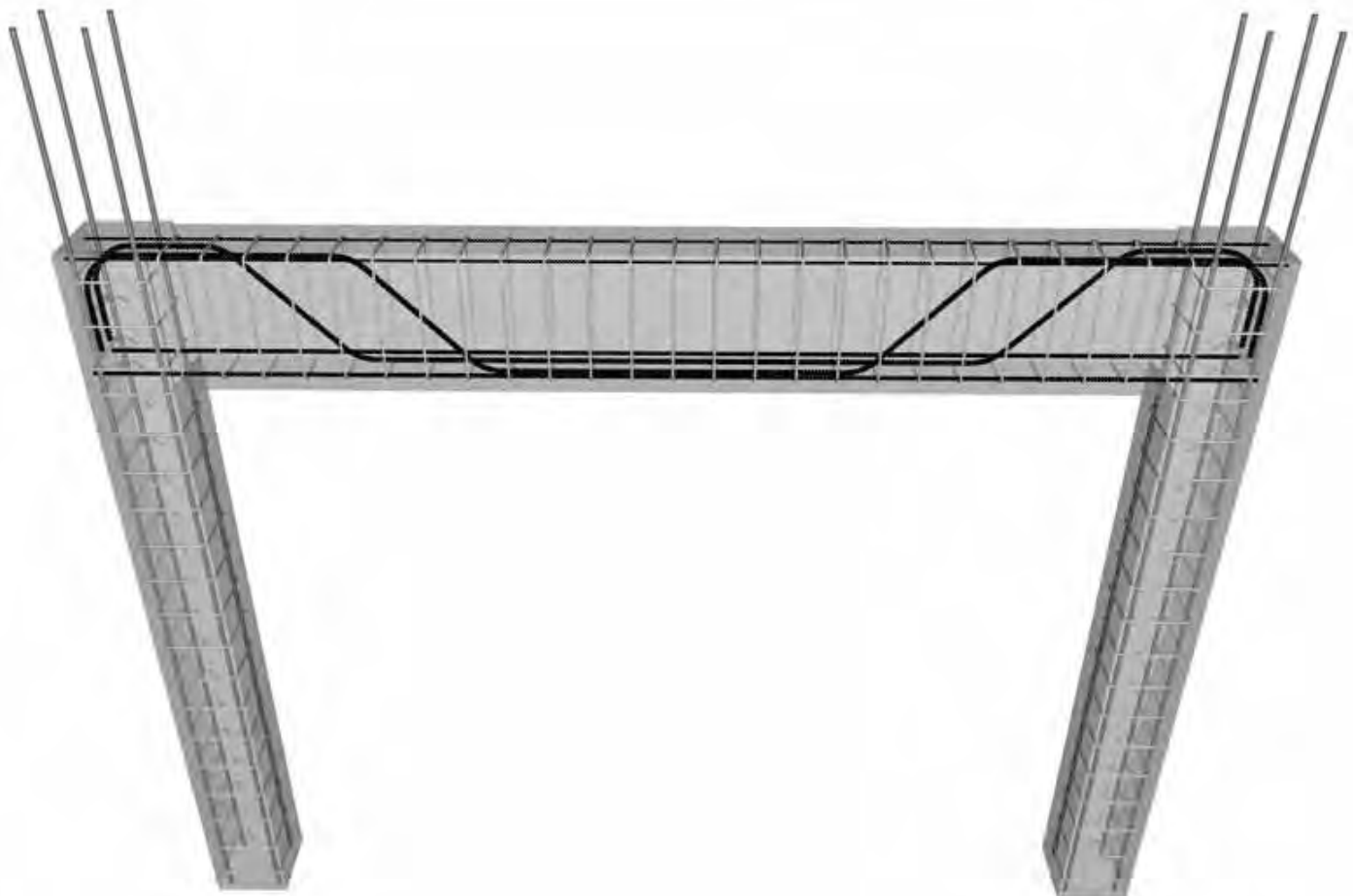
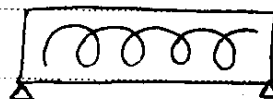
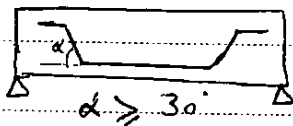
انواع آرماتور برشی:

۱- تنگ یا جانبی قائم

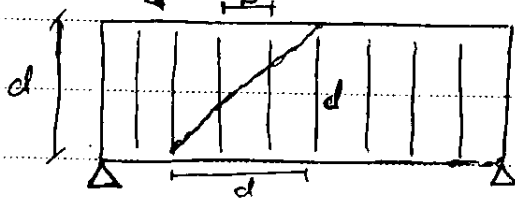
۲- تنگ یا جانبی مایل

۳- آرماتور طولی خم شده (مایل)

۴- آرماتور مارپیچ

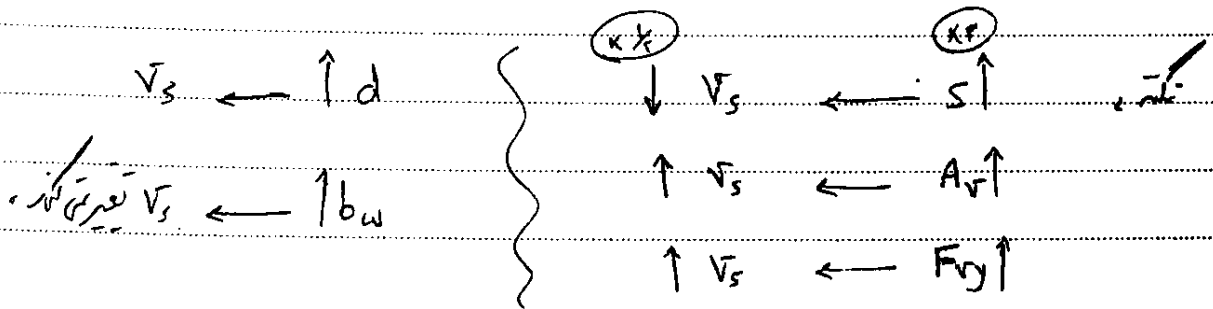


نحوه محاسبه \bar{V}_S برای جانوت قائم: چون ترک ۴۵ درج زنی می شود

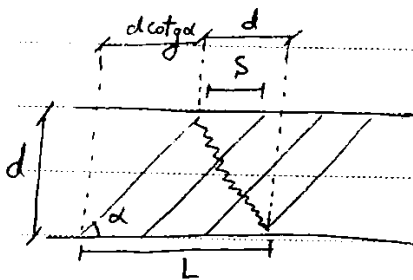


$n = \frac{d}{s}$ تعداد آرماتورها
یک ترک می دورند

$$\bar{V}_S = \left(\frac{d}{s}\right) \times A_{V_S} \times (\phi_S F_y) = \frac{A_{V_S}}{s} d \phi_y d$$



نحوه محاسبه مهارت برش جانوت های مایل:



تعداد آرماتورها
قطع شده

$$= \frac{L}{s} = \frac{d(1 + \cot \alpha)}{s}$$

$$V_S = \frac{A_V}{s} [d(1 + \cot \alpha)] \sin \alpha \phi_y$$

مؤلفه قائم نیروی کششی در جانوت ها

$$V_S = \frac{A_V}{s} (\sin \alpha + \cos \alpha) d \phi_y$$

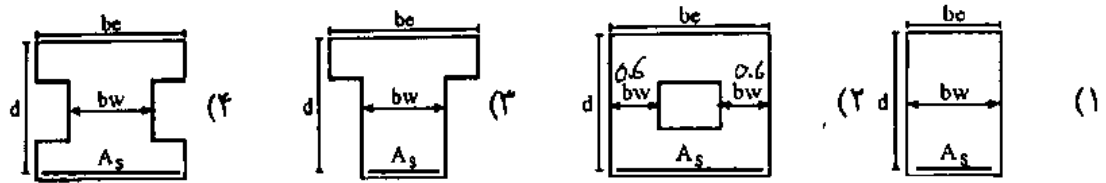
تأثیر نیروی محوری بر مهارت برش بتن ← نیروی فشاری ↑

$$V_c = \gamma_c \left(1 + \frac{N_u}{17 A_g}\right) b_w d$$

مؤلفه مهارت جانوت ها تأثیر ندارد ← نیروی کششی ↑

$$V_c = \gamma_c \left(1 - \frac{N_u}{17 A_g}\right) b_w d$$

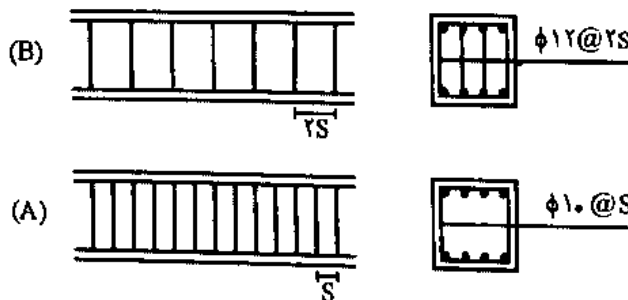
۲- مقطع تیر بتن آرمه مطابق شکل‌های زیر در نظر است. در صورتی که عمق مؤثر تیر، مقدار فولادهای عرضی (خاموت) و مشخصات مصالح مصرفی آنها یکسان باشد، مقاومت کدام شکل در مقابل نیروهای برشی بیشتر است؟ $d=45\text{cm}$ و $be=60\text{cm}$ و $bw=30\text{cm}$ (مهندس عمران ۸۹)



گزینه ۲. مساحت جان گزینه ۲ از همه بیشتر است.

۳- دو طرح (A) و (B) برای خاموت‌گذاری برشی یک تیر بتن آرمه پیشنهاد شده است. مقاومت تأمین شده توسط آرماتورهای عرضی در طرح (B) چند برابر مقاومت مربوطه در طرح (A) خواهد بود؟

(مهندس عمران ۸۹)



$$\frac{V_{SB}}{V_{SA}} = 1/0 \quad (1)$$

$$\frac{V_{SB}}{V_{SA}} = 1/31 \quad (2)$$

$$\frac{V_{SB}}{V_{SA}} = 1/439 \quad (3)$$

$$\frac{V_{SB}}{V_{SA}} = 0/694 \quad (4)$$

گزینه ۳

$$\begin{aligned} \text{B} \rightarrow V_s &= \frac{4 \times \pi \times 6^2}{2 \times S} \times f_y = 72 \frac{\pi d}{S} f_y \\ \text{A} \rightarrow V_s &= \frac{2 \times \pi \times 5^2}{S} \times f_y = 50 \frac{\pi d}{S} f_y \end{aligned} \quad \left. \begin{aligned} & \\ & \end{aligned} \right\} \frac{V_{SB}}{V_{SA}} = \frac{72}{50} = 1.44$$

تمرین:

۷- در یک تیر بتن آرمه مسلح به آرماتور برشی، مقاومت برشی تمام عوامل مؤثر (به جز آرماتور برشی)، یک سوم مقاومت برشی ناشی از آرماتور برشی می‌باشد. چنانچه فاصله آرماتورهای برشی در تیر سه برابر شود، مقاومت برشی تیر چند برابر خواهد شد؟ (مهندس عمران ۸۰)

(۴) صفر

(۳) ۲

(۲) ۰/۷۵

(۱) ۰/۵

$$\begin{aligned} \text{حالت اول} \rightarrow V &= \frac{V_s}{3} + V_s = \frac{4V_s}{3} \\ \text{حالت دوم} \rightarrow V &= \frac{V_s}{3} + \frac{V_s}{3} = \frac{2V_s}{3} \end{aligned} \quad \left. \begin{aligned} & \\ & \end{aligned} \right\} \frac{V_2}{V_1} = \frac{1}{2}$$

۸- در یک تیر بتن آرمه مسلح به آرماتور برشی، مقاومت برشی تمام عوامل به جز آرماتور برشی، نصف مقاومت ناشی از آرماتور برشی می‌باشد. چنانچه فاصله آرماتورهای برشی در تیر نصف شود، مقاومت برشی چند برابر خواهد شد؟ (مهندس عمران ۷۹)

(۴) بدون تغییر

(۳) ۲

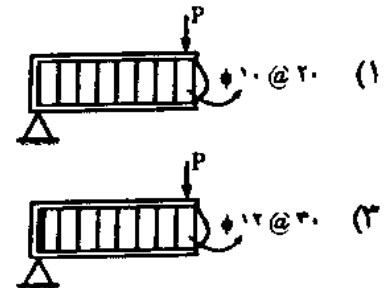
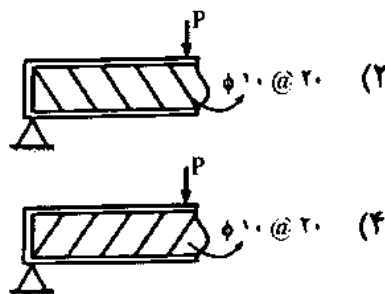
(۲) ۱/۷

(۱) ۱/۳

$$\left. \begin{array}{l} \text{حالت اول} \rightarrow V_1 = \frac{V_s}{2} + V_s = \frac{3}{2} V_s \\ \text{حالت دوم} \rightarrow V_2 = \frac{V_s}{2} + 2V_s = \frac{5}{2} V_s \end{array} \right\} \rightarrow \frac{V_2}{V_1} = \frac{\frac{5}{2}}{\frac{3}{2}} = \frac{5}{3} = 1.67$$

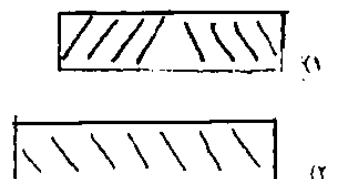
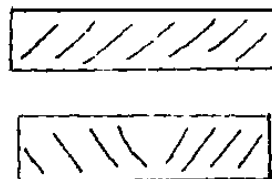
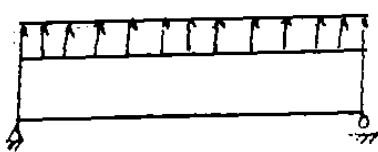
۹- اگر در تیرهای موجود تنها جهت آرماتور برشی تغییر کرده باشد، مقاومت برشی کدامیک بیشتر است؟ (مهندس عمران ۷۹)

(مهندس عمران ۷۹)



گزینه ۲

۱۳۵- نامناسب ترین آرماتورگذاری عرضی در تیر نشان داده شده در شکل کدام گزینه است؟ (تیر از نوع عمیق نمی باشد)



گزینه ۴

۱۰- دو طرح (A) و (B) برای خاموت گذاری یک تیر بتن آرمه پیشنهاد شده‌اند. مقاومت تأمین شده توسط آرماتورهای عرضی (خاموت) در طرح (A) چند برابر مقاومت مربوطه در طرح (B) خواهد بود؟ (مهندس عمران ۷۸)

(مهندس عمران ۷۸)



$$\frac{(V_s)A}{(V_s)B} = 1/0 \quad (2) \quad \frac{(V_s)A}{(V_s)B} = 0/64 \quad (1)$$

$$\frac{(V_s)A}{(V_s)B} = 1/5625 \quad (4) \quad \frac{(V_s)A}{(V_s)B} = 1/25 \quad (3)$$

$$\left. \begin{array}{l} (A) \rightarrow V_s = \frac{4 \times \pi \times 5^2}{2 \times 25} d \times F_y = 50 \frac{\pi}{5} d F_y \\ (B) \rightarrow V_s = \frac{2 \times \pi \times 4^2}{25} d \times F_y = 32 \frac{\pi}{5} d F_y \end{array} \right\} \frac{V_{sA}}{V_{sB}} = \frac{50}{32} = 1.5625$$

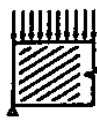
۱۱- آرایش کدامیک از جزئیات میلگردگذاری شکل‌های مقابل به لحاظ ثوریک برای مقاومت در برابر

(مهندس عمران ۷۸)

نیروی برشی مناسب‌تر است؟



(D)



(C)



(B)



(A)

A (۱)

B (۲)

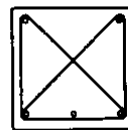
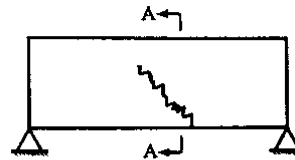
C (۳)

D (۴)

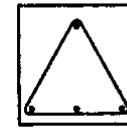
گزینه ۲

۲۲- برای کنترل ترک خمشی برشی تیر رویرو کدام نوع میلگرد برشی در مقطع مناسب‌تر است؟

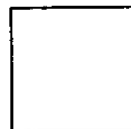
(مهندس عمران آزاد ۸۴)



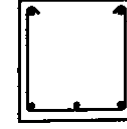
مقطع A-A (۲)



مقطع A-A (۱)



(۴) هر سه گزینه یکسان است.



مقطع A-A (۳)

گزینه ۲:

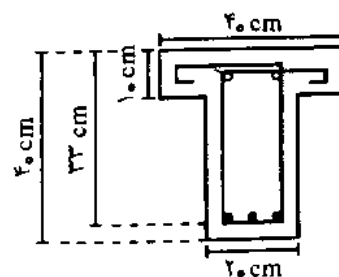
مقاومت برشی خاموت‌های مایل در مقطع؟

۳۳- برای تیرهای شکل‌های a و b زیر، که در آنها از فولاد آجدار $\phi 10$ به عنوان فولاد برشی استفاده شده

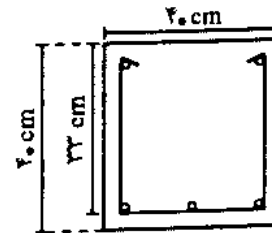
است و مساحت فولاد طولی در هر دو مقاطع 16 cm^2 می‌باشد و $f'_c = 250\text{ kg/cm}^2$ و $f_y = 3000\text{ kg/cm}^2$

(مهندس عمران آزاد ۸۱)

می‌باشد، کدام عبارت صحیح است؟



(a)



(b)

(۱) مقاومت برشی نهایی اسمی (nominal) هر دو مقطع یکسان است.

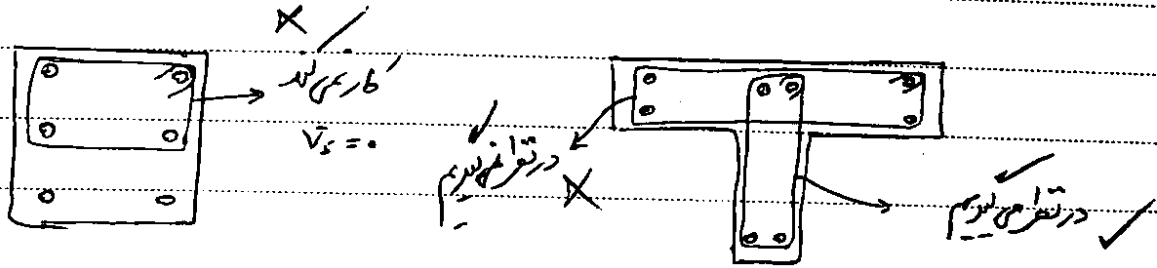
(۲) مقاومت برشی نهایی اسمی (nominal) مقطع b بیشتر از مقطع a است.

(۳) مقاومت برشی نهایی اسمی (nominal) a بیشتر از مقطع b است.

(۴) مقاومت برشی نهایی اسمی (nominal) مقاطع بستگی به میزان بار وارده بر آنها دارد.

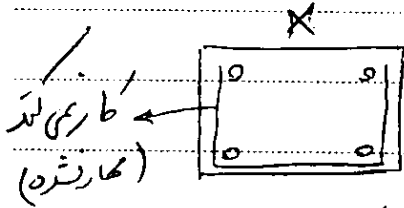
گزینه ۲

نکات ۱ آرماتورهای برش از درزترین تا فشاری تا تار کشی باید مقدار یابند اگر نیابند در نظر گرفته نمی شوند



* باید یک خابوت پیوسته از بالا تا پایین استفاده شود تا بتوان آن را در نظر گرفته شود.

نکات ۲ خابوت باید در بالا و پایین مهار شود وگرنه کار نمی کند.



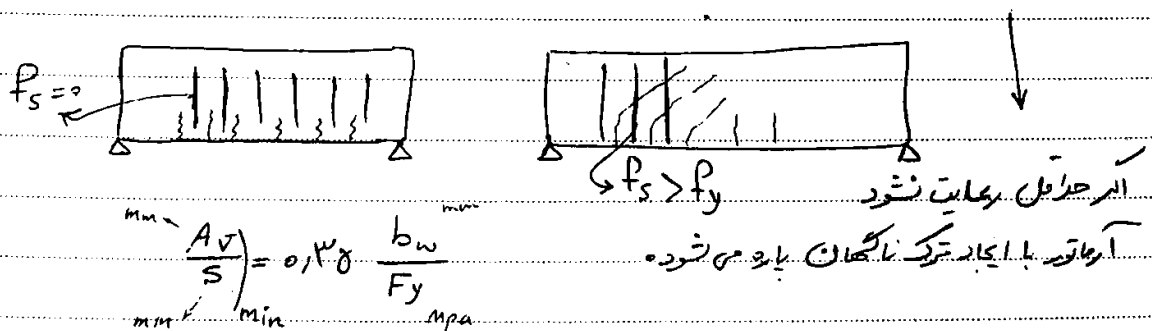
نکات ۳ مقدار F_y خابوت نباید از 400 Mpa بیشتر باشد. (علت اجایی)

علت اگر از فولاد قوی تر استفاده کنیم در محله خرابی گزش های بالایی خواهد داشت و عرض ترکها بیشتر خواهد بود و کمتر از مقداری خواهد بود که این نامه وضع کرده.

$$\epsilon_y = \frac{F_y}{E} = \frac{f_y}{2 \times 10^5}$$

معیار این نامه رسیدن خابوت به F_y معادل خرابی است قبل از خرابی (قبل از رسیدن به F_y ، مقدار ϵ_y با رقص کم عرض بودن ترکها محاسبه می شود)

نکات ۴ آرماتور جداول ۲ اگر مقدار آرماتور برش از یک حدی کمتر باشد به عرض برید آردن ترک قطری و احتمال نیرو به آرماتور به علت کم بودن مقدار آن در ضعیف بودن آن بلا فاصله پاره می شود (تخلت ترک)



$$\frac{A_v}{s} \times F_y \times d > 0.138 \times b_w \times d$$

نکته طبق این نامه اگر $V_u > \frac{V_c}{2}$ موجود باشد از آرماتور برش (جدول ۲) استفاده شود

اگر $V_u < \frac{V_c}{2}$ موجود نباشد از آرماتور برش نیت.

۹-۱۵-۳ حداقل آرماتور برشی

۹-۱۵-۳-۱ در تمامی اعضای خمشی بتن آرمه‌ای، به غیر از موارد مندرج در بند ۹-۱۵-۳-۲،

که در آنها مقدار V_u از نصف مقدار V_c تجاوز کند، باید آرماتور برشی به کار برده شود.

مقدار آرماتور برشی حداقل از رابطه (۹-۱۵-۱۳) به دست می‌آید:

$$A_{svmin} = 0.06 \sqrt{f_c} \frac{b_w S_n}{f_{yv}} \quad (9-15-13)$$

۹-۱۵-۳-۲ در موارد زیر ضوابط مربوط به بخش‌های مربوطه ملاک عمل خواهد بود.

الف) دال‌ها و شالوده‌ها

ب) سقف‌های ساخته شده با سیستم تیرچه‌های بتنی مطابق تعریف بند ۹-۱۴-۲-۶

پ) تیرهایی که ارتفاع آنها کمتر از ۲۵۰ میلی‌متر است.

ت) تیرهایی که به صورت یکپارچه با دال ریخته شده و ارتفاع کل آنها کمتر از دو و نیم برابر

ضخامت دال، نصف پهنای جان و ۶۰۰ میلی‌متر باشد.

آرماتور حداقلی و آیین نامه می‌خواهد که حتماً در لحظه نهایی شکست برشی، آرماتورهای برشی تسلیم شوند.
- شکست آیین به صورت شکست تردین نباشد
- علاوه بر آن اگر مقدار آرماتور برشی از یک صدی بالاتر رود اجرای آیین (بتن تردین) سخت می‌شود.

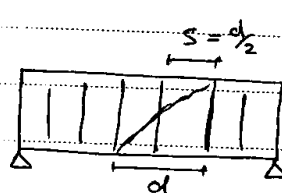
$$V_s < \min \left(\frac{4V_c}{3}, 3b_w d \right)$$

$$V_c = 0.12 \phi \sqrt{f_c} = 0.12 \times 0.6 \sqrt{f_c} = 0.112 \sqrt{f_c} \quad 4V_c = 0.448 \sqrt{f_c}$$

$$V_c < 0.5 \sqrt{f_c}$$

آیین نامه جدید: مقدار $V_r (= V_c + V_s)$ نباید بیشتر از $0.25 \phi f_c b_w d$ در نظر گرفته شود.

$$S < \frac{d}{2}$$



حداکثر فواصل آرماتورهای برشی ۸

برای اینکه ترک‌ها به تعداد کافی

آرماتور برشی قطع کنند محدودیت

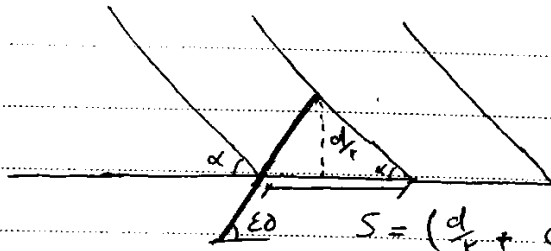
فوق بیان شده است.

در شرایط خاص که مقدار V زیاد است باید $S < \frac{d}{4}$ باشد.

$$\begin{cases} V_s > 2V_c \Rightarrow S_{max} = \frac{d}{4} \\ V_s < 2V_c \Rightarrow S_{max} = \frac{d}{2} \end{cases}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} V_u > 0.125 \phi f_c b_w d \rightarrow S_{max} = \frac{d}{4} \\ V_u < 0.125 \phi f_c b_w d \rightarrow S_{max} = \frac{d}{2} \end{array} \right\} \text{ آیین نامه جدید:}$$

حداکثر مواصل خاوتها برای خاوتهای مایل :



حوضه در جهت از وسط مقطع $(\frac{d_f}{2})$ در

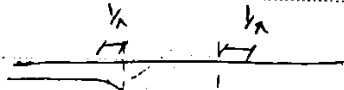
جهت عکس العمل است. مایلدهای

نشی مایل رسم شود. مایل یک

خاوت - مقطع کند.

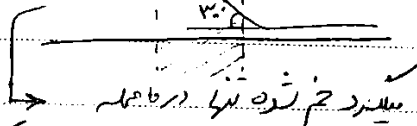
$$S = (d_f + \cot \alpha \cdot d_f)$$

$$S = d_f (1 + \cot \alpha)$$



در رابط با مایلدهای خم شده :

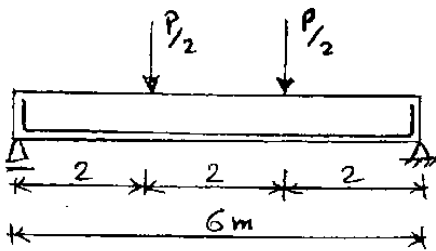
$$V_s = A_v \cdot P_y \cdot \sin \alpha$$



مایل خم شده خود می تواند برش تحمل کند.

سراسری ۹۲

۱۱۹- تیر بتن آرمه‌ای نشان داده شده در شکل زیر، مفروض است. لنگر مقاوم مقطع در تمام طول تیر 600 kN.m و مقاومت برشی حداقل تیر بدون فولاد برشی $V_c = 50 \text{ kN}$ است. برای افزایش مقاومت برشی تیر، دهانه‌های برش را تا حداکثر ممکن با خاموت برشی تقویت می‌کنیم. گزینه‌ی صحیح در این حالت، کدام است؟



- (۱) بار گسیختگی کل تیر از 100 kN به 300 kN افزایش پیدا می‌کند.
- (۲) بار گسیختگی کل تیر از 100 kN به 500 kN افزایش پیدا می‌کند.
- (۳) بار گسیختگی کل تیر از 100 kN به 600 kN افزایش پیدا می‌کند.
- (۴) بار گسیختگی کل تیر تفاوتی نمی‌کند، چون در وسط دهانه برش صفر بوده و خمش حاکم است.

گزینه ۲.

لنگر حداکثر در تیر برابر $P \text{ kN.m}$ می‌باشد. بنابراین از نقطه نظر خمشی حداکثر بار P برابر 600 kN می‌باشد.

برش حداکثر در تیر برابر $P/2 \text{ kN}$ می‌باشد. بنابراین از نقطه نظر برشی (بدون خاموت) حداکثر بار P برابر 100 kN می‌باشد.

مقاومت برشی خاموت ها می‌تواند حداکثر برابر $4V_c$ در نظر گرفته شود. یعنی می‌توان با قرار دادن خاموت مقاومت برشی مقطع را حداکثر به مقدار $V = V_c + V_s = 5V_c = 250 \text{ kN}$ افزایش داد. نتیجه:

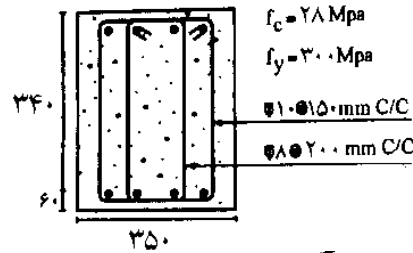
برش حداکثر در تیر برابر $P/2 \text{ kN}$ می‌باشد. بنابراین از نقطه نظر برشی (با خاموت) حداکثر بار P برابر 500 kN می‌باشد. البته این

ضابطه در مبحث ۹ ایران تغییر کرده است. احتمالاً طراح بر اساس ACI سوال را طرح کرده و بر تفاوت آیین نامه ایران با ACI واقف نبوده است.

- ۲۶- چرا حداکثر فاصله خاموت باید رعایت شود؟
- (۱) برای اطمینان از قطع همه ترکهای برشی توسط خاموتها
- (۲) برای اطمینان از جاری شدن خاموتها
- (۳) برای اطمینان از مهار کامل خاموتها و عدم گسیختگی در ترکهای مورب برشی
- (۴) هر سه مورد
- گزینه ۱

مقاومت برشی طراحی مقطع نشان داده شده در شکل زیر چقدر می باشد: (براساس آیین نامه آبا)

(مهندس عمران آزاد ۸۴)



(۱) $195/4 \text{ kN}$

(۲) $182/4 \text{ kN}$

(۳) $166/4 \text{ kN}$

(۴) $216/8 \text{ kN}$

آرماچور $\varnothing 8 \oplus 20$ برش تحمل نمی کند ← فاصله آنها از $\frac{d}{2}$ بیشتر

$$V_r = 0.2 \varphi_c \sqrt{f_c} \times 340 \times 350 + \frac{A_v}{s} \times \left(\varphi_s \times 300 \right) = 172651 \text{ N} = 172 \text{ kN}$$

$0.65 \leftarrow 28$
 $150 \leftarrow 0.85$

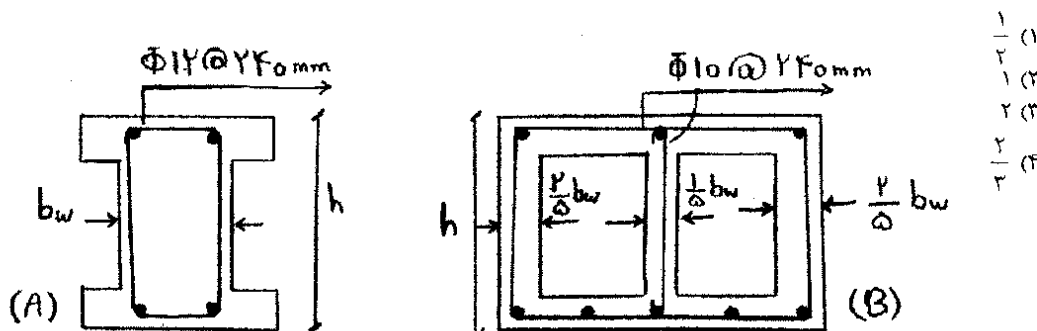
آیین نامه بیل $\varphi_c = 0.6 \rightarrow V_r = 166354 \text{ N} = 166.4 \text{ kN}$

۳۴- علت اصلی محدودیت حداکثر آرماچور برشی در اعضای بتن مسلح چیست؟ (مهندس عمران آزاد ۸۱)

- (۱) جلوگیری از شکست برشی - کششی
- (۲) جلوگیری از شکست برشی - فشاری
- (۳) جلوگیری از تراکم آرماچور برشی
- (۴) کاهش هزینه ها و ارائه طرح بهینه

گزینه ۲

۱۱۴- دو مقطع A و B به صورت زیر می‌باشند. مطلوبست تعیین نسبت ظرفیت برشی مقطع A به مقطع B در صورتی که مقاومت مشخصه فولاد و مقاومت مشخصه بتن در دو مقطع یکسان باشد؟



مقطع A $\rightarrow 0.2$

$\Rightarrow (V_{1A} = V_{1B})$

نسبت بتن برشی در دو مقطع یکسان است ✓

$$0.94 = \frac{2 \times \pi \times 6^2}{240} \Leftrightarrow \frac{3 \times \pi \times 5^2}{240} = 0.98 \quad \checkmark$$

مقطع A مقطع B

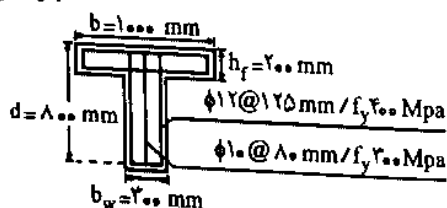
کدامیک از گزینه‌های زیر، بر طبق آیین‌نامه ACI، یک طرح فولاد برشی مناسب برای یک مقطع مستطیلی به ابعاد: ۳۰ سانتی‌متر = عمق مؤثر و ۲۵ سانتی‌متر = عرض و ۴۰ سانتی‌متر = ارتفاع کل و مقاومت ۲۸ روزه بتن آن ۲۲۵ کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع و تنش تسلیم فولاد برشی برابر با ۳۰۰۰ کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع می‌باشد؟

- (۲) $U\phi 10$ به فاصله ۲۰ سانتی‌متر
(۴) $U\phi 8$ به فاصله ۲۲ سانتی‌متر

- (۱) $U\phi 10$ به فاصله ۱۵ سانتی‌متر
(۳) $U\phi 8$ به فاصله ۶ سانتی‌متر

گزینه ۳

۴- در تیر مقابل با فولادگذاری برشی نشان داده شده، ظرفیت برشی فولادهای برشی به صورت (مهندس عمران ۸۱)



تئوریک کدام است؟ ($\phi_s = 1/0$ منظور شود)

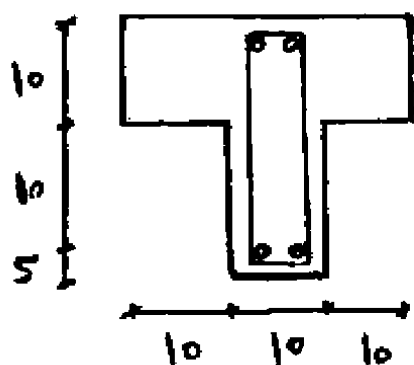
(۱) $814 kN$

(۲) $578 kN$

(۳) $1025 kN$

(۴) $1940 kN$

$$V_s = \leq \frac{A_v}{s} d f_y = \left[\frac{\pi \times 5^2}{80} \times 800 \times 300 \right] + \left[\frac{2 \times \pi \times 6^2}{120} \times 800 \times 400 \right] = 814678 N = 814 kN$$



۱۳۹- چنانچه برش قابل تحمل توسط بتن از رابطه $V_c = 0.5 \sqrt{f'_c} b_w d$ محاسبه شود. برای تیر مقابل که تحت برش ۳ تن قرار گرفته است، مقدار فاصله خامورتها از یکدیگر (محاسباتی) چقدر باید باشد؟ (واحدهای شکل بر حسب cm می باشد)

$$f'_c = 100 \text{ kg/cm}^2, f_y = 3000 \text{ kg/cm}^2, A_v = 0.5 \text{ cm}^2 \text{ هر شانه}$$

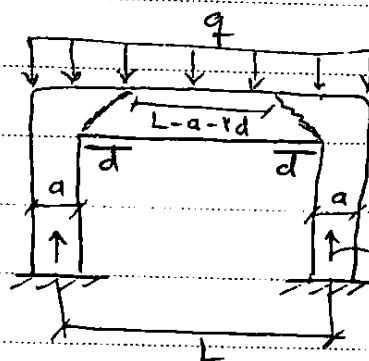
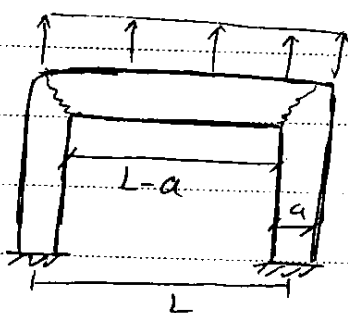
10 cm (۱)

30 cm (۳)

20 cm (۲)

60 cm (۱)

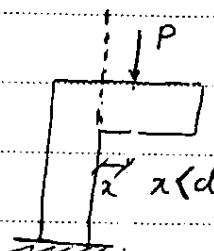
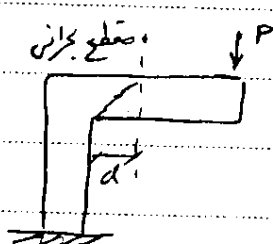
$$V = 0.5 \sqrt{f'_c} b_w d + \frac{2 A_v}{s} d f_y \Rightarrow s = 60 \text{ cm} \Rightarrow \boxed{s \text{ نباید بیشتر از } \frac{d}{2} = 10 \text{ cm}} \Rightarrow \text{گزینه ۴ صحیح است}$$



مقطع بحرانی برش :

مکان العمل
تکیه داخلی

✓ اگر محل العمل تکیه گاه در امتداد برش ابعاد شده در نواحی انتهایی تیر ایجاد فشار کند
✓ و اگر هیچ بار متمرکزی در فاصله برد داخلی تکیه گاه تا مقطع بحرانی دار نشود
مقطع بحرانی برش برابر برش به فاصله d از برد داخلی تکیه گاه است



مقطع بحرانی

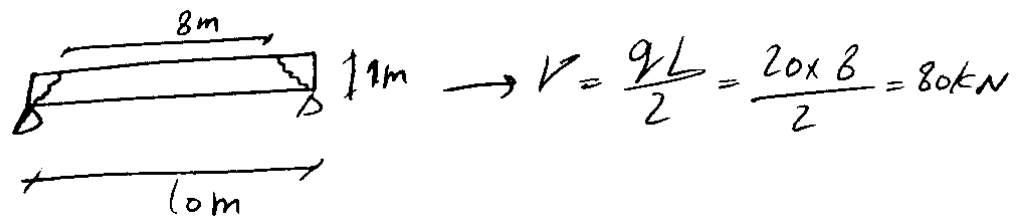
۱۱۸- در یک تیر ساده با طول ۱۰ متر و عمق مؤثر ۱۰۰ سانتیمتر و بار نهایی گسترده ۲۰ KN.m برش نهایی طراحی برابر است با:

۱۲۰ KN (۴)

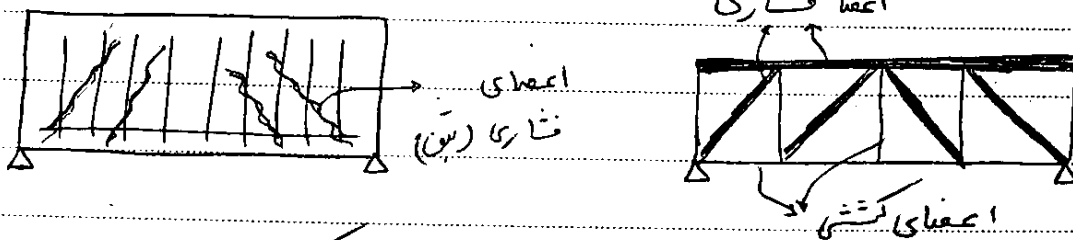
۲۰۰ KN (۳)

۱۰۰ KN (۲)

۸۰ KN (۱)



عملکرد خرابی تحت برش :



تحت اثر بار قائم، اعضای قائم و نیز آرماتور طولی بصورت اعضای کششی خراب و تین فشاری بالای متقاطع و نیز تین فشاری قطری بصورت اعضای فشاری عمل می‌کند.
 اگر آرماتور برش بیشتر از حد اکثر باشد قبل از تسلیم آرماتورهای برش تین قطری خراب می‌شود. شکست ترد

۴-۵- تیرهای عمیق

۹-۱۵- ضوابط ویژه برای اعضای خمشی با ارتفاع زیاد (تیرهای عمیق)

۹-۱۵-۱۴- گستره

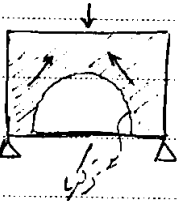
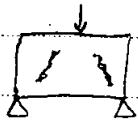
ضوابط این قسمت باید در مورد اعضای خمشی که دارای شرایط (الف) و (ب) باشند، رعایت شوند:

الف- نسبت طول دهانه آزاد به ارتفاع مقطع $\frac{l}{h}$ در آنها کمتر از دو باشد.

ب- بار روی تیر در وجه فشاری، مقابل وجهی که روی تکیه‌گاه‌ها می‌نشیند، وارد آید به طوری که امکان به وجود آمدن دستک‌های فشاری از سمت بار به سمت تکیه‌گاه‌ها موجود باشد.

11.7 — Deep beams

11.7.1 — The provisions of 11.7 shall apply to members with l_n not exceeding $4h$ or regions of beams with concentrated loads within a distance $2h$ from the support that are loaded on one face and supported on the opposite face so that compression struts can develop between the loads and supports. See also 12.10.6.



✓ در تیر عمیق اول ترک تشریعی ایجاد می‌شود نه ترک فشر

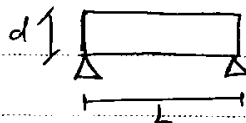
✓ پس از تشکیل ترک‌های تشریعی، تیر تبدیل به تیر می‌شود

✓ تیرهای عمیق با وجود آن ترک تشریعی خراب نمی‌شود.

با افزایش بار { ۱. بتن فشاری بالا خراب شود

۲. آرماتور کشش پایین تسلیم یا از داخل بتن سرخورد خارج شود.

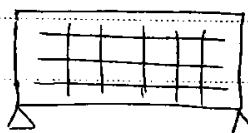
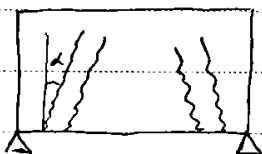
تیرهای عمیق: ✓ تیرهایی که مقدار برش نسبت به نظر بسیار بالاست.



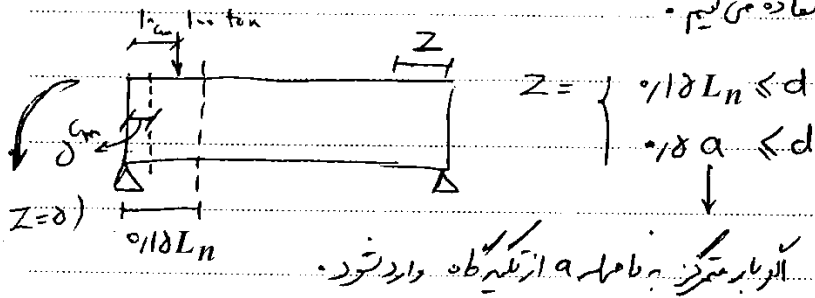
$$\frac{l}{d} < 4 \quad \checkmark$$

✓ در تیرهای عمیق علاوه بر آرماتور برش قائم، آرماتور طولی نیز برای برش لازم است.

✓ زاویه ترک‌های برش کمتر از ۴۵° است.



✓ مقطع بحرانی برای تیرهای عمیق ۲. اولاً برش را تنها در مقطع بحرانی حساب کرده برای کل تیر از برش حداکثر محاسبه شده در مقطع بحرانی استفاده می‌کنیم.

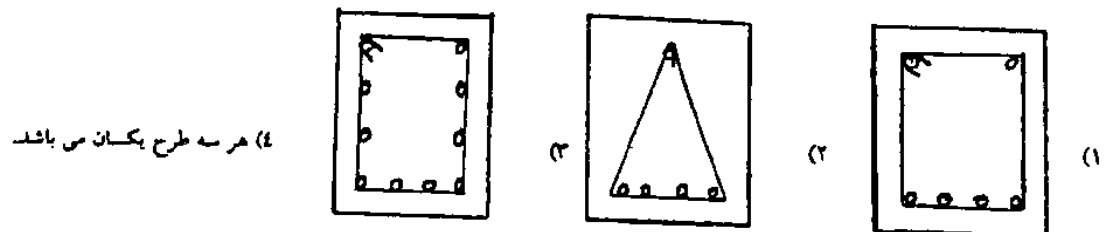


$$V_s = \left[\frac{A_s}{12s} \left(1 + \frac{L_n}{d} \right) + \frac{A_{vh}}{12s_r} \left(11 - \frac{L_n}{d} \right) \right] \phi_s f_y d < 4 \gamma_c b_w d$$

$s < d/8$ $s_r < d/4$

آزاد ۸۶

طراحی تیری با دهانه‌های یکسره با طول دهانه آزاد ۵ متر و ارتفاع ۲ متر مدنظر می‌باشد کدامیک از آرایش‌های آرماتورها مناسب‌تر است؟



گزینه ۳. با توجه به طول و ارتفاع تیر از نوع عمیق است و علاوه بر آرماتورهای عرضی برشی به آرماتورهای طولی برشی در ارتفاع مقطع نیز نیاز داریم.

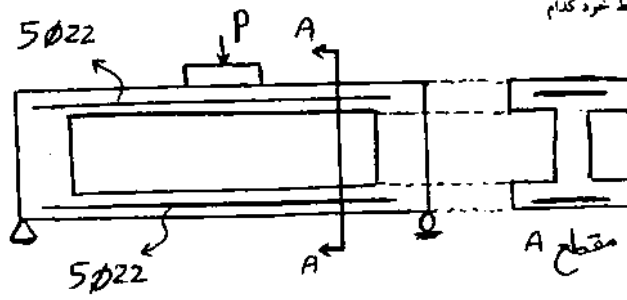
سراسری ۹۲

۱۲۱- در مناطق زلزله‌خیز، نبایستی از تیرهای بتن آرمه‌ی عمیق همراه با ستون‌های با عرض کم استفاده کرد، چون در هنگام یک زلزله‌ی شدید:

- (۱) مفاصل خمیری در ستون‌ها تشکیل خواهد شد.
- (۲) خاموت‌های ستون‌ها دچار گسیختگی می‌شوند.
- (۳) آرماتورهای طولی ستون، جاری خواهند شد.
- (۴) مفاصل خمیری به تعداد زیاد تشکیل و سازه ناپایدار می‌شود.

گزینه ۱ صحیح است.

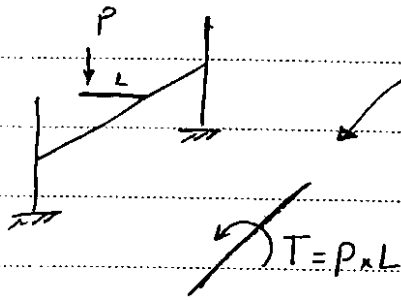
۱۳۸- در تیر دو سر مفصل بتن آرمه روپرو تحت بار متمرکز در وسط تیر کدام نوع شکست محتمل تر است؟



- (۲) شکست خردشدگی جان
(۱) شکست فرسایش

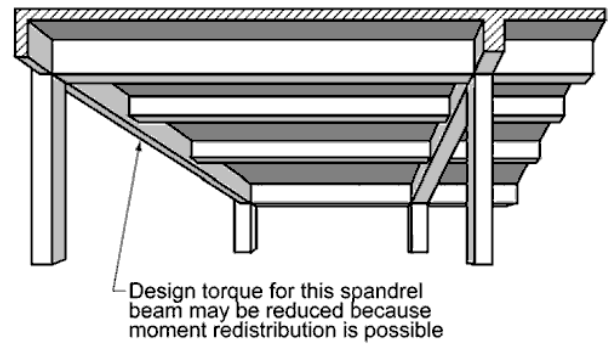
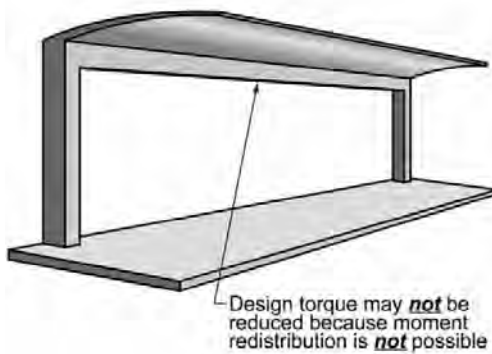
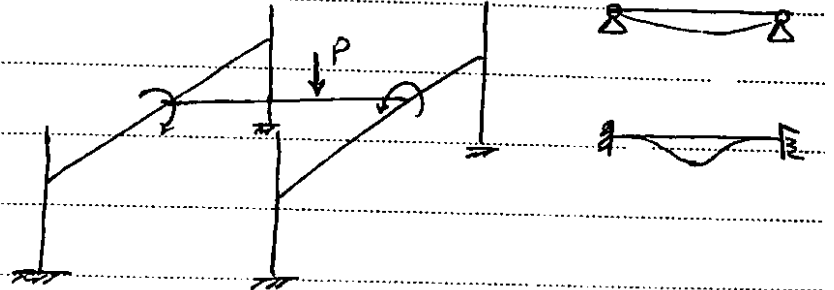
- (۱) شکست خمشی
(۳) شکست برشی در تکیه گاهها

گزینه ۲:



۱- پیچش تعادل (معین)
۲- پیچش هماری (نامعین)

نکته: در تیرهای میان پیچش نداریم.
تکای دائم



۳- در صورت اتصال گیردار یک تیر، تحت بار قائم به وسط دهانه یک تیر دیگر، می توان گفت: لنگر پیچشی ایجاد شد در عضو دوم، ...

(مهندس عمران ۸۰)

(۱) اکثراً قابل اغماض است.

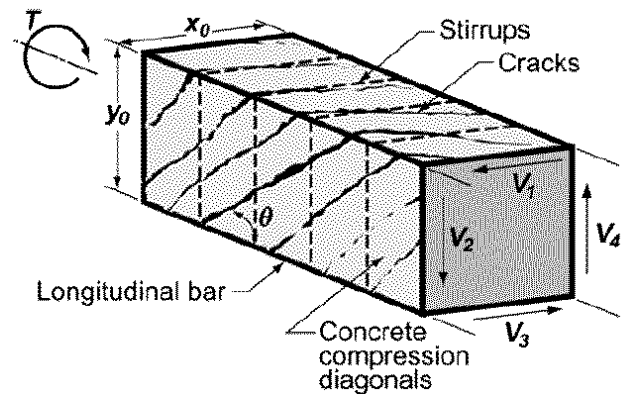
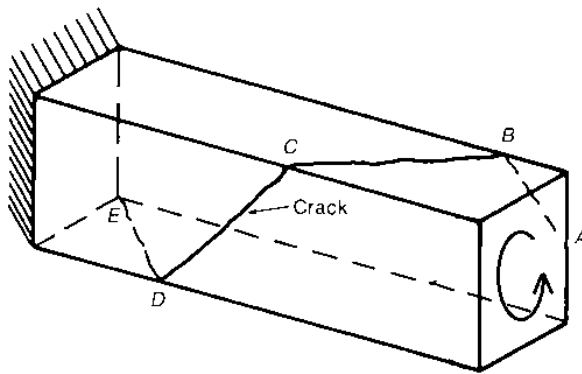
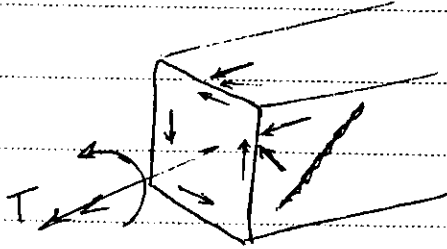
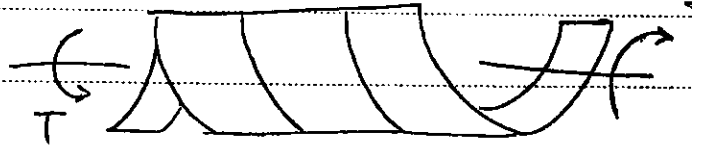
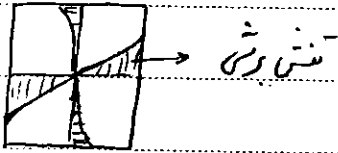
(۲) مانند لنگرهای پیچشی تعادلی محسوب می شود.

(۳) به دلیل امکان باز توزیع لنگرها، کاهش می یابد.

(۴) به دلیل امکان باز توزیع لنگرها، افزایش می یابد.

گزینه ۲

تخمین و تعیین نوع ترک‌ها: ✓ در مقاطع مستطیلی حداکثر تنش برش ناشی از پیچش در وسط ضلع بزرگتر اتفاق می‌افتد.

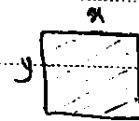


در بتن بدون آرماتور برشی: با اعمال T اولین ترک‌ها در وسط ضلع بزرگ شروع شده و وقتی به ضلع‌ها کوچک بالایی و پایینی رسیدند با ترک‌هایی با زوایای نامشخص، ترک‌پشتی در بر روی به یکدیگر وصل شوند.

مقاومت پیچش بتن بدون آرماتور:

$$T_{cr} = 2 \frac{A_c^r}{P_c} \nu_c = 2 \frac{A_c^r}{P} (0.12 \phi \sqrt{f_c})$$

T_{cr} مقاومت پیچش بتن (است) که اگر $T = T_{cr}$ شود مقطع تحت پیچش ترک می‌خورد.



$$A_c = xy$$

$$P_c = 2(x+y)$$

آیین نامه جدید:

۹-۱۵-۷-۱ در صورتی که مقدار T_u از مقدار $0.25T_{cr}$ کمتر باشد، طراحی برای پیچش ضرورتی

ندارد. مقدار T_{cr} از رابطه (۹-۱۵-۱۵) به دست می‌آید:

$$T_{cr} = \left(\frac{A_c^r}{P_c} \right) 1/9 \lambda \nu_c$$

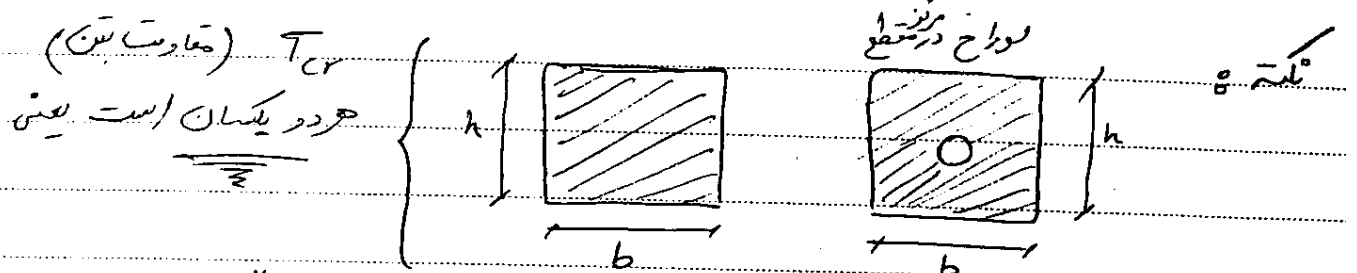
(۹-۱۵-۱۵)

پس از ایجاد ترک پیشی، مقاومت بتن به حدود ۴۰٪ کاهش می‌یابد ولی آیین نام از این مقاومت صرف نظر می‌کند یعنی

$$\begin{cases} \text{قبل از ترک} & T = T_{cr} \text{ (مقاومت ترک خوردگی)} \\ \text{بعد از ترک} & T = T_s \text{ (مقاومت آرماتورها)} \end{cases}$$

آیین نامه: اگر $T < \frac{T_{cr}}{4}$ ← نیاز به آرماتور پیشی نداریم

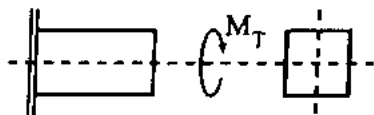
$T > \frac{T_{cr}}{4}$ ← باید آرماتور پیشی استفاده کنیم



$$T_{cr} = 2 \frac{A_c^2}{P_c} \times \gamma_c$$

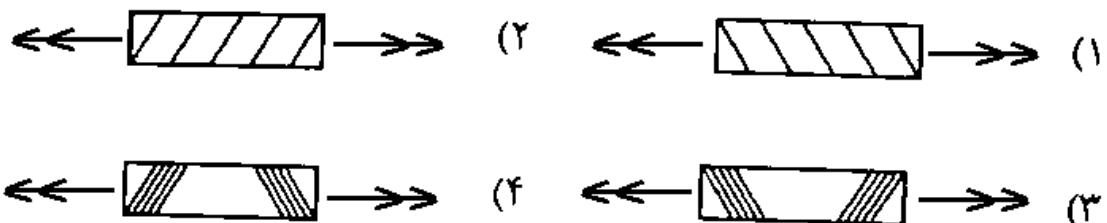
در محاسبه A_c (مساحت کل بتن) مواخ داخل مقطع را کم نمی‌کنیم (در نظر نمی‌گیریم)

۵- در بارگذاری پیشی وارد بر تیر منشوری بتن آرمه با مقطع مستطیل شکل به صورت زیر، تنش برشی ماکزیمم در کدام قسمت مقطع به وجود می‌آید؟ (مهندس عمران ۷۷)



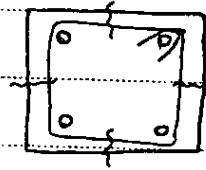
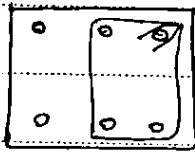
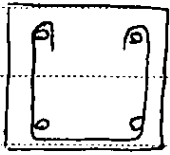
- (۱) جدار خارجی
 - (۲) داخل هسته مرکزی
 - (۳) مرکز پیشی
 - (۴) مرکز هندسی
- گزینه ۱:

۶- چنانچه یک عضو بتن آرمه تحت اثر پیشی خالص T قرار گیرد، احتمال کدام شکست بیشتر است؟ (مهندس عمران ۷۵)



گزینه ۲:

نمونه کارکرد آرماتورهای پیش‌ساخته: چون ترک‌ها در جدار خارجی شدیدتر است باید از خاموت به ترک‌ها به جدار بیرونی استفاده شود.

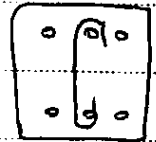


غلط! در پیش‌ساخته نمی‌کند ولی در برش کار می‌کند.

فایده نیست چون باید در محاسبه قرار نگیرد تا ترک‌ها را بدوزد.

درست!

در پیش‌ساخته کار نمی‌کند (ولی در برش کار می‌کند)



$$T = \tau (A_m t) \Rightarrow T = \tau A_o \times \frac{A_t}{S} \times \phi_s \times f_{y,v} \times \cos \theta$$

$A_o \approx 0.85$ مساحت محور در داخل خاموت

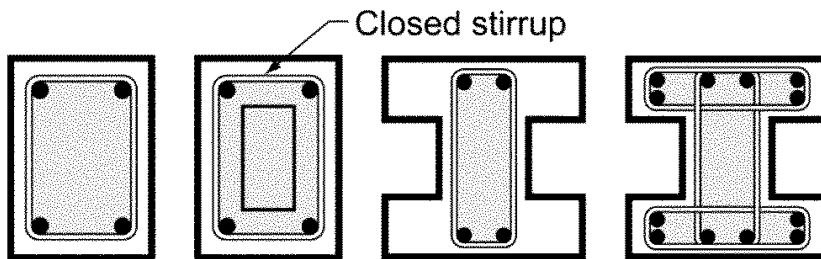
S فاصله خاموت‌ها

A_t مساحت یک شاخ خاموت

$f_{y,v}$ مقاومت تسلیم خاموت‌ها

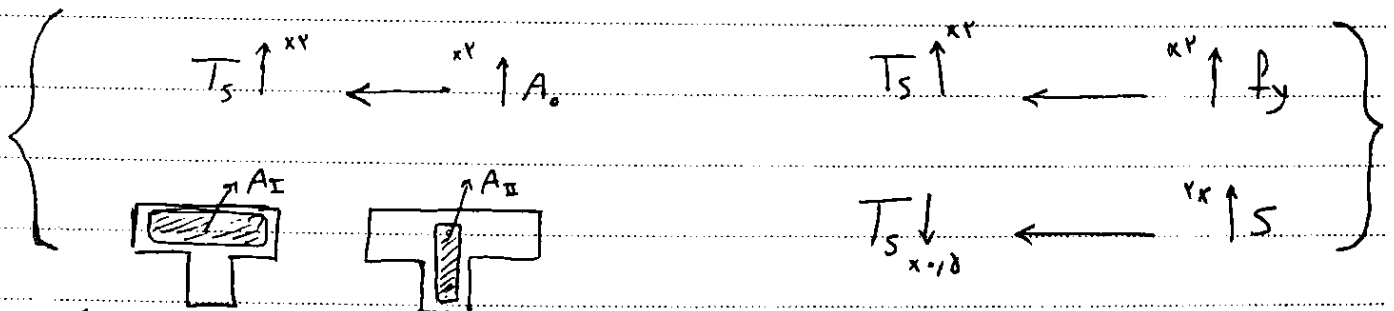
$$\cos \theta = 1$$

(خاموت‌ها فقط تحت کشش هستند)




A_{oh} = shaded area

نکته: نباید از آرماتور قوی‌تر از $F_y = 400 \text{ MPa}$ برای آرماتور پیش‌ساخته عرضی استفاده کرد.



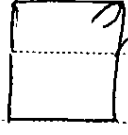
(نقطه پیش‌ساخته) - خاموت طوری قرار می‌دهیم که بیشترین A را ایجاد کند (داخل بزرگترین مستطیل)

نکته ۱ خاموت‌های که برای پیچش محاسبه می‌شوند دیگر نمی‌توان مجدداً برای برش در نظر گرفت و باید به خاموت‌های برش اضافه شوند.

$$\begin{cases} A_v = 2 \text{ cm}^2 & \text{در برش} \\ A_t = 1 \text{ cm}^2 & \text{در پیچش} \end{cases}$$


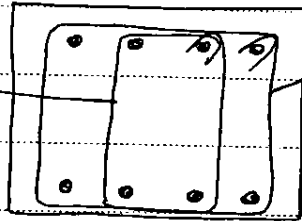
نکته ۲

For ex: $A_v = 2 \text{ cm}^2$ در برش $A_t = 1 \text{ cm}^2$ در پیچش



سهم پیچش ناشی از برش

در کاسه T_s مقدار نمی‌شود چون در محیط قرار نگرفته است



در T_s مقدار می‌شود

$$\frac{A_v}{s} + \frac{2A_t}{s} > \frac{0.35 b_w}{f_y}$$

فرمول حداقل خاموت که در محیط برش ارائه شده

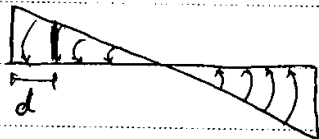
حداکثر فاصله خاموت‌های بسته پیچشی:

$$S_{max} = \min \left\{ \frac{P_h}{8}, 300 \text{ mm} \right\}$$

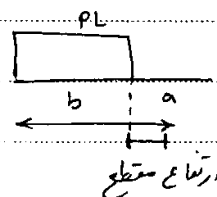
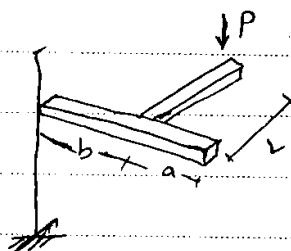
حداکثر مقدار آرماتور پیچشی در مقاطع توپر از رابطه زیر تعیین می‌شود:

$$\sqrt{\left(\frac{V_u}{bd} \right)^2 + \left(\frac{T_u P_h}{1.7 A_{oh}} \right)^2} \leq 0.25 \phi_c f_c$$

* مقطع بحرانی برای پیچش ← باید برش مقطع بحرانی به فاصله d از برشگاه باشد (مگر اینکه پیچش تمرکز اعمال شده باشد)



نکته ۲ آرماتورهای پیچشی باید از نقطه مقطع تئوریک (نقطه‌ای که دیگر از نظر محاسبات نیاز به T_s ندارد) به اندازه بزرگترین بعد مقطع ادامه یابند.



نکته: آیین نامه ACI گفته که باید با اندازه $(b+d)$ ادامه یابند که صحیح تر است.

- * نقش آرماتورهای طولی در پیچش :
- ① نگهداشتن خاموت‌های پیچش (مهارتنگ‌ها بخصوص در گوشه‌ها)
 - ② جلوگیری از باز شدن بیشتر ترک‌ها
 - ③ افزایش جزئی در مقاومت پیچش (عملیاتی) ← این نام از این افزایش صرف نظر می‌کنند

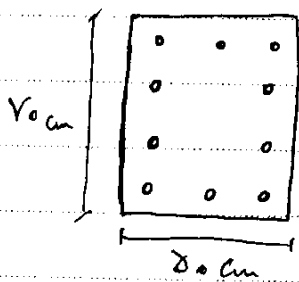
* مقدار آرماتور طولی در محاسبه T_d وارد نمی‌شود. یعنی اگر بگویند آرماتورهای طولی را ۲ برابر می‌کنیم T_d تغییر نمی‌کند.

✓ ولی مقدار آرماتور عرضی حداقل به شرح زیر باید علاوه بر آرماتور پیچش به مقطع اضافه گردد.

$$\frac{A_L \cdot f_y}{P_h} \geq \frac{A_t \cdot f_y}{s} \cot^2 \theta$$

تنش تسلیم آرماتور طولی P_h محیط خاموتها

لازم به صحت کردن است



- * آرماتورهای طولی باید در کل محیط کسره شوند بطوریکه :
- ✓ حداقل یک آرماتور در هر گوشه خاموت باشد.
 - ✓ مواصل آرماتورها از 30 cm بیشتر نشود.

۱- یک تیر بتن آرمه با دهانه ۴ متر و ابعاد مقطع ۴۰ × ۶۰ cm تحت لنگر پیچشی ثابت روی ۲ متر اول دهانه است. طراحی خاموت پیچشی برای تیر فوق مطابق کدام گزینه باید انجام گیرد؟
(مهندس عمران ۸۷)

- ۱) خاموت‌های طراحی شده باید تا طولی پس از ۲ متر اول دهانه ادامه یابند.
 - ۲) خاموت‌های طراحی شده باید تا طول ۲ متر اول دهانه ادامه یابند.
 - ۳) خاموت‌های طراحی شده باید تا طولی کمتر از ۲ متر اول دهانه ادامه یابند.
 - ۴) خاموت‌های طراحی شده باید تا نزدیکترین فاصله قبل از ۲ متر اول دهانه ادامه یابند.
- گزینه ۱

تمرین: آزاد ۸۷

۱۳۴- در طراحی یک تیر بتن آرمه برای برش و پیچش همزمان.

- ۱) از مقاومت بتن در برابر برش و پیچش بعثت ترک خوردگی بتن صرف نظر می‌گردد.
- ۲) مقاومت بتن در برابر برش در نظر گرفته شده و از مقاومت پیچشی آن بعثت ترک خوردگی بتن صرف نظر می‌گردد.
- ۳) مقاومت بتن در برابر برش و پیچش با استفاده از روابط اندرکنش در نظر گرفته می‌شود.
- ۴) مقاومت بتن در برابر برش و پیچش به صورت مستقل در نظر گرفته می‌شود.

گزینه ۲

۱- در مقاطع مستطیل شکل از بتن آرمه تحت اثر پیچش، کدام عبارت صحیح است؟

(مهندس عمران ۷۳)

- (۱) ترک خوردگی در هسته داخلی مقطع ایجاد شده و تنها فولادهای عرضی که هسته را قطع می کنند مقاوم می باشند.
 - (۲) ترک خوردگی به صورت مورب در پوسته خارجی ظاهر شده و تنها فولادهای عرضی مناسب می باشند.
 - (۳) ترک خوردگی در هسته داخلی ایجاد شده و تنها فولادهای طولی برای مقاومت در مقابل پیچش مناسب هستند.
 - (۴) ترک خوردگی به صورت مورب در پوسته خارجی ظاهر شده و فولادهای طولی و عرضی هر دو برای مقاومت در مقابل پیچش لازم هستند.
- گزینه ۴

۷- در صورت نیاز به مسلح کردن یک تیر بتنی تحت پیچش خالص، کدام توصیه مناسبتر است؟

(مهندس عمران ۷۴)

- (۱) استقرار خاموت به علاوه فولاد طولی.
 - (۲) فقط استقرار خاموت U شکل.
 - (۳) فقط استقرار خاموت بسته.
 - (۴) کاربرد خاموت بسته به علاوه فولاد طولی.
- گزینه ۴

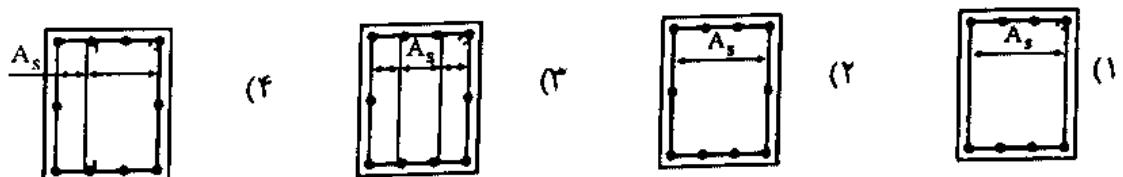
۲- در مقاطع بتنی متشکل از چند مستطیل مانند مقاطع L شکل و T شکل، بهترین محل برای قرارگیری فولادهای پیچشی کجا می باشد؟

(مهندس عمران ۸۱)

- (۱) در داخل بزرگترین مستطیل مقطع
 - (۲) در داخل کوچکترین مستطیل مقطع
 - (۳) آرماتورهای پیچشی باید به نسبت سطح اجزاء مستطیل بین آنها تقسیم شوند.
 - (۴) آرماتورهای پیچشی باید به نسبت λx اجزاء مستطیل تقسیم شوند. (x ضلع کوچک و λ ضلع بزرگ هر جزء می باشد).
- گزینه ۱

۴- برای یک تیر بتن آرمه تحت پیچش، کدام یک از فولادگذاریهای زیر مناسبتر است؟ (جمع سطح مقطع ساقها در همه حالات یکسان است).

(مهندس عمران ۷۹)



گزینه ۲

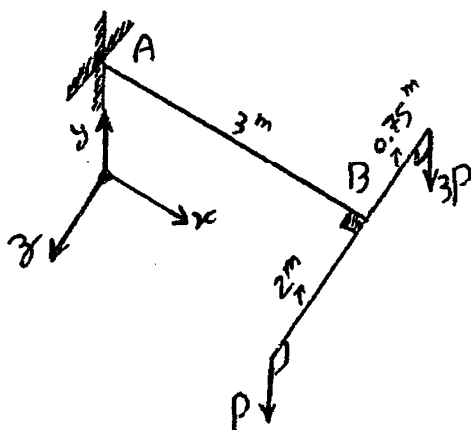
یک تیر بتن آرمه برای برش و پیچش طراحی شده است. در این تیر، از ظرفیت پیچشی بتن صرف نظر شده و $\frac{1}{3}$ ظرفیت آرماتورهای عرضی برای تحمل پیچش بکار می رود. در صورتیکه ظرفیت برشی بتن برابر با نصف ظرفیت آرماتورهای عرضی باشد که برای تحمل برش بکار می رود، با تقلیل فواصل آرماتورها به نصف مقدار کنونی آن و ثابت ماندن سایر پارامترها، ظرفیت این تیر برای تحمل برش و پیچش چند برابر خواهد شد؟ (کلیه آرماتورهای عرضی به صورت تنگ بسته فرض می شود)

$$\frac{7}{4} \text{ (۱)} \quad 2 \text{ (۲)} \quad \frac{5}{4} \text{ (۳)} \quad \frac{3}{4} \text{ (۴)}$$

$$\left. \begin{array}{l} V_{ST} \leftarrow \text{مقاومت برشی آرماتور} \\ V_C \leftarrow \text{مقاومت برشی بتن} \end{array} \right\} \Rightarrow \left. \begin{array}{l} V_{ST} = \frac{1}{2} V_{SV} \\ V_C = \frac{1}{2} V_{SV} \end{array} \right\} \xrightarrow{\text{سازگار از تقابل خواص}} \left\{ \begin{array}{l} V_{SV} \uparrow \times 2 \\ V_{ST} \uparrow \times 2 \end{array} \right\} \rightarrow$$

$$\left. \begin{array}{l} \text{ظرفیت برشی اولیه} = V_C + V_{SV} = \frac{1}{2} V_{SV} + V_{SV} = \frac{3V_{SV}}{2} \\ \text{ظرفیت پیچشی اولیه} = V_{ST} = \frac{1}{2} V_{SV} \end{array} \right\} \xrightarrow{\text{جمع ظرفیت}} 2V_{SV} \quad \left. \begin{array}{l} \text{ظرفیت برشی نامیده} = V_C + V_{SV} = \frac{1}{2} V_{SV} + 2V_{SV} = \frac{5V_{SV}}{2} \\ \text{ظرفیت پیچشی نامیده} = 2V_{ST} = V_{SV} \end{array} \right\} \xrightarrow{\text{جمع ظرفیت}} \frac{7V_{SV}}{2} \quad \left. \begin{array}{l} \frac{V_2}{V_1} = \frac{7}{4} \end{array} \right\}$$

۱۳۸- در سازه شکل روبرو، اگر مقاومت برش بتن ۱۲۰ KN و لنگر پیچشی ترک دهندگی مقطع بتنی ۱۰ KN.m باشد. حداکثر مقدار P برای اینکه نیازی به استفاده از خاموت در تیر AB نباشد چند KN می باشد؟ (۱= ضرایب بار و از وزن سازه در برابر بارگذاری خارجی صرف نظر شود)



$$0 \text{ (۱)} \quad 20 \text{ (۲)}$$

$$10 \text{ (۴)} \quad 15 \text{ (۳)}$$

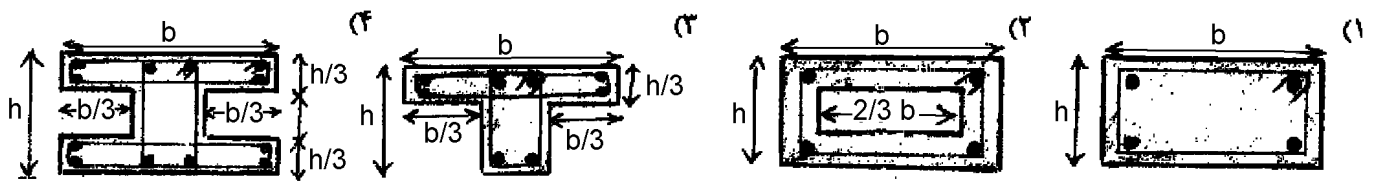
گزینه ۴: طبق آیین نامه در صورتی که پیچش اعمال شده کمتر از یک چهارم مقاومت پیچشی ترک خوردگی مقطع باشد، نیاز به آرماتور پیچشی نیست. مشابه این ضابطه در رابطه با برش هم داریم: در صورتی که برش اعمال شده کمتر از نصف مقاومت برشی بتن باشد، نیاز به آرماتور برشی (خاموت) نیست.

$$\text{پیچش در تیر برابر است با: } T = 3P \times 0.75 - P \times 2 = 0.25P$$

$$\frac{10}{4} = 2.5 \text{ KN.m} \text{ با: } 0.25P < 2.5 \rightarrow P < 10$$

بنابراین: $0.25P < 2.5 \rightarrow P < 10$

در کلیه مقاطع بتنی زیر از $\phi 8$ به عنوان خاموت استفاده شده و فاصله قرارگیری خاموت‌ها از هم (s) در کلیه مقاطع یکسان است. کدام یک از مقاطع زیر کمترین مقاومت پیچشی را دارد؟ آرماتورهای طولی موجود نیاز پیچشی کامل مقاطع را تأمین می‌نمایند.



قبل از ترک خوردن مقطع، مقاومت پیچشی برابر مقاومت کششی است

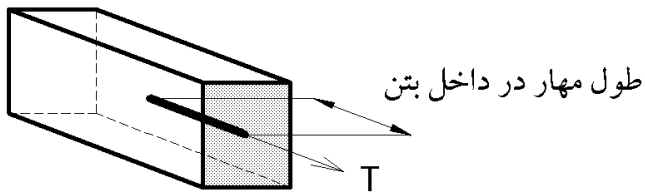
$$T_{cr} = 2 \left(\frac{A_c^2}{\rho_c} \right)^{1/3} \quad \text{می باشد که مقدار آن برابر است با:}$$

$$\text{یا رابطه } \frac{A_c^2}{\rho_c} \text{ درگزین ۳ کمترین مقدار را دارد.}$$

پس از ترک خوردن نیز مقاومت پیچشی تنها شامل خاموت است

$$\text{می باشد که آن هم با توجه به فرمول } \tau = \frac{T}{2A_m t} \text{ برابر مقاطع}$$

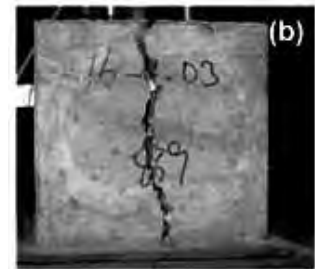
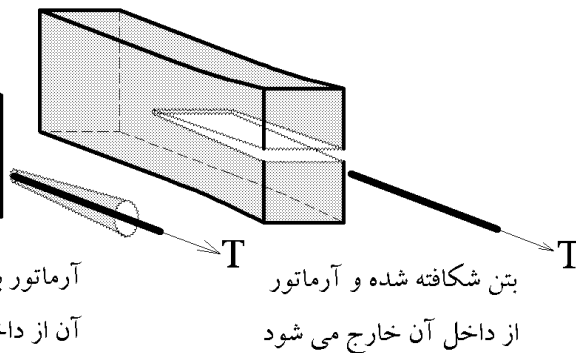
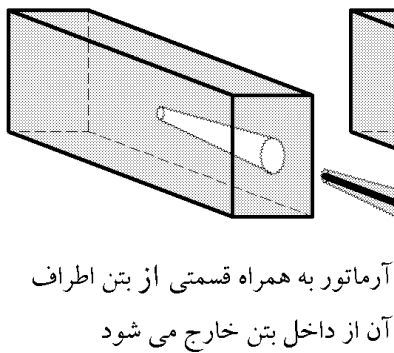
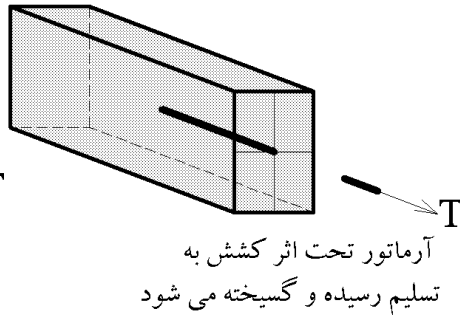
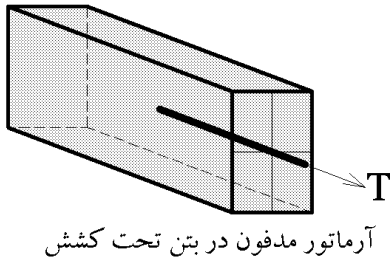
$$T \propto [A_m] \text{ که با گزین ۴ کمترین مقدار را دارد.}$$



با افزایش نیروی وارد بر میلگرد دو حالت ممکن است اتفاق افتد:

۱- نیروی T به نیروی تسلیم فولاد رسیده و موجب تسلیم فولاد شود.

۲- قبل از اینکه T به نیروی تسلیم فولاد برسد، میلگرد از داخل بتن سر خورده و بیرون کشیده شود.



رفتار آرماتورهای صاف:

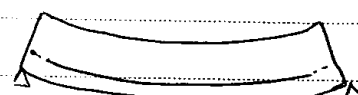
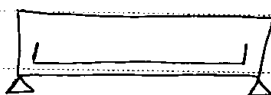
عوامل جلودار لغزش در آرماتورهای صاف در بتن:

۱- چسبندگی شیمیایی بین فولاد و بتن و اثرات ناشی از انقباض بتن

۲- اصطکاک بین سطح میلگرد و بتن اطراف آن

آرماتور صاف نیاز به طول مهار زیادی دارد و در نهایت بدون ایجاد شکاف در بتن، در داخل آن می لغزد.

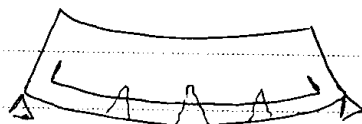
یک راه مناسب برای مهار آرماتور صاف استفاده از قلاب می باشد.



نواصل نگهداری تعداد ترکهای

در حالت میگرد صاف با قلاب انتهایی به علت لغزش آرماتور در

خشی که عرض میباید و عمق آنرا افزایش میباید





رفتار آرماتورهای آجدار:

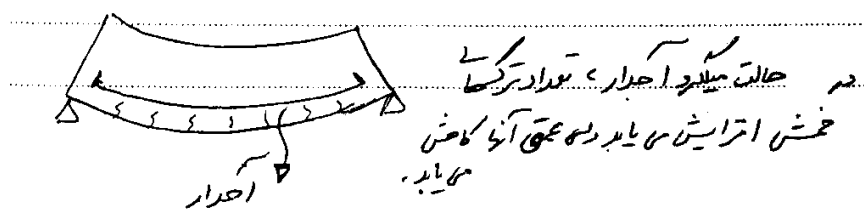
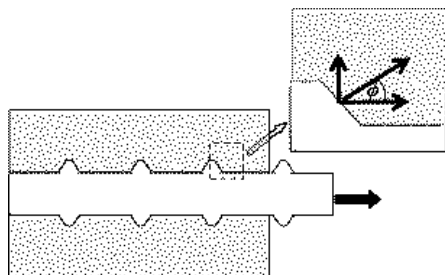
عوامل جلودار لغزش در آرماتورهای صاف در بتن:

۱- چسبندگی شیمیایی بین فولاد و بتن و اثرات ناشی از انقباض بتن

۲- اصطکاک بین سطح میلگرد و بتن اطراف آن

۳- درگیری آجها

عامل سوم مهمترین و موثرترین عامل مقاوم می باشد و نقش زبری سطح میگرد، چسب شیمیایی و یا انقباض بتن در مقابل آن ناچیز است:



بنابراین خمیرتر با آرماتور آجدار کمتر از تیر با آرماتور صاف می باشد.

۶- چنانچه در یک تیر بتن آرمه به جای استفاده از آرماتور خمشی آجدار، از آرماتور بدون آج و از قلاب انتهایی جهت مهار آرماتور استفاده شود، کدام یک از عبارات زیر صحیح خواهد بود؟ (مهندس عمران ۷۹)

(۱) پس از بارگذاری، این تیر به دلیل استفاده از آرماتور بدون آج به سرعت دچار گسیختگی مهاری خواهد شد.

(۲) پس از بارگذاری، تعداد ترک های این تیر به مراتب بیشتر از تیرهای با آرماتور آجدار است، ولی عرض ترک ها کمتر از تیرهای با آرماتور آجدار خواهد بود.

(۳) پس از بارگذاری، تنش آرماتور در تمام طول دهانه تیر یکسان و مساوی حداکثر تنش در طول دهانه است و عرض ترک ها نیز بیشتر از حالت تیر با آرماتور آجدار است.

(۴) پس از بارگذاری، حداکثر تنش در قسمت قلاب انتهایی آرماتور اتفاق خواهد افتاد که باعث عریض تر شدن ترک ها در این ناحیه نسبت به حالت تیر با آرماتور آجدار خواهد شد.

گزینه ۳

آزاد ۸۷

۱۳۷- کدامیک از گزینه های زیر در رابطه با چسبندگی و مهار میلگرد در بتن صحیح می باشد؟

(۱) مکانیزم انتقال نیرو در میلگردهای صاف و آجدار یکسان بوده و لیکن گسیختگی چسبندگی در میلگردهای صاف از نوع لغزشی و در میلگردهای آجدار از نوع شکاف خوردگی می باشد.

(۲) مکانیزم انتقال نیرو در میلگردهای صاف و آجدار متفاوت بوده و گسیختگی چسبندگی در میلگردهای صاف از نوع لغزشی و در میلگردهای آجدار از نوع شکاف خوردگی می باشد.

(۳) مکانیزم انتقال نیرو در میلگردهای صاف و آجدار یکسان بوده و گسیختگی چسبندگی در هر دو نوع میلگرد از نوع لغزشی می باشد.

(۴) مکانیزم انتقال نیرو در میلگردهای صاف و آجدار متفاوت بوده و گسیختگی چسبندگی در میلگردهای صاف از نوع شکاف خوردگی و در میلگردهای آجدار از نوع لغزشی می باشد.

گزینه ۲

(مهندس عمر (آ) آ (۸۱)

۲۵- چسبندگی بتن بین فولاد آجدار و بتنی ناشی از:

(۱) اصطکاک و گیرش بتن و زبری سطح میلگردها و همچنین برآمدگی سطح میلگردها می باشد. اما عامل دوم مؤثرتر است.

(۲) اصطکاک و گیرش بتن و زبری سطح میلگردها و همچنین برآمدگی سطح میلگردها می باشد. اما عامل اول مؤثرتر است.

(۳) اصطکاک و گیرش و زبری سطح میلگردها می باشد.

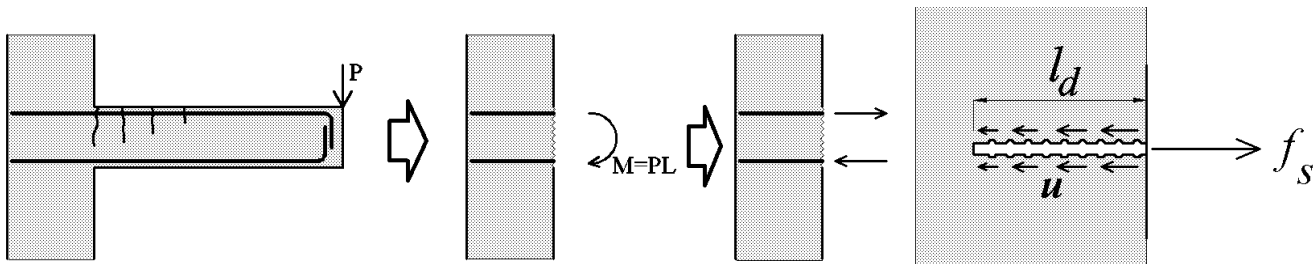
(۴) برآمدگی سطح میلگردها می باشد.

گزینه ۱

مفهوم پیوستگی بین بتن و میلگرد در دو حالت مطالعه می شود:

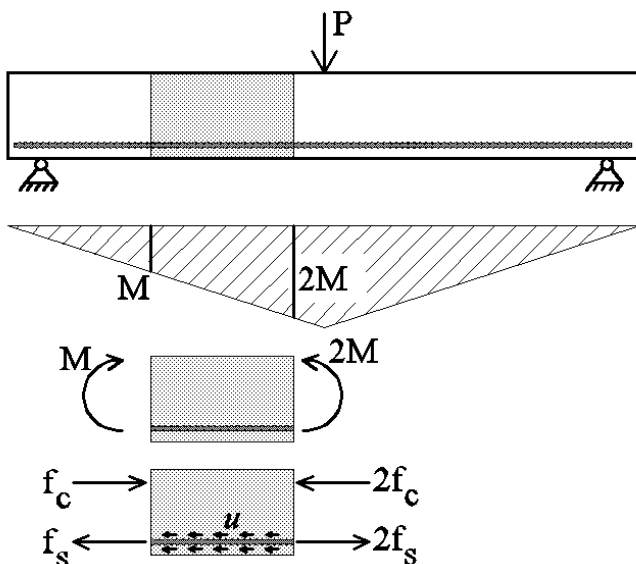
۱- پیوستگی مهار

در شکل زیر بتن به فولاد (و برعکس فولاد هم به بتن) تنش های اصطکاکی (u) وارد می کند. اگر این تنشها نباشند، آرماتور از داخل بتن سر خورده و بیرون کشیده می شود. بنابراین این تنشها موجب ایجاد پیوستگی بین فولاد و بتن می شوند و آنها را تنشهای پیوستگی (و یا چسبندگی) می نامند. در شکل زیر تنش موجود در آرماتور (f_s) از طریق تنشهای پیوستگی مهار (u) به بتن منتقل می شود. هرچه طول l_d در شکل زیر بیشتر باشد توانایی بتن در مهار آرماتور افزایش یافته و تنش پیوستگی مهار (u) کاهش می یابد. با کاهش l_d تنشهای u افزایش یافته و ممکن است بتن تاب تحمل u بالا را نداشته و گسیخته شود.

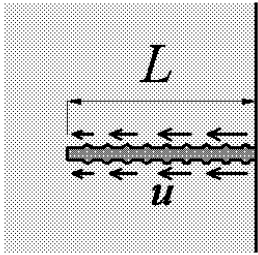


۲- پیوستگی خمشی

در شکل زیر به دلیل تغییر مقدار لنگر در طول تیر، تنش کششی در آرماتور تغییر می کند. در این حالت برای حفظ تعادل در راستای افقی برای آرماتور، تنش های پیوستگی خمشی (u) را خواهیم داشت.



۱-۶- پیوستگی مهار



f_s : تنش در آرماتور

u : تنش چسبندگی بین و آرماتور

$$f_s \times \frac{\pi D^2}{4} = u \times L \times \pi D$$

$$\Rightarrow L = \frac{f_s \times D}{4u}$$

نقطه ۱: f_y طول معادل L

قطر آرماتور D L

$A (D^2)$ L

تنش به مقاومت کششی u L سنج دارد

(مهندس عمران ۸۱)

۳- تعریف صحیح طول مهار یا طول گیرایی آرماتور، کدام است؟

(۱) طولی از آرماتور است که در آن تنش به صفر می‌رسد.

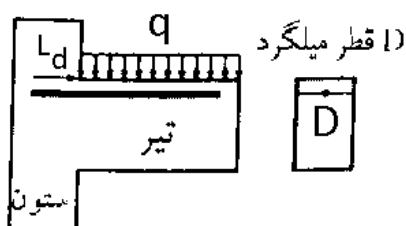
(۲) طولی از آرماتور است که در آن تنش به صورت یکنواخت توزیع شده‌اند.

(۳) حداقل طولی از آرماتور است که در آن تنش می‌تواند از صفر در انتهای آرماتور به حد جاری

شدن فولاد برسد

(۴) هر سه مورد

گزینه ۳



۸- اگر در اتصال تیر به ستون شکل مقابل از یک عدد میلگرد به قطر D

استفاده شده باشد و طول مهار لازم آن در داخل اتصال برابر L_d باشد،

چنانکه معادل همان سطح مقطع فولاد (A_s) لیکن از دو عدد میلگرد

استفاده شود طول مهار لازم در وضعیت جدید چقدر خواهد بود؟

(مهندس عمران ۷۸)

$$\frac{\sqrt{2}}{2} L_d \quad (۲)$$

$$2 L_d \quad (۴)$$

$$\frac{1}{2} L_d \quad (۱)$$

$$\sqrt{2} L_d \quad (۳)$$

گزینه ۲:

۱۶- اگر U تنش پیوستگی (چسبندگی) بین بتن و میلگرد، F_s تنش کششی میلگرد و d_b قطر میلگرد باشد، حداقل طول مهاري کششی لازم برای میلگرد برابر است با:

(مهندس عمران ۷۴)

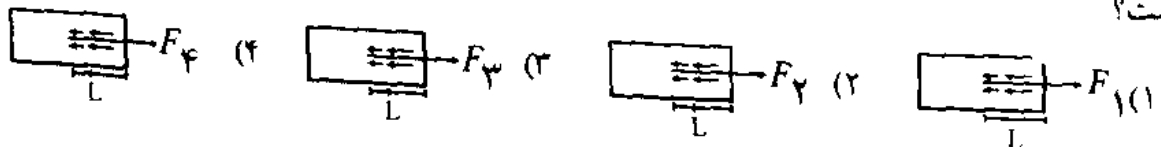


$$(۱) \quad 2F_s d_b / U \quad (۲) \quad F_s d_b / 4U$$

$$(۳) \quad F_s d_b / 2U \quad (۴) \quad F_s d_b / 4\sqrt{U}$$

گزینه ۲

۱۱- با فرض مشخصات یکسان بتن و فولاد در چهار شکل زیر، اگر قطر فولادها از ۱ تا ۴ به ترتیب $d_1 > d_2 > d_3 > d_4$ و نیروهای وارده به ترتیب $F_1 > F_2 > F_3 > F_4$ باشد، به گونه‌ای که تنش کششی حاصله در هر چهار میلگرد با هم برابر باشد، تنش چسبندگی (پیوستگی) بین بتن و میلگرد در کدامیک کمتر است؟



گزینه ۴:

۵- در یک تیر بتن‌آرمه، برای فولاد کششی، یکبار از میلگرد با $f_y = 3000 \text{ kg/cm}^2$ و بار دیگر از همان قطر

میلگرد ولی با $f_y = 5000 \text{ kg/cm}^2$ استفاده شده است، کدام میلگرد نیاز به طول مهاري بیشتری دارد؟

(مهندس عمران ۸۰)

$$(۱) \quad \text{میلگرد با } f_y = 3000 \text{ kg/cm}^2$$

(۲) بستگی به شرایط تکیه‌گاهی تیر دارد.

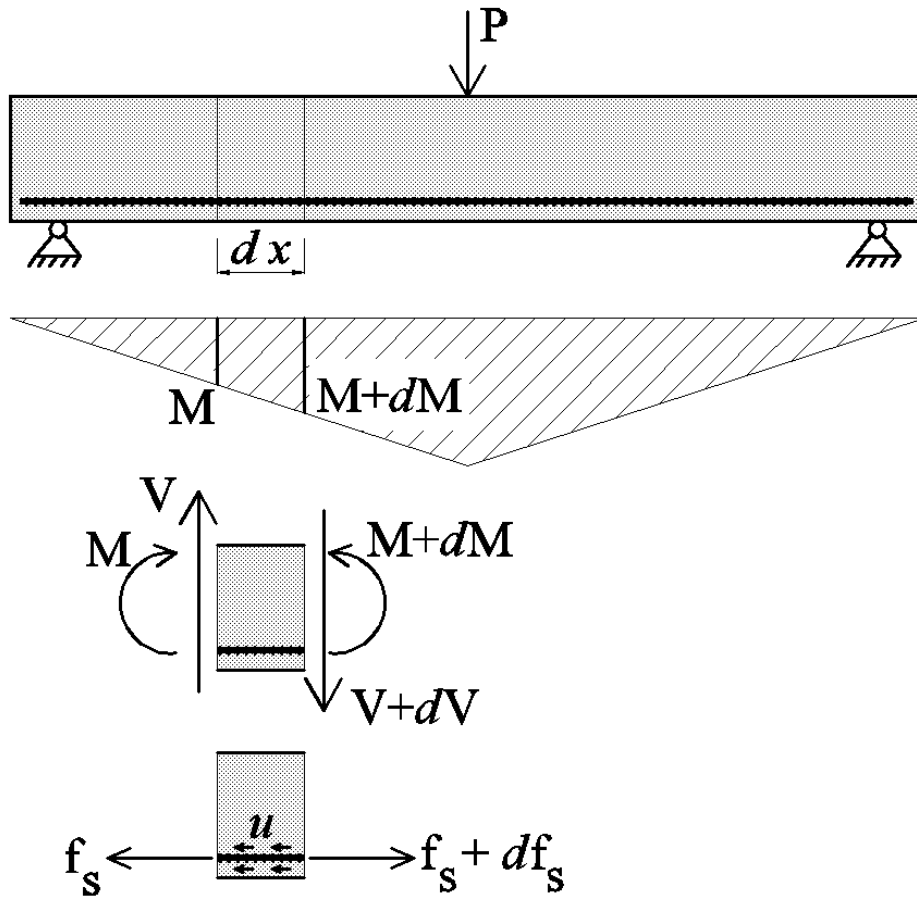
$$(۳) \quad \text{میلگرد با } f_y = 5000 \text{ kg/cm}^2$$

(۴) مقاومت تسلیم فولاد تأثیری در طول مهاري ندارد.

گزینه ۳

۶-۲- پیوستگی خمشی

تیر زیر تحت اثر بار متمرکز در وسط قرار دارد. دیاگرام لنگر خمشی تیر در زیر رسم شده است. در طول dx مقدار لنگر تغییر می کند به طوریکه در سمت راست آن مقدار لنگر $M+dM$ و در سمت چپ آن برابر M می باشد.



$$u \times (\pi D \times dx) = df_s$$

$$u \times (\pi D \times dx) = \frac{dM}{Z}$$

$$u = \frac{1}{\pi D Z} \frac{dM}{dx}$$

$$u = \frac{1}{\pi D Z} V$$

بزرگی برش در مقطع

$$u = \frac{V}{\pi D Z}$$

بازولند

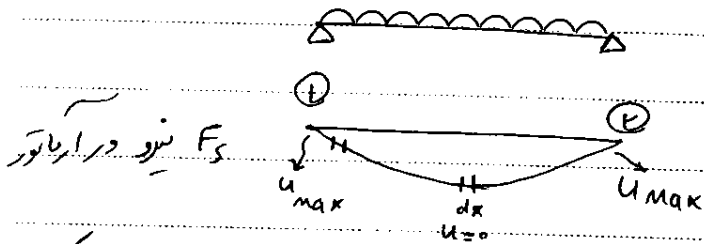
قطر آوارها

مقدار آوارها

نسبت تنش بین آوارها و بتن

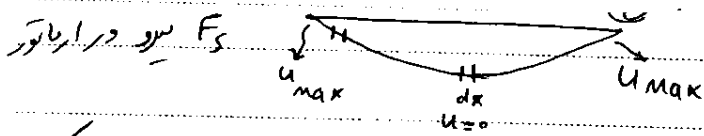
رابطه فوق تنش پیوستگی (چسبندگی) بین فولاد و بتن را در اعضای تحت خمش (تیرها) نشان می دهد.

باتوجه به منوال فوق، تنش پیوستگی خمشی در محل‌هایی که برش ماکزیمم است، بیشترین مقدار را



تغییرات F_S در نقاط اوج زیاد است ولی در جاهایی که کمتر max است تغییرات F_S کم است.

در نقطه‌ای که تنش تغییر نکند، برش زیاد شود اگر بارها تغییر نکند.



تغییرات F_S در نقاط اوج زیاد است ولی در جاهایی که کمتر max است تغییرات F_S کم است.

در نقطه‌ای که تنش تغییر نکند، برش زیاد شود اگر بارها تغییر نکند.

۱- تنش‌های پیوستگی در طول میلگردهای تیر تحت خمش در چه شرایطی حضور دارند؟

(مهندس عمران ۸۶)

- (۱) بین هر دو مقطعی که نیرو در میلگردها تغییر یابد.
- (۲) فقط بین نقطه حداکثر لنگر و انتهای آزاد میلگرد.
- (۳) در بخش‌هایی از تیر که تنش‌های برشی نسبتاً زیاد هستند.
- (۴) این تنش‌ها فقط در تیرهای تحت پیچش در میلگردها حضور دارند.

گزینه ۱

آزاد ۸۶

کدامیک از گزینه‌های زیر در رابطه با چسبندگی میلگرد در بتن صحیح نمی‌باشد؟

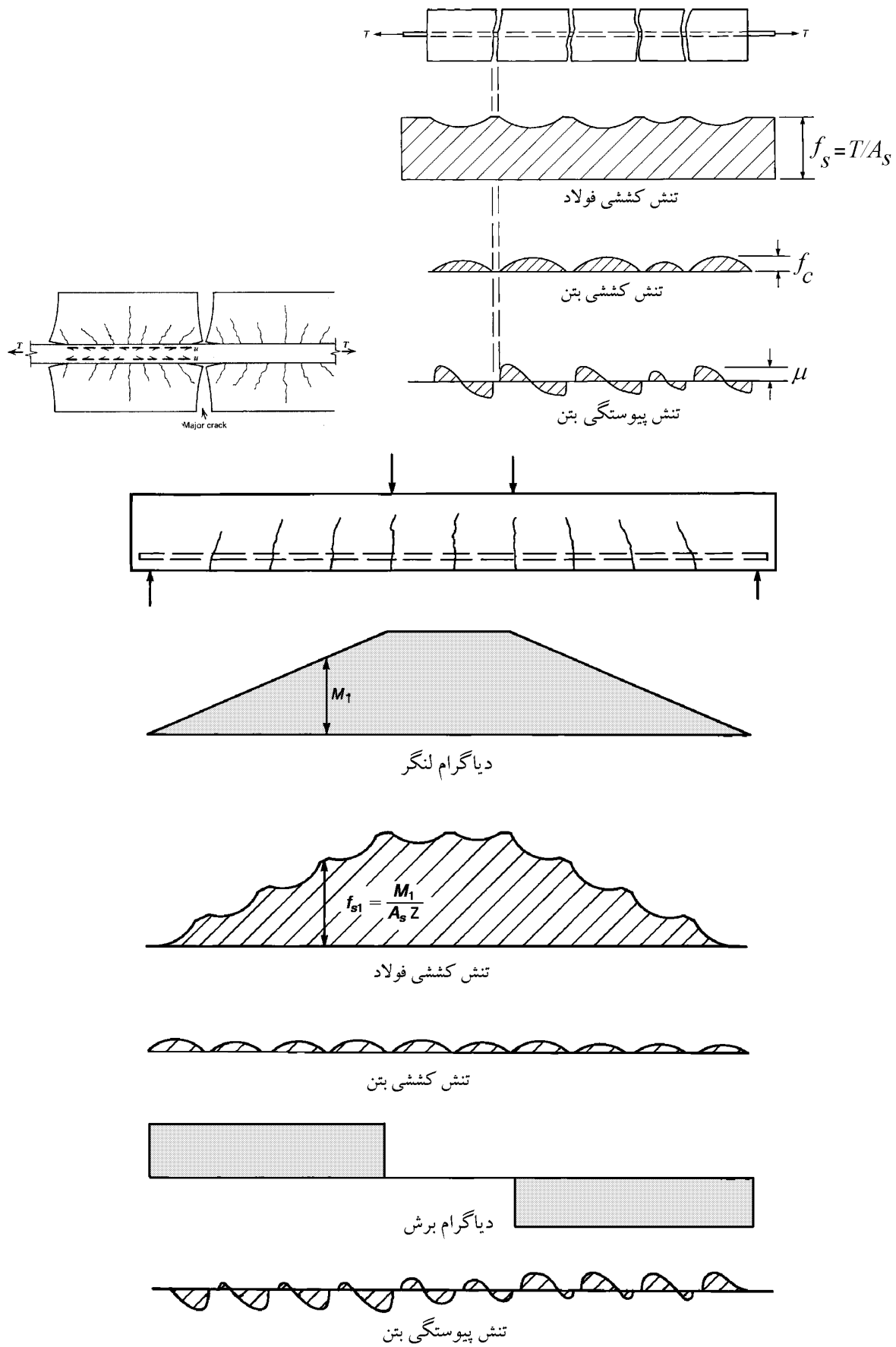
- (۱) اهمیت تنش چسبندگی مهاری به مراتب بیشتر از تنش چسبندگی خمشی می‌باشد.
- (۲) تنش چسبندگی خمشی بین هر دو مقطعی که نیرو در میلگردها تغییر کند وجود دارد.
- (۳) مقدار تنش چسبندگی خمشی در نقاط عطف تیرهای سراسری و دو انتهای تیرهای ساده مقادیر کوچکی خواهد داشت.
- (۴) مبنای تعیین طول مهاری آرماتورها تنش چسبندگی مهاری می‌باشد.

گزینه ۳. تنش چسبندگی خمشی برخلاف نام آن در نقاطی زیاد است که برش زیاد باشد نه لنگر. در نقاط عطف تیرهای سراسری و دو

انتهای تیرهای ساده لنگر صفر می‌باشد ولی برش صفر نیست و حتی در دو انتهای تیرهای ساده ماکزیمم است.

پس چرا به آن تنش چسبندگی خمشی می‌گوییم؟! چون به علت تغییرات لنگر در طول تیر به وجود می‌آید که این تغییرات هرچه برش بیشتر باشد، بیشتر خواهد بود.

۶-۳- تاثیر ترک ها بر تنشهای فولاد و بتن



نکته: وجود ترک گستره در بتن و ترک خیز تیرها کاهش مودول

۹- عضو بتن آرمه شکل روبرو تحت اثر لنگرهای خمشی نشان داده شده، ترک خورده است. نمودارها به

(مهندس ۷۸)

ترتیب معرف عوامل زیر هستند؟



(۱) (A) تنش کششی در بتن، (B) توزیع تنش چسبندگی،

(C) صلیبیت خمشی در حد الاستیک، (D) تنش کششی در فولاد

(۲) (A) تنش کششی در بتن، (B) صلیبیت خمشی در حد الاستیک،

(C) توزیع تنش چسبندگی، (D) تنش کششی در فولاد

(۳) (A) توزیع تنش چسبندگی، (B) تنش کششی در بتن،

(C) تنش کششی در فولاد، (D) صلیبیت خمشی در حد الاستیک

(۴) (A) توزیع تنش چسبندگی، (B) صلیبیت خمشی در حد الاستیک،

(C) تنش کششی در بتن، (D) تنش کششی در فولاد



گزینه ۳

۱۷- در قطعات خمشی، بتن کششی واقع بین دو ترک متوالی چه تأثیری بر تغییر شکل خمشی قطعه و تنش

(مهندس ۷۳)

در فولادهای کششی دارد؟

(۱) هیچ تأثیری در تنش آرماتور کششی و در تغییر شکل قطعه ندارد.

(۲) تنش متوسط در آرماتور کششی را کم می کند و در نتیجه تغییر شکل خمشی کم می شود.

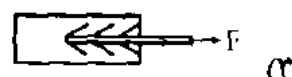
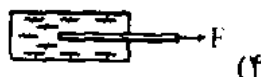
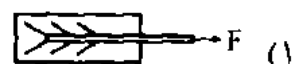
(۳) تنش متوسط در آرماتور کششی را کم می کند ولی در تغییر شکل خمشی بدون تأثیر است.

(۴) تأثیری در تنش آرماتور کششی ندارد ولی باعث کم شدن تغییر شکل می شود.

گزینه ۲

۱۸- با توجه به اصول چسبندگی موجود بین فولاد و بتن، کدام شکل درست تر است؟

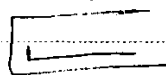
(مهندس ۷۳)



گزینه ۳. (برای تشخیص ترک از ایده فنر استفاده می کنیم)

۶-۴- روابط آیین نامه ای محاسبه طول مهار

روشهای مهار آرماتور استفاده از طول مهار (مقدار مشخصی از طول آرماتور باید در بتن ادا می یابد)



استفاده از قلاب انتهایی (فقط برای یکسره کشی)

استفاده از میل مکانیکی (n n n)

$$L_d = \frac{f_y}{1.1\sqrt{f_c}} \cdot \frac{\alpha \beta \lambda}{\left(\frac{c + k + r}{d}\right)} \quad (\text{لازم جهت نیست}) \quad \alpha \text{ ضریب تأثیر بر نیرو آرماتور}$$

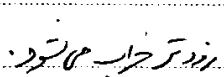
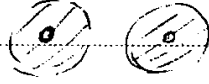


نیروی آرماتور به علت انتقال تنش

طول مهار لازم برای آرماتورهای فوقانی ۳ برابر آرماتورهای پایینی است

$$L_d \text{ لازم} = L_d \text{ کالسیاتی} \times \frac{A_s \text{ لازم}}{A_s \text{ موجود}}$$

$$\delta_c \begin{cases} d \leq 10 \text{ mm} \longrightarrow 0,8 \\ d > 10 \text{ mm} \longrightarrow 1 \end{cases}$$



$KE \leftarrow$ برای مدخل گرفتن تأثیر خاموت ها روی مقاومت بتن با اثرش $\frac{AV}{S}$ بتن از محصوریت
بتنی برخوردارند و R_c آن اثرش می‌باشد

$$L_d \downarrow \leftarrow \uparrow \sqrt{f_c}$$

$$L_d \uparrow \quad \leftarrow \quad \uparrow \quad f_y$$

$$L_d \downarrow \leftarrow \uparrow \frac{A \bar{v}}{S}$$

$$L_d \downarrow \leftarrow \uparrow C$$

این رابطه همشود بدون محاسبه $\frac{c + ktr}{d}$ برابر 1.5 در نظر گرفت ولی شرایطی برای فواصل میلگردها گذاشته است

$$L_{dt} \approx \frac{\Sigma_{\infty}}{1.1\sqrt{r_0}} \times \frac{1}{1.0} = \begin{cases} 65d & \text{مقدور بالایی} \\ 50d & \text{مقدور پایینی} \end{cases}$$

حول تباری ملل و مشاری ۲

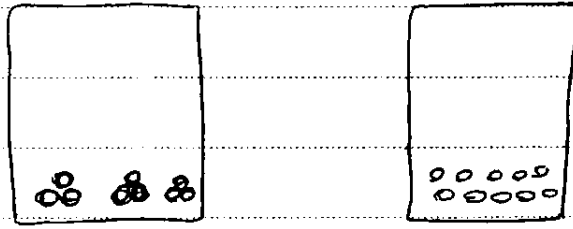
$$L_{dc} = \max \left\{ \frac{P_y}{K \sqrt{P_c}} \cdot d, 0.04 P_y \cdot d \right\} = \gamma \cdot d$$

• علی بخار در فشار کمتر از طولی بخار است.



موسیٰ مہاری گورد میلیرد ۲

علت استفاده از اثر تبادله میگردانند تا با فواصل بین میلگردها کاهش می یابد و بتن نمی تواند از بین آنها رد شود.



طول مهار برای براس هر کدام از میلگردها جداگانه حساب می شود

$$\infty \quad L_d = L_d$$

$$\infty \quad L_d = 1.2 L_d$$

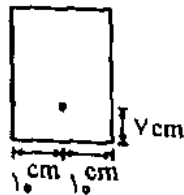
ولی باید طول مهار را برای هر یک از میلگردها آنرا به ترتیب زیر افزایش داد:

$$\infty \quad L_d = 1.3 L_d$$

نکته: در محاسبات مربوط به طول مهار، ضرایب کاهش مقاومت برابر یک منظور می شوند. یعنی نیازی به ضرب کردن f_c و F_y به 0.85 و 0.65 نیست.

۴- کدام گزینه، شکل تقریبی ترک های به وجود آمده در مقطع نشان داده شده را که در اثر کافی نبودن طول مهار میلگرد و ترتیب احتمالی تشکیل آنها است، نشان می دهد؟

(میلگرد ۸۰۵)



(۴)



(۳)

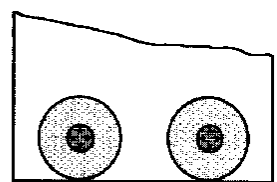
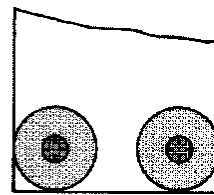
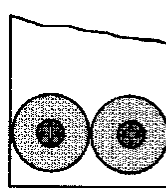


(۲)



(۱)

گزینه ۲:



(a) Side cover and half the bar spacing both less than bottom cover.

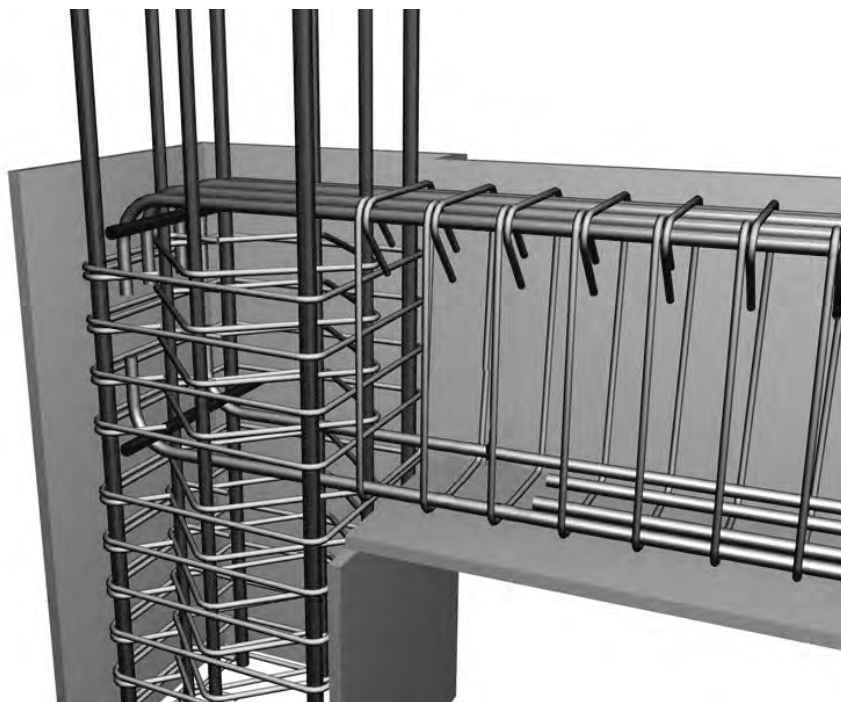
(b) Side cover = bottom cover, both less than half the bar spacing.

(c) Bottom cover less than side cover and half the bar spacing.

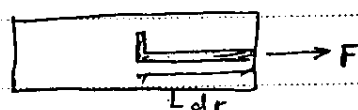
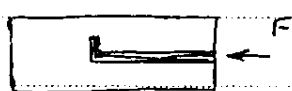
۱۰۴- با کاهش فاصله میلگردها نسبت به هم:

- (۱) طول مهار می یابد.
 (۲) طول مهار تغییر نمی کند.
 (۳) طول مهار افزایش می یابد.
 (۴) ممکن است کاهش و یا افزایش یابد.

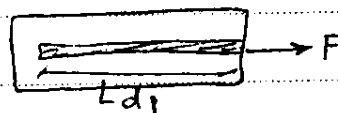
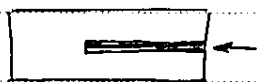
۵-۶- قلاب انتهایی



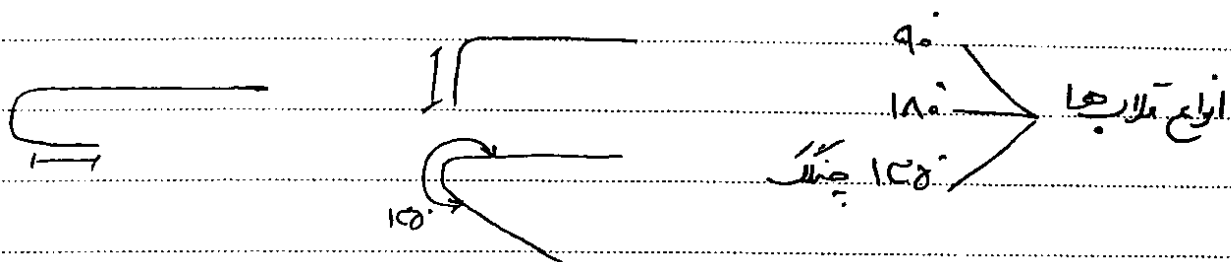
مطلب استواری به اثر مضای گاهی برای مهار میگرد. وجود نداشته باشد باید از قلاب انتهایی استفاده کرد.
 قلاب فقط برای آرایش چهارگوشه مؤثر است.



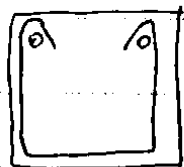
$$L_{d1} > L_{dr}$$



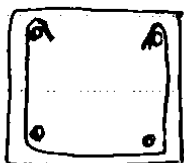
طول مهار یکسان است



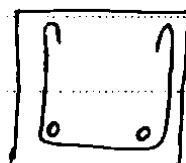
مهار خاموها و شکلهای



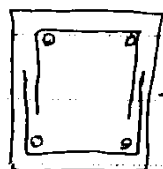
غلط x



صحیح ✓

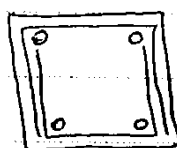


غلط x



→ ۱,۳Ld

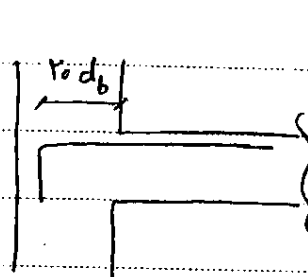
در تیرها نمی توان از این شکل استفاده کرد چون $1,3L_d$ عدد بزرگی می شود و عقی تیر اجازت نمی دهد و عقی کمتر نیست.



→

اگر عقی بزرگتر از 45 cm بود (بها) می توان بدون قلاب انتهایی استفاده کرد.

اگر میلگرد مهار شده به حد کافی پوشش بتنی داشته باشد در این صورت می توان بجای $20d_b$ از $7 \times 20d_b$ استفاده کرد.



نکته

سوال: برای انتقال نیروی AsF_y میلگرد کششی به بتن آیا استفاده از قلاب به تنهایی کافی است؟

خیر، در صورت استفاده از قلاب علاوه بر آن باید طول اضافی مستقیم از میلگرد از انتهای آزاد میلگرد تا شروع قلاب در بتن وجود داشته باشد.

تعریف طول گیرایی میلگرد قلاب دار: حداقل طول اضافی در سوال فوق به علاوه شعاع انتهایی قلاب به علاوه قطر میلگرد، که برای انتقال نیروی AsF_y لازم است، "طول گیرایی میلگرد قلاب دار" نامیده می شود.

(مهندس عمران آ. ا. ۸۶)



۳۰- درباره طرح فولاد برشی به صورت شکل مقابل چه نظری دارید؟

(۱) از نظر طراحی صحیح است اما چون فولادهای طولی بسته نشده اند، طول مهاری آنها زیاد می شود.

(۲) از نظر طراحی صحیح است اما از نظر اجرایی مشکل است زیرا بایستی میلگردهای برشی را به گونه ای به میلگردهای طولی متصل نمود.

(۳) از نظر طراحی صحیح نیست زیرا ممکن است میلگردهای برشی در ضمن بتن ریزی جابجا شوند.

(۴) از نظر طراحی صحیح نیست زیرا در این حالت میلگرد برشی دارای مهار مناسبی نیست.

گزینه ۴

سراسری ۸۹

در محل اتصال یک تیرکنسول بتن آرمه به یک ستون بتن آرمه، استفاده از طول مهار مستقیم برای آرماتورهای فشاری امکان پذیر نیست. کدام مورد برای مهار آرماتورهای فوق امکان پذیر است؟

- (۱) استفاده از قلاب
- (۲) استفاده از آرماتورهای با f_y کمتر
- (۳) استفاده از بتن با مقاومت فشاری مشخصه کمتر
- (۴) استفاده از آرماتورهای با قطر بزرگتر

گزینه ۲

گزینه ۱ نادرست است: برای آرماتورهای فشاری از قلاب نمی توان استفاده کرد.

گزینه ۲: با کاهش F_y طول مهار لازم کاهش می یابد. البته برای ثابت نگه داشتن مقاومت خمشی تیر باید تعداد میلگردهای خمشی را افزایش دهیم.

گزینه ۳: با کاهش f_c طول مهار یافزایش می یابد.

گزینه ۴: با افزایش قطر آرماتور طول مهار آن افزایش می یابد.

(مهندس عمران آزاد ۸۱)

۲۶- کدامیک از عبارت های زیر در مورد قلاب های استاندارد صحیح است؟

- (۱) فقط برای مهار میلگردهای کششی به کار می روند.
- (۲) برای مهار میلگردهای کششی و فشاری به کار می روند.
- (۳) برای مهار آرماتورهای خمشی قابل استفاده نمی باشد.
- (۴) برای مهار میلگردهای برشی (خاموت) قابل استفاده نمی باشند.

گزینه ۱

(مهندس عمران آزاد ۸۶)

۲۲- قرار است از قلاب ۹۰ درجه از انتهای میلگرد طولی خمشی استفاده شود.

(۱) می توان با انتخاب مناسب اندازه شعاع خمیده کردن قلاب ۹۰ درجه، تمام مهار را توسط قلاب تأمین نمود.

(۲) بایستی توجه داشت که استفاده از قلاب تنها در محل قطع فولاد کششی در محل نقطه عطف لنگر خمشی مربوط به فولادهای کششی مجاز است.

(۳) بایستی توجه داشت که طرح قلاب در مورد فولاد طولی کششی و فشاری متفاوت است و شعاع قلاب فولاد فشاری حداقل $1/2$ برابر فولاد کششی در نظر گرفته شود.

(۴) قلاب تنها بخشی از مهار لازم را تأمین می کند و بخش دیگر بایستی از طریق اتصال میلگرد به بتن در طول آن تأمین شود.

گزینه ۴

آزاد ۸۹

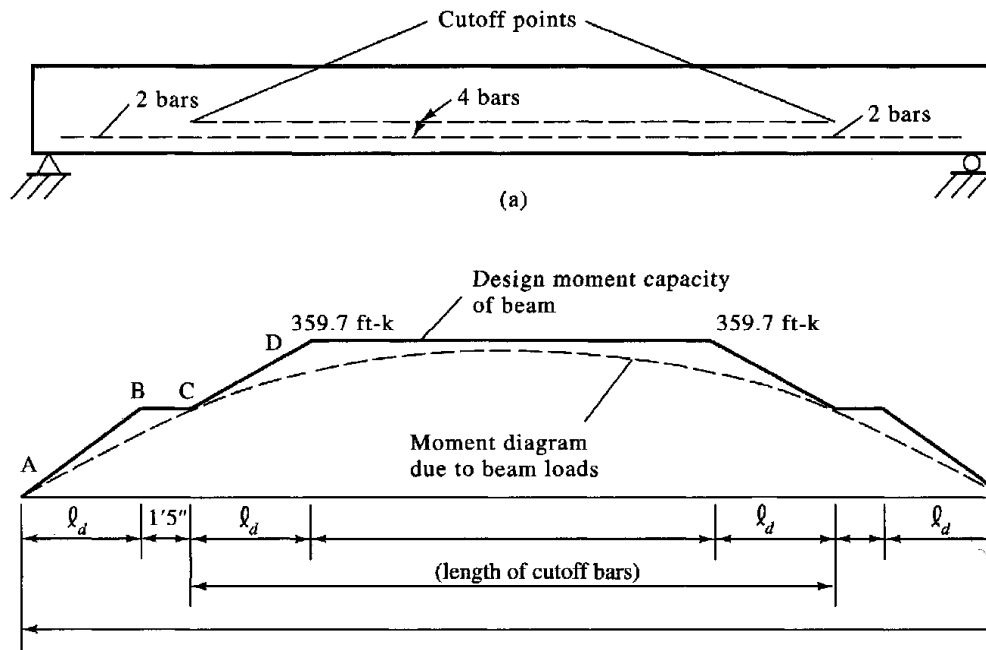
۱۳۹- به منظور کاهش طول مهار لازم محاسباتی در آرماتورهای طراحی شده تحت فشار در یک مقطع کدام یک از

راه حل های زیر از نظر آئین نامه مورد قبول نمی باشد؟

- (۱) کاهش تنش تسلیم آرماتور مصرفی در زمان طراحی
- (۲) افزایش مقاومت فشاری بتن مصرفی در زمان طراحی
- (۳) استفاده از قلاب استاندارد
- (۴) کاهش قطر آرماتورهای مصرفی در زمان طراحی

گزینه ۳

۶-۶- قطع آرماتور در مقاطع تحت خمش



مقطع آرماتورها

مساری طول بھاری
مطلوب با
مقالب

حدائق
 L_d

مقدار
تنش از
آرماتور
حد اکثر است

در تمام طول که کمتر نیست است باید از آرماتور
تغییر در پائین استفاده شود در عکس

در نقطه A تنش در آرماتور حد اکثر میباشد که بتدریج با حرکت به سمت نقطه B مقدار تنش در آرماتور کاهش
میابد تا به صفر برسد. حدائق طول لازم از نظر تنویر یک پس نقاط A و B ، L_d است و پس نقطه
قطع عمل میگردد. اندازه $\max(d \text{ و } 12d_b)$ باید ادا نماید
قطر آرماتور محض مؤثر

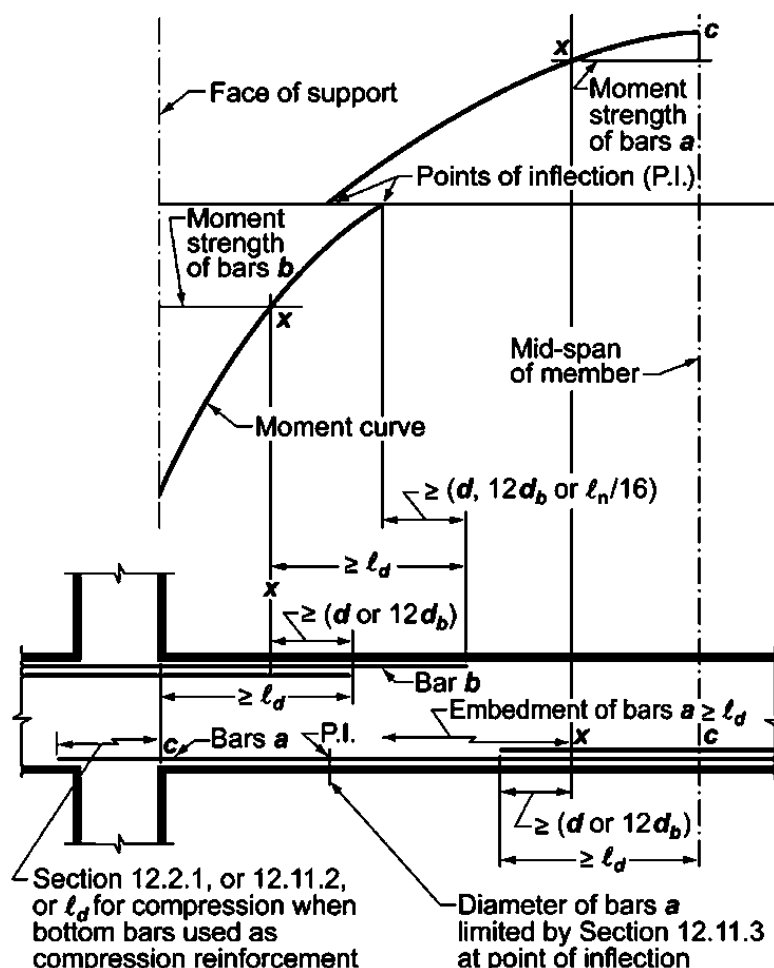
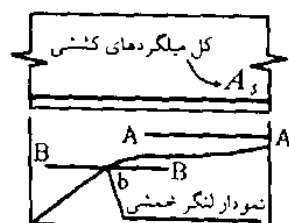


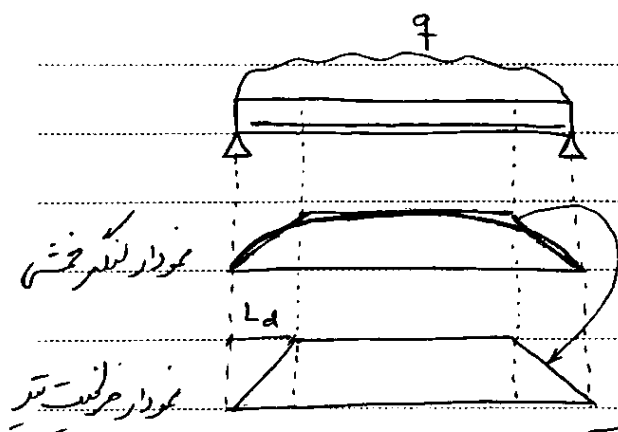
Fig. R12.10.2—Development of flexural reinforcement in a typical continuous beam.



۱۰- قطعه‌ای از تیر بتن مسلح و نمودار لنگر خمشی آن نشان داده شده است. اگر خط $A-A$ نمودار ظرفیت تیر برای کل میلگردهای کششی A_s باشد و خط $B-B$ نمودار ظرفیت تیر برای نصف میلگردها، $\frac{1}{2} A_s$ باشد، و در نظر باشد نصف میلگردها قطع شوند نقطه قطع تنوریک و نقطه قطع در عمل به ترتیب در کجا قرار دارند؟ (مهندس عمران ۱۷۸)

- (۱) در b و نقطه قطع در عمل در سمت راست b می‌باشد.
- (۲) در b و نقطه قطع در عمل در سمت چپ b می‌باشد.
- (۳) نقطه قطع عملی در b و نقطه قطع تنوریک در سمت راست b می‌باشد.
- (۴) نقطه قطع عملی در b و نقطه قطع تنوریک در عمل سمت چپ b می‌باشد.

گزینه ۲



الگویان شکل، تیر نمودار گسترش تیر
بیشتر از تیر نمودار ظرفیت تیر باشد و در نهایت
گسترش تیر (تیر گاه بار و تیر گاه عطف تیر) میگردند
با نظری گسترش اعمال شده نیستند.

بموجب و در حل: افزایش تیر نمودار ظرفیت

در کاهش طول محاسبات

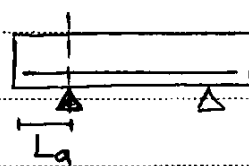
در کاهش قطر آرماتورها و افزایش تعداد آنها

تا تاثیر برش در طول محاسبات و طبق این نام در نهایت عطف و تیر گاه بار و تیر گاه عطف باید برای انتخاب
شود که در نهایت بر تیر تأمین شود.

در ظرفیت سقف

$$L_d \leq \frac{M_r}{V_u} + L_a$$

در برش وجود



نقطه عطف

$$L_a = \max \left\{ 12d_b, d \right\}$$

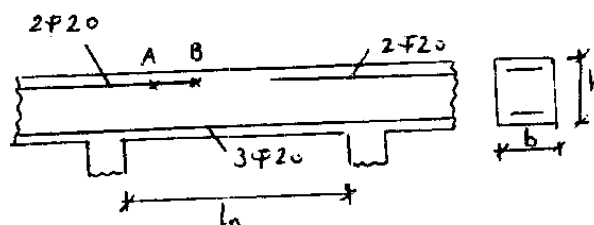
↑ V ← تیرهای کوتاه با برش (۶) بالا ← تیر M بیشتر از ظرفیت می شود

آزاد ۸۹

۱۲۸- در تیر شکل زیر اگر نقطه A محل قطع تئوریک آرماتورهای فوقانی و نقطه B محل قطع عملی طبق آیین نامه باشد،

فاصله AB چقدر است؟

$$b = 400 \text{ mm} \quad d = h - 80 = 420 \text{ mm} \quad L_n = 9/6 \text{ m}$$



۶۰۰ mm (۱)

۲۴۰ mm (۲)

۴۲۰ mm (۳)

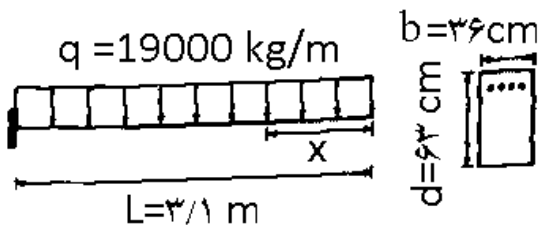
۹۰۰ mm (۴)

گزینه ۱ (از آنجا که آرماتورهای سراسری قطع شده اند، $L_n/16$ را هم باید منظور کنیم که حاکم است).

$$AB = \max \left\{ d, 12d_b, \frac{L_n}{16} \right\} = \max \{ 420, 240, 600 \} = 600 \text{ mm}$$

۱۵- در تیر داده شده شکل زیر با مشخصات تعریف شده در شکل، مقرر شده که مقاومت خمشی نهایی بایستی از رابطه $M_u = 0.9 \rho b d^2 f_y \left[1 - 0.59 \rho \frac{f_y}{f_c} \right]$ محاسبه شود. اگر طراح مایل باشد دو عدد از میلگردها را در فاصله x از نقطه M طبق مقررات قطع نماید، مطلوبست x فاصله حداکثر نقطه قطع تنوریک از M حداکثر x طبق محاسبات بر مبنای مقررات عبارت است از:

(مهندس عمران ۷۵)



$$\begin{aligned} A_s &= 4\phi 32 \\ A_s &= \rho b d \\ f_c &= 28 \text{ kg/cm}^2 \quad f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

$$x \leq 1/94 m \quad (1)$$

$$x \leq 2/10 m \quad (2)$$

$$x \leq 2/27 m \quad (3)$$

$$x \leq 2/5 m \quad (4)$$

گزینه ۱

$$\rho = \frac{2 \times 1.6^2 \pi}{63 \times 36} = 0.0071$$

$$M_h = 0.9 \times 0.0071 \times 36 \times 63^2 \times 4200 \left(1 - 0.59 \times 0.0071 \times \frac{4200}{2800} \right) = 3593766 \text{ kg.cm}$$

$$\frac{q x^2}{2} = M_h \rightarrow \frac{190 \times x^2}{2} = 3593766 \rightarrow x = 194.5 \text{ cm} = 1.94 \text{ m}$$

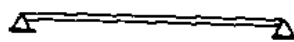
$$M_h = (\rho b d) \left(\frac{f_y}{f_c} \right) \left(1 - \frac{1}{2 \times 0.85} \times \rho \times \frac{f_y}{f_c} \right) = 332409142 \text{ N.mm.}$$

توجه: با این تیر آری!

حد در ۱۵٪ کمتر است

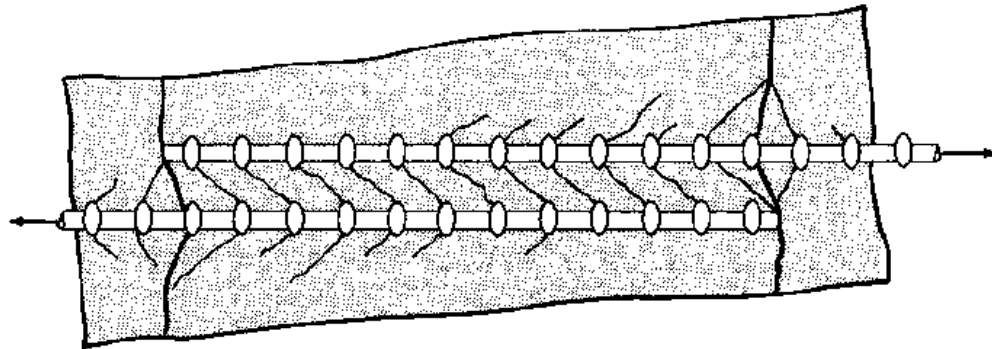
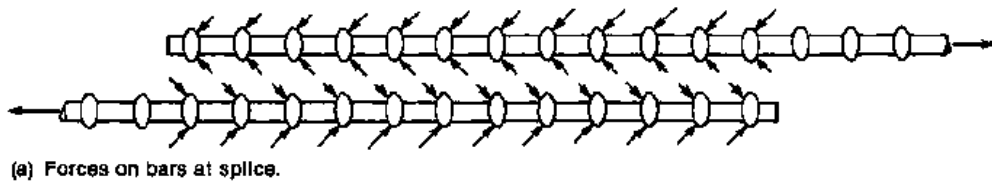
۱۲- در یک تیر ساده بتن آرمه تحت بار گسترده یکنواخت بدون آرماتور فشاری که در آن تمام آرماتورهای کششی تا تکیه گاهها ادامه داده شده اند، آیا امکان دارد که آرماتورها در وسط دهانه مهار شده باشند ولی در نقاط با لنگر کمتر مهار نشده باشند؟

(مهندس عمران ۷۷)

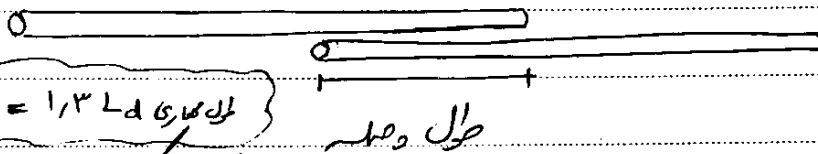


- (۱) بله، در صورتی که روی تکیه گاه، شیب منحنی ظرفیت لنگر بیشتر از شیب خط مماس بر منحنی لنگر لازم باشد.
- (۲) بله، در صورتی که روی تکیه گاه، شیب منحنی ظرفیت لنگر کمتر از شیب خط مماس بر منحنی لنگر لازم باشد.
- (۳) خیر، اگر آرماتورها در مقطع حداکثر لنگر مهار شده باشند، طبیعتاً در قسمت های دارای لنگر کمتر، مشکل ندارند.
- (۴) خیر، مگر اینکه آرماتورها روی تکیه گاه ساده با قلاب مهار شده باشند.

گزینه ۲



طول وصله :

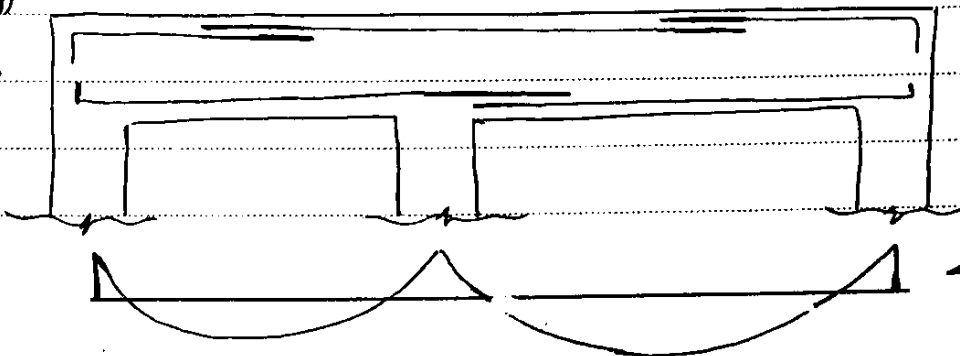


طول وصله برای دو میلگرد مطابق شکل برابر $1.3 L_d$ می باشد مگر اینکه :

- ۱- تعداد میلگردهای که با هم وصله می شوند نصف میلگردهای موجود باشند .
 - ۲- (مقاومت میلگرد لازم) $>$ (مقاومت میلگرد موجود)
- باید شرایط فوق مهتران
- باید برای طول وصله $1.3 L_d$

آن را کاهش

داد و
در نظر گرفت



مقدار ۸

در محاسبه طول وصله بر خلاف طول مهری نمی توان طول وصله را شرح زیر کاهش داد .

$$\text{طول وصله} \neq 1.3 L_d \times \frac{\text{مقاومت آرماتور لازم}}{\text{مقاومت آرماتور موجود}}$$

نکته : طول وصله و طول مهری در هیچ حالتی نباید کمتر از $\frac{30}{4}$ شود .

نکته ۲: فاصله عرض میلگردهای وصله شونده از یکدیگر:

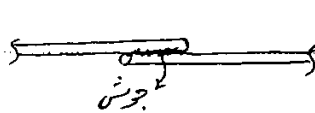
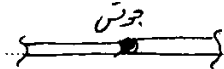
یا باید میلگردها کاملاً بهم بچسبند ∞
و یا از هم کاملاً فاصله گیرند $\frac{0}{s}$

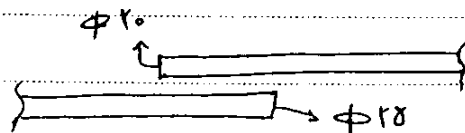
$s < \begin{cases} 15 \text{ cm} \\ \text{طول وصله} \frac{1}{8} \end{cases}$

* بخاطر اینکه بتن پس از آنکه سرد شود بتواند منقبض نگردد

اگر وصله ها به هم چسبیده نباشند، حداقل فاصله بین آنها نیز باید رعایت شود که در فصل محدودیت فواصل آرماتورها می خوانیم

انواع وصله:

- ۱- وصله پوششی \uparrow
- ۲- وصله جوش 
- ۳- وصله مکانیکی 
- ۴- وصله انکابی (برقی بکار رود که مطمئن باشیم عضو همیشه تحت فشار است)



نکته ۳: طول وصله بر اساس قطر بزرگتر تعیین می شود

آزاد ۸۶

در مورد وصله پوشش میلگردها کدام عبارت صحیح نیست؟

- ۱) کلیه میلگردها مقطع را نباید در یک محل وصله کرد.
- ۲) حداکثر باید پنجاه درصد میلگردهای یک مقطع را وصله نمود.
- ۳) میلگردها را نباید در محل لنگرهای حداکثر وصله کرد.
- ۴) می توان تمامی میلگردهای یک مقطع را وصله نمود.

گزینه ۱: کلیه میلگردهای مقطع را بهتر است در یک محل وصله نکنیم

گزینه ۲: اگر در هر مقطعی حداکثر نصف میلگردها را وصله کنیم و نیز مقدار آرماتور موجود در ناحیه وصله به اندازه دو برابر مقدار مورد نیاز باشد (وصله در ناحیه لنگر حداکثر نباشد) میتواند طول وصله را به جای $1.3 L_d$ برابر L_d در نظر گرفت. ولی این شروط اجباری نیستند. بنابراین گزینه ۲ به این صورت صحیح است: حداکثر بهتر است پنجاه درصد میلگردهای مقطع را وصله کنیم.

گزینه ۳: میلگردها را بهتر است در محل لنگرهای حداکثر وصله نکنیم.

گزینه ۴ صحیح است.

بنابراین به جز گزینه ۴ همه گزینه ها نادرست است ولی گزینه ۲ از همه نادرست تر است!

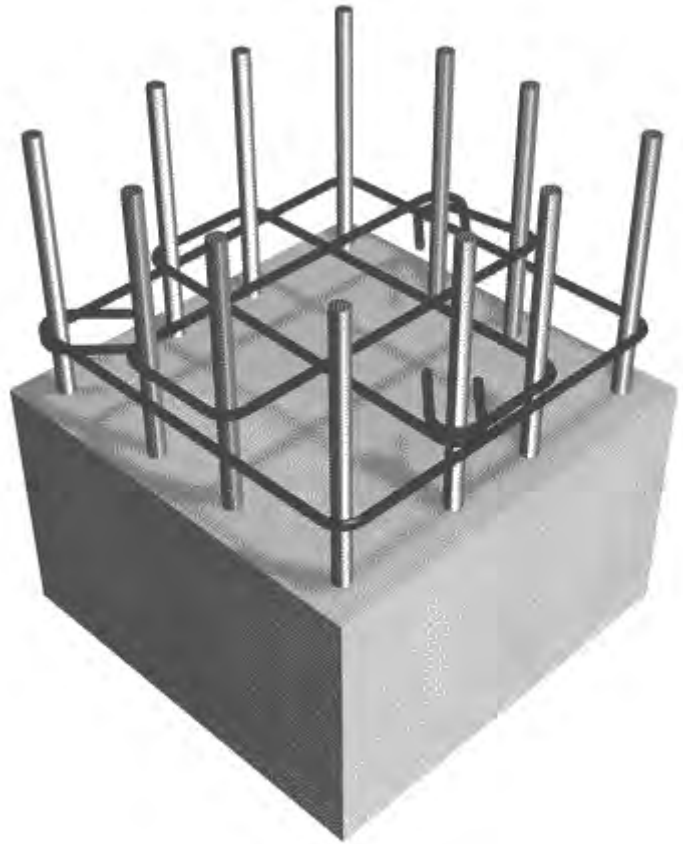
۱۴۰- کدام عبارت صحیح نیست؟

- ۱) در قطعات خمشی، فاصله در میلگرد که با وصله پرشش بهم متصل شده اند نباید از ۵ سانتیمتر بیشتر باشد.
 - ۲) طول وصله یک میلگرد در گروه سه تایی ۱/۲ برای طول وصله یک میلگرد تنها است.
 - ۳) برای مقاومت در برابر پیچش لزوماً میلگرد عرضی باید به صورت بسته باشد.
 - ۴) فاصله محوری بین میلگردهای پیچش طولی توزیع شده در داخل محیط فولاد عرضی نباید بیش از ۳۰ سانتیمتر در نظر گرفته شود.
- گزینه ۱: فاصله میلگردهای با وصله پوششی نباید از ۱۵ سانتیمتر و نیز از یک پنجم طول وصله بیشتر باشد.

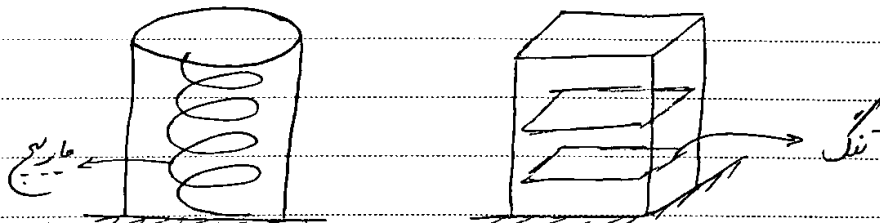
(مهندس عمر) (آد ۸۴)

۲۰- کدام گزینه صحیح نیست؟

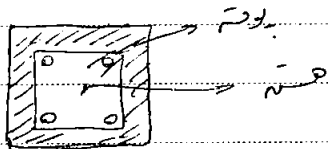
- ۱) مقدار نیروی برشی روی طراحی طول مهاري تأثیر دارد.
 - ۲) جزئیات وصله در مقطع باید طوری باشد که نیرو مستقیماً از یک میلگرد به دیگری منتقل شود.
 - ۳) قطع میلگردها در نواحی کششی نیز باید کمتر از نواحی فشاری باشد.
 - ۴) با افزایش قطر میلگرد طول مهاري افزایش می‌یابد.
- گزینه ۲. در وصله پوششی نیرو مستقیماً منتقل نمی‌شود بلکه از میلگرد اول به بتن منتقل شده و از بتن نیز به میلگرد بعدی منتقل می‌شود.
- ولی در وصله مکانیکی نیرو مستقیماً منتقل می‌شود.



ستونها :

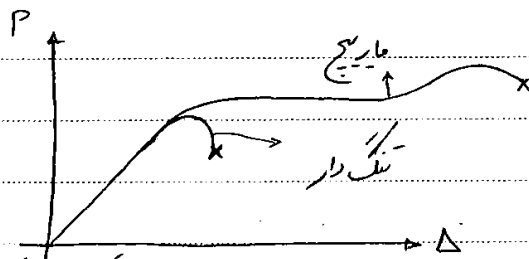
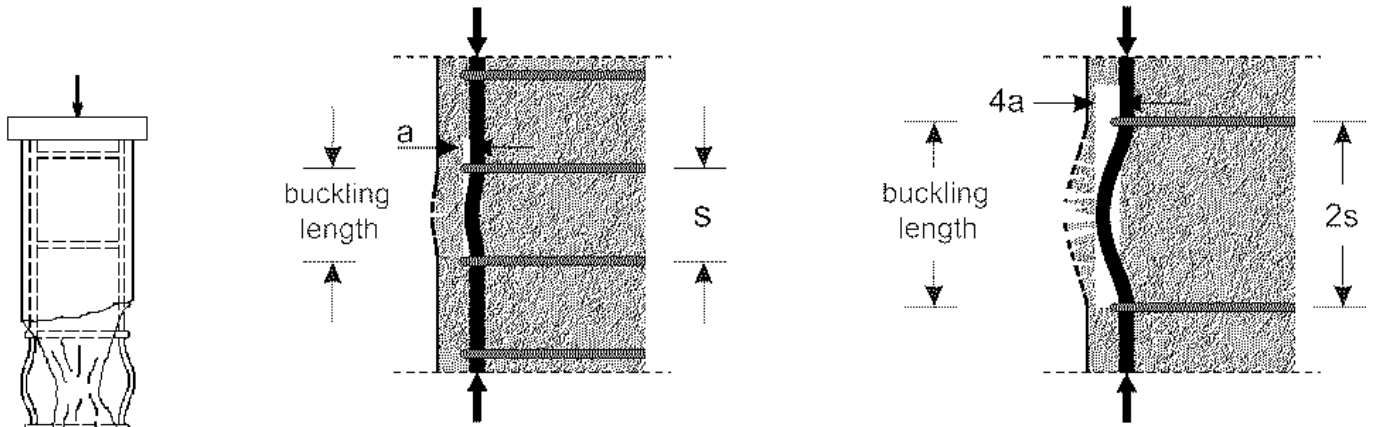


در ستونهای تنگ در برابر افزایش نیروی فشاری ابتدا پوسته بتن خرد می شود سپس آرماتورهای طولی گمانش می کنند و همراه با آن هسته نیز بلافاصله خرد شده و ستون خراب می شود.



در زمینه آرماتورهای عرضی (تنگ ها) :

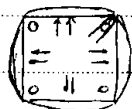
۱. چگونگی از گمانش آرماتورهای طولی و در نتیجه چگونگی از متلاشی شدن زرد هنگام پوشش بتن.
۲. نگهداری آرماتورهای طولی در محل خود به هنگام بتن ریزی (سجالت اجزای).
۳. تحمل بارش.



* فرقی ستون ماریج با ستون تنگ داره

در ستون ماریج با افزایش بار ابتدا پوسه بتن خراب می‌شود سپس به علت عدم گمانش می‌کند که
موتور و بالا رفتن مقاومت هسته، ستون تغییر شکل‌های بیشتری را می‌تواند تحمل کند پس از افزایش در مقاومت
خواهی ستون محولاً بصورت تسلیم آرماتورها ماریج و سپس خرد شدن هسته انجام می‌پذیرد.

سوال: اگر محاسب ستون نامیده تنگ دارا گمانش دهیم این ستون مانند ستون ماریج عمل خواهد کرد یا نه؟
جواب: به علت شکل غیر منظم تنگ در اثر فشار داخلی تغییر شکل می‌دهد و نمی‌تواند محصوریت لازم را ایجاد
کند.



شکل پذیری ستون ماریج < شکل پذیری ستون تنگ
مقاومت ستون ماریج < مقاومت ستون تنگ

آیین نامه افزایش مقاومت ستون ماریج را در نظر نمی‌گیرد، علت: چون این افزایش مقاومت
پس از تغییر شکل حاصل تنگ بدست می‌آید.

مقایسه سوراخ تنگ دار و پاریچ : مقاومت فشاری یکسان نیست ولی اگر یکسان می‌گردد شکل پذیری " "

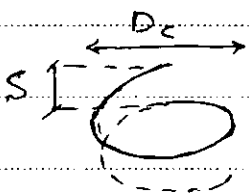
فقط مقاومت خمشی یکسان است

نمود طراحی سوراخهای پاریچ و مقدار آرماتورها پاریچ باید به گونه‌ای طراحی شوند که مقاومت خمشی تیر بیش از مقاومت کابل مقطع باشد.

$$p_s = \frac{A_{sp} \times \pi D_c}{A_c \times S} = \frac{4 A_{sp}}{S D_c} \geq 0.145 \left(\frac{A_g}{A_c} - 1 \right) \frac{f_c}{f_y}$$

p_s مقدار آرماتور در واحد حجم πD_c طول آرماتور در هر متر

$A_c \times S$ حجم تیر در هر متر



S متر پاریچ

D_c قطر هسته تیر

A_{sp} مساحت مقطع میلگرد پاریچ

برای اینکه پاریچ بخشی محصوریت را انجام دهد باید :

$$p_s \geq \dots \quad (1) \checkmark$$

$$7.15 \text{ cm} \leq \text{فاصله آزاد پاریچ} \leq 2.5 \text{ cm} \quad (2) \checkmark$$

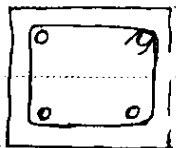
برای اینکه تیر در شرد برابر با محصوریت

تامین شود

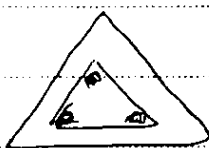
نکته : حداقل قطر آرماتور پاریچ $\Phi 6$ ، نکته : $\frac{D_c}{6} \leq$ فاصله آزاد

نمود محاسب کردن پاریچ ها به اندازه ۱.۵ دور اضافی بپسند آن

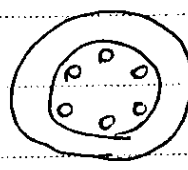
نکته : حداقل تعداد آرماتور طولی در سوراخها :



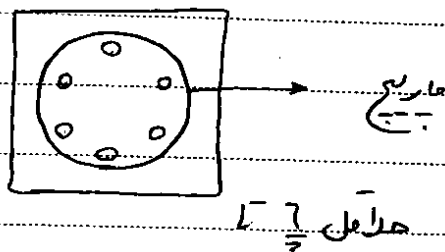
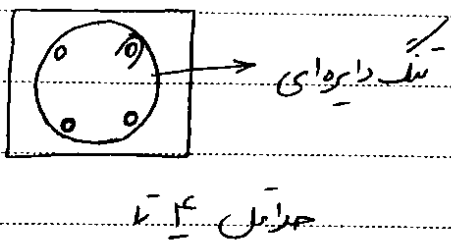
حداقل ۴



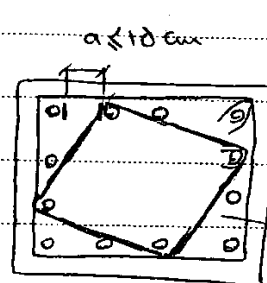
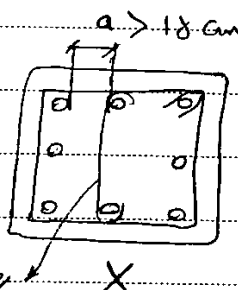
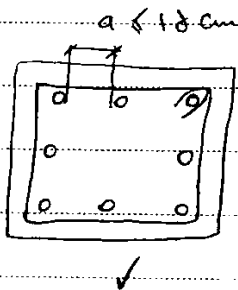
حداقل ۳



حداقل ۶



ارتقاءهای طولی باید بصورت یکی در میان توسط تک‌ها مهار شوند.



روش اصلاح
اضافه کردن سنجاق

روش اصلاح

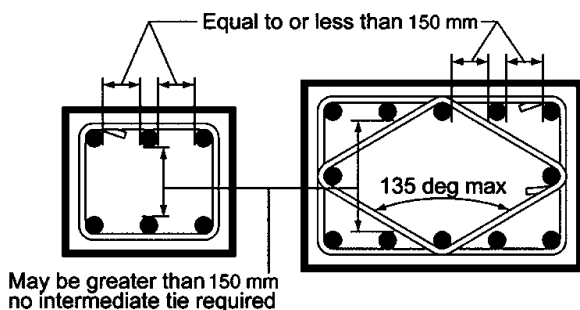
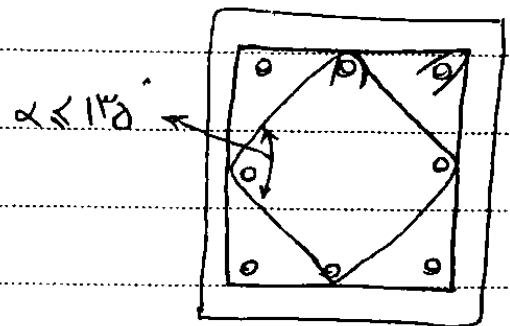


Fig. R7.10.5—Sketch to clarify measurements between laterally supported column bars.



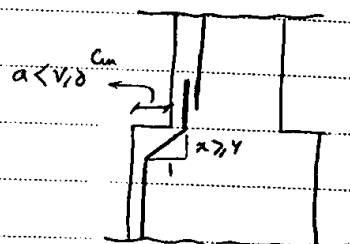
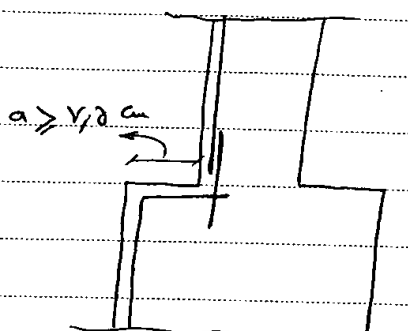
حداقل و حداکثر درصد ارتقاء طولی :

حداکثر : $P = 7\%$ درصد ارتقاء طولی به علت دایره درصد ارتقاء بیشتر از این شود بتن ستون به علت تراکم زیاد ارتقاء کم می شود (دیوید نمی شود)

اگر از صلب پرتی استفاده شود عملاً باید $P \leq 3\%$ باشد .

حداقل : $P \geq 1\%$ باشد به علت دایره ستون تردشک نباشد (بتن آرمه محسوب شود) / کاهش خزش و افت در ستون

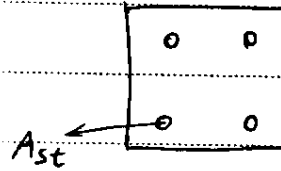
الستون کاهش مقطع داشت



نکته محاسبه مقاومت فشاری ستونها:

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

↓
(به علت برده خشن بتن مقاومت کمتری تحمل میکند)
→ $\approx A_g$



تأثیر خروج از مرکزیت اتفاقی بر مقاومت ستون:

$$P_n = \begin{cases} 0.8 P_n & \text{ستون تنگ دار} \\ 0.85 P_n & \text{ستون مارپیچ} \end{cases}$$

↓
به خاطر خروج از مرکزیت اتفاقی
↓
خاطر شکل پیر بردن
در پیچ نیست به تنگ دار

مرکز پلاستیک و برابری مرکز نیروها تعیین می شود.

تمرین:

(محلله عمران ۸۱)

۳۴- مهمترین وظیفه آرماتورهای برشی در اعضای بتنی فشاری چیست؟

(۲) دوختن آرماتورهای اصلی به همدیگر

(۱) افزایش مقاومت فشاری بتن

(۴) جلوگیری از کمانش آرماتورهای اصلی

(۳) تأمین مقاومت برشی

گزینه ۴

ضوابط آئین نامه ای برای تعیین حداقل میزان فولاد مارپیچ (Spiral) در ستونها بر چه مبنایی استوارند؟

(محلله عمران ۸۲)

(۱) ستون در باری بیشتر از ستون معادل تنگدار گسیخته شود.

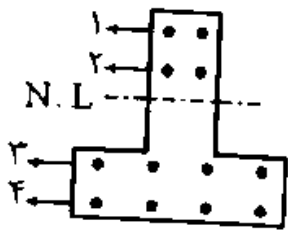
(۲) پوسته بیرونی ستون در بارهای نسبتاً کم بدون آسیب باقی بماند.

(۳) بار گسیختگی ثانویه مغزه ستون باعث پوسته شدن بتن داخل مغزه گردد.

(۴) بار گسیختگی ثانویه مغزه ستون حداقل برابر باشد با بار گسیختگی اولیه پوسته بیرونی آن

گزینه ۴

۵- برای یک ستون بتن آرمه، با مقطع و فولادگذاری نشان داده شده تحت خمش یک محوره، حالت بالانس (متعادل) چه هنگامی اتفاق می افتد؟



- ۱) کلیه فولادهای ناحیه کششی (ردیف ۳ و ۴) جاری شوند.
 - ۲) بتن فشاری و فولاد کششی همزمان به تغییر شکل نهایی خود برسند.
 - ۳) فولاد کششی ردیف ۴ و فولاد فشاری ردیف ۱ همزمان جاری شوند.
 - ۴) همزمان با کرنش نهایی بتن، پایین ترین ردیف فولاد کششی (ردیف ۴) به نقطه جاری شدن برسد.
- گزینه ۴

۲۷- کدامیک از دلایل استفاد از تنگهای مارپیچی در ستونها نیست؟

(مهندس عمران آ (۸۴)

- ۱) جلوگیری از کمانش میلگرد طولی
 - ۲) سهولت در ساخت و اجرا
 - ۳) افزایش ظرفیت برشی ستون
 - ۴) جلوگیری از ایجاد تنش سه محوری در ستون
- گزینه ۴: با افزایش نیروی فشاری وارده بر بتن ستون، مارپیچ باعث ایجاد تنش جانبی می شود (تنش سه محوره).

۱۶- در یک ستون مدور تحت اثر ترکیب بار محوری و لنگر خمشی، اگر A_v و s به ترتیب، سطح مقطع و فاصله میلگردهای عرضی باشد، کدام عبارت صحیح تر است؟

(مهندس عمران آ (۷۶)

- ۱) با افزایش $\frac{A_v}{s}$ شکل پذیری افزایش می یابد.
 - ۲) با افزایش $\frac{A_v}{s}$ تغییری در شکل پذیری حاصل نمی شود.
 - ۳) با افزایش $\frac{A_v}{s}$ شکل پذیری کاهش می یابد.
 - ۴) فقط با افزایش A_v شکل پذیری افزایش می یابد.
- گزینه ۱

۱۸- کدام عبارت زیر در رابطه با شکل پذیری قابهای بتن آرمه صحیح است؟

(مهندس عمران آ (۷۵)

- ۱) اثر فولاد فشاری در تیرها باعث افزایش شکل پذیری و دورپیچی ستونها باعث کاهش شکل پذیری قابها می شود.
 - ۲) اثر فولاد فشاری در تیرها و دورپیچی ستونها باعث کاهش شکل پذیری قابها می شود.
 - ۳) اثر فولاد فشاری در تیرها باعث کاهش شکل پذیری و دورپیچی ستونها باعث افزایش شکل پذیری قابها می شود.
 - ۴) اثر فولاد فشاری در تیرها و دورپیچی ستونها باعث افزایش شکل پذیری قابها می شود.
- گزینه ۴

تمرین:

(مهلهس همراه ۷۳)

۲۳- از نظر خاصیت شکل پذیری (داکتیلیته) گزینه صحیح کدام است؟

(۱) ستون‌های با تنگ موازی نسبت به ستون‌های دورپیچ ارجح است.

(۲) فرقی ندارد.

(۳) شکل پذیری بستگی به تنگها ندارد.

(۴) ستون‌های دورپیچ (با تنگ ماریچ) نسبت به ستون‌های با تنگ موازی ارجحیت دارد.

گزینه ۴

تمرین:

(مهلهس همراه آزاد ۷۹)

۳۶- براساس آئین نامه بتن استفاده از آرماتورهای ماریچ در ستون‌ها:

(۱) شکل پذیری را زیاد می‌کند.

(۲) شکل پذیری را کم می‌کند.

(۳) اثری در شکل پذیری ندارد.

(۴) مقاومت برشی را کاهش می‌دهد.

گزینه ۱

آزاد ۸۵

۱۱۲- در ستون‌های ماریچ دار:

(۱) مقاومت فشاری ستون با مقطع یکسان برابر ستون تنگدار است.

(۲) شکل پذیری ستون با مقطع یکسان برابر ستون تنگدار است.

(۳) حداقل میلگرد برشی ستون با مقطع یکسان برابر ستون تنگدار است.

(۴) مقاومت خمشی ستون با مقطع یکسان برابر ستون تنگدار است.

گزینه ۴

۱۹- در مورد مزیت ستون بتن آرمه دورپیچ نسبت به ستون با تنگ‌های منفرد موازی کدامیک از گزینه‌های زیر صحیح تر است؟ (با فرض طراحی مناسب آرماتور عرضی)

(مهلهس همراه ۷۴)

(۱) افزایش پایداری ستون‌های بلند در مقابل کمانش و کاهش شکل پذیری.

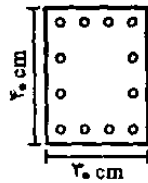
(۲) افزایش شکل پذیری و مقاومت در مقابل آتش سوزی

(۳) افزایش شکل پذیری و بالا رفتن ظرفیت باربری ستون‌ها.

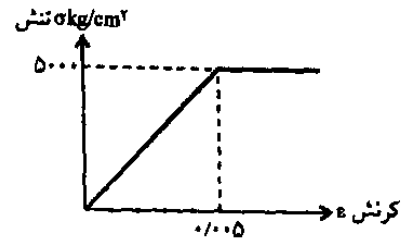
(۴) کاهش شکل پذیری و بالا رفتن ظرفیت باربری ستون‌های کوتاه.

گزینه ۳:

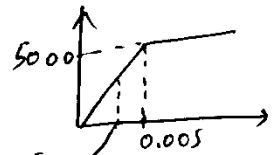
۳۰- در مقطع زیر که تحت بار محوری خالص قرار دارد، به جای فولاد از مصالحی استفاده شده است که دارای رفتار تنش - کرنش مطابق با شکل زیر است. اگر تاب فشاری سیلندر بتن ۲۸ روزه $f'_c = ۲۸۰ \text{ kg/cm}^2$ باشد، ظرفیت نهایی اسمی (nominal) بار محوری مقطع چه مقدار است؟
(مهندس عماد آزاد آه)



مساحت کل فولادها = ۶۰ cm^2



(۱) حدود ۵۰۰ تن (۲) حدود ۴۵۰ تن (۳) حدود ۴۰۰ تن (۴) حدود ۶۰۰ تن



تنی ۰.۰۰۳۵ در این صورت بار نهایی در این بتن مقدار مقدار تنش در فولاد برابر است با:

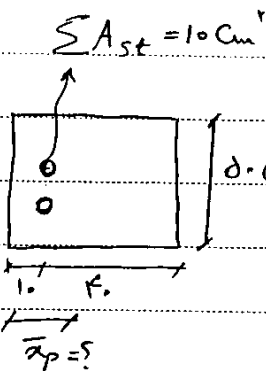
$$5000 \times \frac{0.0035}{0.005} = 3500 \text{ kg/cm}^2 \rightarrow$$

$$P_{no} = 0.85 f'_c (300 \times 400 - A_s) + A_s \times 350 = 4956000 \text{ N} = 495.6 \text{ ton}$$

این تا قبل $\varepsilon_{cu} = 0.003 \rightarrow f'_s = 3000 \text{ kg/cm}^2 \rightarrow P_{no} = 0.85 f'_c (A_c) + A_s \times 3000 = 4656000 \text{ kg}$

۷-۱- مرکز پلاستیک

مرکز پلاستیک و برابری مرکز نیروها تعیین می‌شود.



$$f'_c = ۲۸$$

$$f_y = ۴۰۰$$

نیروی فولاد

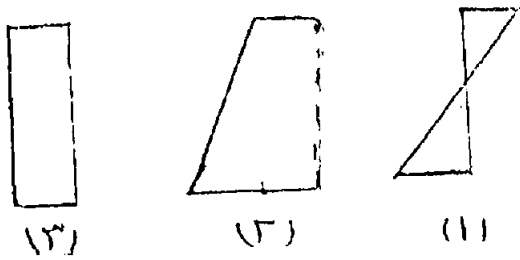
نیروی بتن

$$\bar{x}_p = \frac{(10 \times 400) \times 10 + (0.18 \times 28 \times 50 \times 50) \times 28}{10 \times 400 + 0.18 \times 28 \times 50 \times 50} = ۲۴.۸$$

تفاوت مرکز پلاستیک با مرکز الاستیک؟

آزاد ۹۰

۱۲۲- نمودار کرنش ستونی با مقطع مستطیلی در حالات زیر نمایش داده شده است. کدام گزینه نشان دهنده نمودار کرنش ستون تحت بار محوری یا خروج از مرکزیت می باشد؟



(۱) حالت (۱)

(۲) حالت (۲)

(۳) حالات (۱) و (۲)

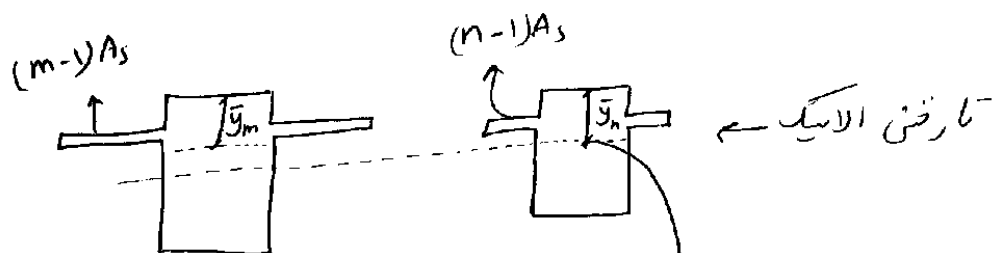
(۴) هر سه حالت می تواند باشد.

۱۳۳ گزینه ۴ صحیح است

در نمودار کرنشی او ۲ که مشخص است خروج از مرکزیت داریم و بارگذاری یکپارچه نیست. نمودار (۱) از دیدگاه درس معادلات مصالح و با فرض رفتار الاستیک خروج از مرکزیت ندارد ولی در رابطه با ستون ۳ می بینیم خروج از مرکزیت نسبت به مرکز پلاستیک منجمد می شود. برای مثال مقطع A_s را در نظر بگیرید.

$$\text{فرض کنیم } n = \frac{E_s}{E_c} = 10 \quad \text{باشد و} \quad m = \frac{F_y}{0.85 f_c} = 20 \quad \text{باشد}$$

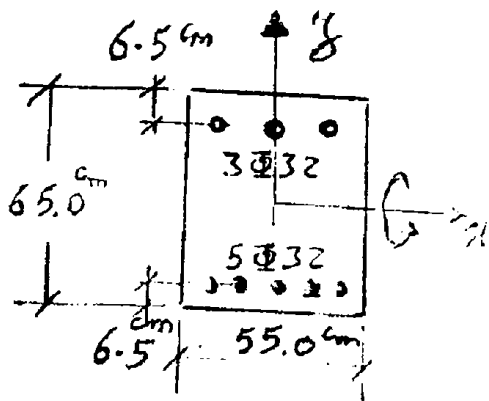
در این صورت ۲ تا تار ضعیف داریم $\left. \begin{array}{l} \text{تار ضعیف الاستیک} \\ \text{تار ضعیف پلاستیک} \end{array} \right\}$



اگر بار ایجاب دارد، در صورتی که اگر کرنش به صورت نمودار (۳) خواهد بود ولی خروج از مرکزیت (نسبت به مرکز پلاستیک) داریم

البته ممکن است منظور طراح از خروج از مرکزیت نسبت به مرکز الاستیک باشد نه پلاستیک که در این صورت گزینه ۳ پاسخ است.

۱۱۸- مرکز پلاستیک مقطع ستون نشان داده شده برای خمش حول محور x ، با فرضیات زیر نسبت به خط میانه مقطع، چند



سانتی متر است؟

- استفاده از بلوک تنش مستطیلی ویتنی

- ارتفاع بلوک $a = 0.85x$

- x فاصله از تار خنثی تا آخرین تار بتن در فشار

- تنش فشاری ماکزیمم بتن $0.85f_c$

- مبنای جاری شده فولاد f_y

- ضرائب اطمینان مقاومت مصالح برابر با یک فرض می‌شوند.

$$f_c = 2100 \text{ kgf/cm}^2 \quad E_s = 2 \times 10^6 \text{ kgf/cm}^2$$

$$f_y = 24000 \text{ kgf/cm}^2 \quad \Phi 22 = 8.1 \text{ cm}^2$$

$$y = -1.52 \text{ (۴)}$$

$$y = -1.09 \text{ (۳)}$$

$$y = +1.21 \text{ (۲)}$$

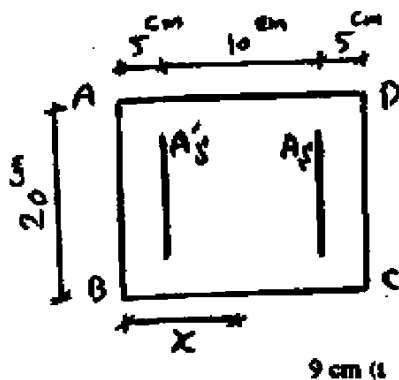
$$y = 0.0 \text{ (۱)}$$

$$\bar{y} = \frac{-2 \times 8 \times (2400 - 0.85 \times 2100) \times \left(\frac{65}{2} - 6.5\right) + 118}{\left[0.85 \times 2100 \times 65 \times 55 + 8 \times 8 \times (2400 - 0.85 \times 2100)\right]}$$

$$\rightarrow \bar{y} = -1.184 \text{ cm}$$

با سنج رگرزینک نیست!

آزاد ۸۸



۱۳۷- در مقطع ستون نشان داده شده فاصله مرکز پلاستیک تا وجه AB (x) کدام است؟

$$f_c' = 200 \text{ kg/cm}^2, f_y = 4000 \text{ kg/cm}^2, A_s = 8.5 \text{ cm}^2, A_s' = 2A_s$$

$$9 \text{ cm (۱)}$$

$$6 \text{ cm (۲)}$$

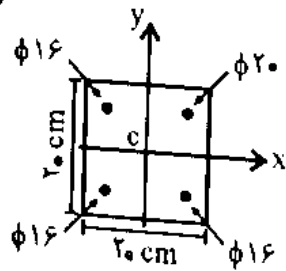
$$12.5 \text{ cm (۳)}$$

$$10 \text{ cm (۴)}$$

$$x = \frac{(A_s' \times 4000) \times 5 + (A_s \times 4000) \times 15 + (0.85 f_c' \times 20) \times (20 \times 20) \times 10}{(A_s' + A_s) \times 4000 + (0.85 \times 200) \times (20 \times 20)} = 9 \text{ cm}$$

۱۱- مقطع شکست تحت فقط یک نیروی محوری فشاری P در مبدأ مختصات (نقطه c) قرار می‌گیرد. اگر تنش مقاوم فشاری متوسط بتن برابر $۲۰۰ \frac{kgf}{cm^2}$ و مقاومت تسلیم فولاد برابر $۳۰۰۰ \frac{kgf}{cm^2}$ باشد، حداکثر

(مهندسی عمران ۷۶)



نیروی P که می‌توان بر مقطع وارد شود برابر است با:

(۱) بیشتر از ۱۰۵۵۹۲ کیلوگرم نیرو.

(۲) خیلی بیشتر از ۱۰۵۵۹۲ کیلوگرم نیرو.

(۳) کمتر از ۱۰۵۵۹۲ کیلوگرم نیرو.

(۴) مساوی ۱۰۵۵۹۲ کیلوگرم نیرو.

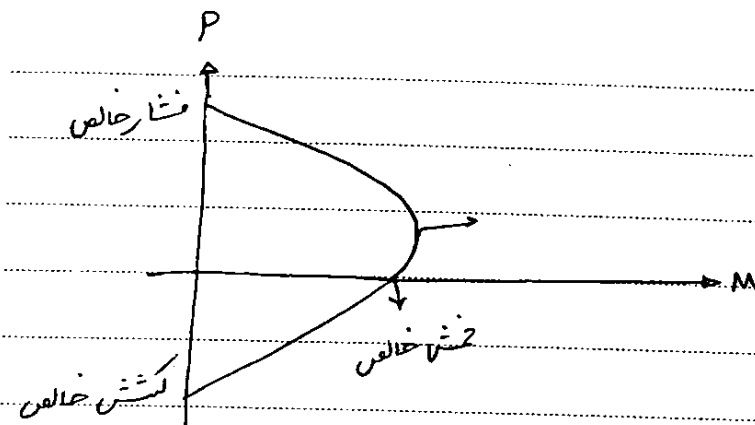
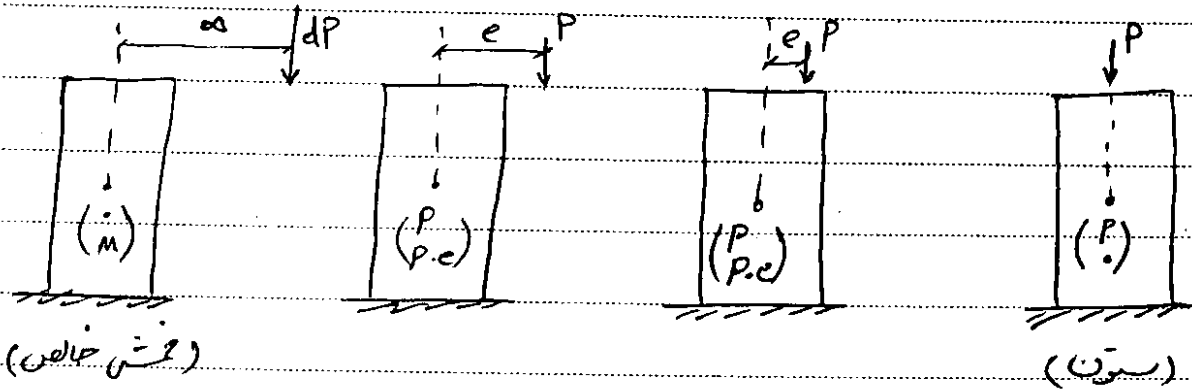
$$P_{10} = (f_c) \times A_c + A_s f_y = (20) \times (200 \times 200 - A_s) + A_s \times 3000 = 1055920 \text{ N} = 105592 \text{ kg}$$

$$3 \times \pi \times 8^2 + \pi \times 100 = 2112$$

کرز پلاستیک بر کرز سطح و از آنجا که خروج از کرنش را داریم و مقدار P باز کمتر از مقدار فوق است
پس بزرگترین گزینش صحیح است

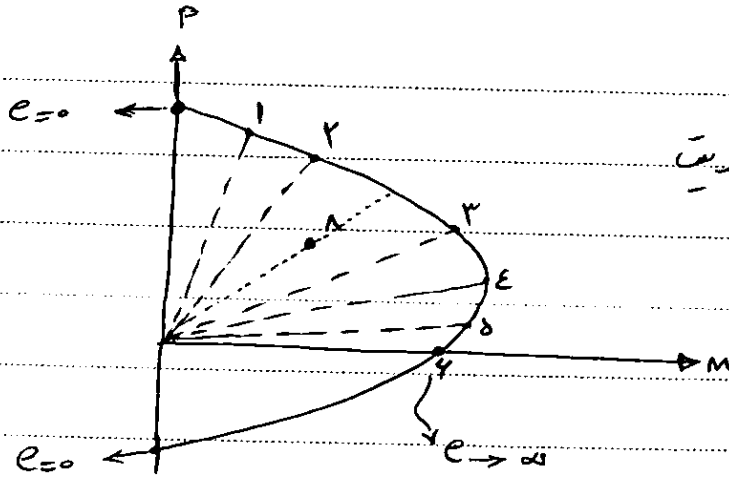
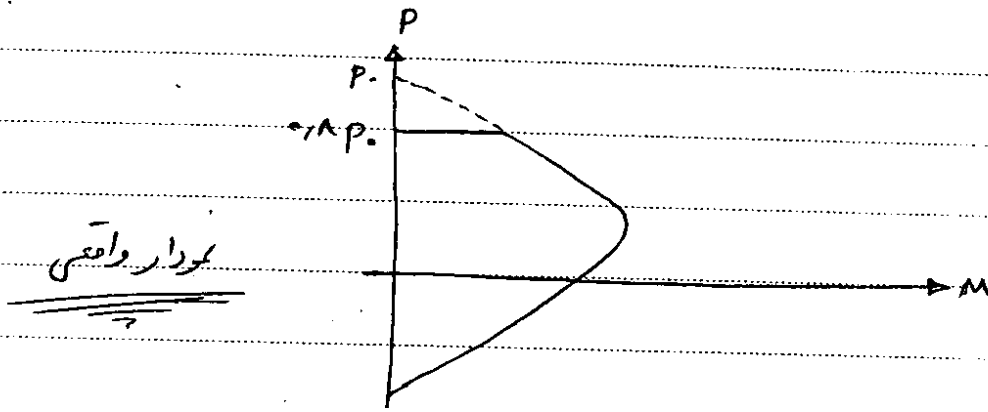
۲-۷- اندرکنش خمش و نیروی محوری

ترکیب نیروی محوری و خمشی:



با کاهش بار محوری ممکن است ظرفیت لنگر افزایش یا کاهش یابد.

با توجه به اینکه لنگر نامرئی باشد خروج از کرنش احتمالی در نظر می‌گیریم، نمودار واقعیت به صورت زیر است

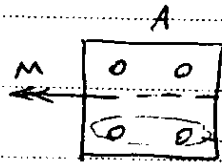
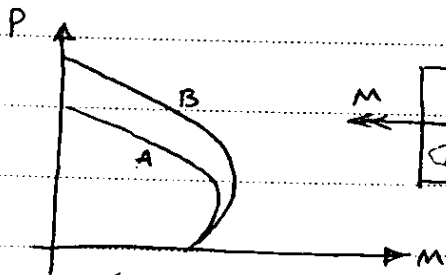


$$e = \frac{M}{P}$$

$$e_4 > e_5 > e_2 \rightarrow e$$

$$e_1 < e_3 < e_4$$

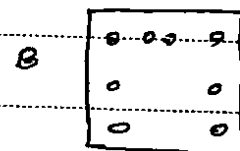
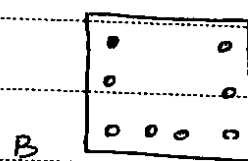
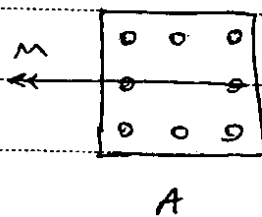
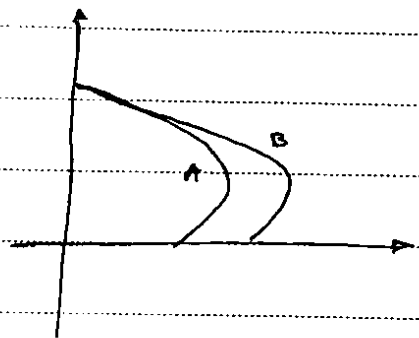
نقشه ۲. کدام است؟

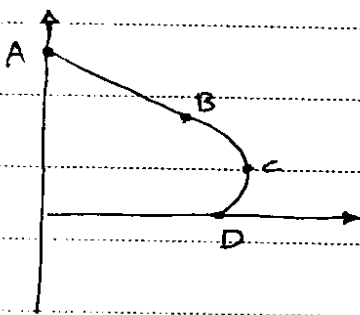


از آنجا که ظرفیت خمشی هر دو مقطع یکسان است مساحت آرماتورها

کشش در هر دو مقطع باید یکسان باشد و از طرفی چون مقاومت تباری مقطع B بیشتر است مقدار آرماتورها B باید بیشتر از A باشد.

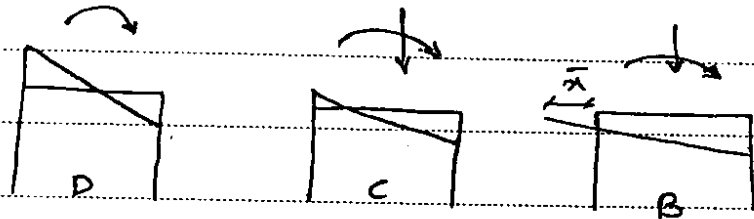
کدام است؟



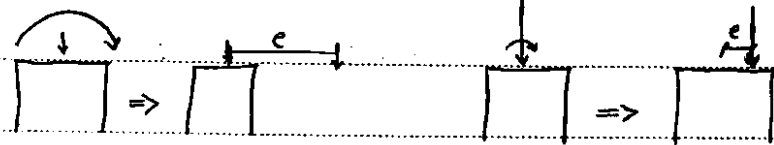
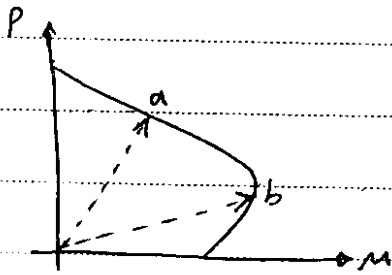


با حرکت از $A \rightarrow D$ عمل تارخشی؟

بسیار است A که به رویم تارخشی از مقطع خارج می شود



سوال: در کدام میر (خروج از مرکزیت) بیشتر است؟ $b \leftarrow$

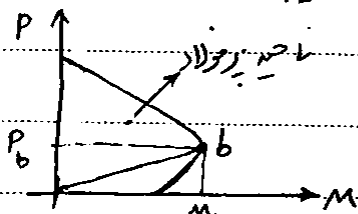


✓ در کدام میر تارخشی از مرکزیت دورتر است؟ $a \leftarrow$ (هر چه P بیشتر تارخشی دورتر)

✓ ... احتمال تسلیم شدن آرماتور کشش وجود دارد؟ $b \leftarrow$ (در قی فشار حالص داریم (e) چه حد فشار است واکش نداریم و هر چه M بیشتر شود کشش بیشتر می شود)

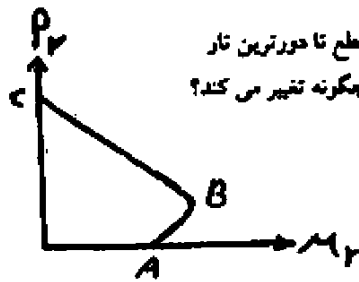
✓ در کدام میر سختی خمشی ستون بیشتر است؟ $a \leftarrow$ با افزایش فشار محال اینرسی افزایش میابد پس سختی خمشی ستون در نقطه a بیشتر است

✓ اگر خروج از مرکزیت بار محوری به گونه ای باشد که دقیقاً به نقطه b در شکل برسیم نقطه مورد تیر به نقطه بالانس (نقطه) می نامیم.



میروی محوری و تیر مشاخر با نقطه b به میروی محوری و تیر بالانس می نامیم.

تمام نقاط زیر خط چین
که کم فولاد



۱۳۵- در مورد دیاگرام اندرکنش نیرو-لنگر خمشی مطابق شکل، فاصله محور خمشی مقطع تا دورترین تار فشاری و همچنین خروج از محوریت نیروی فشاری به ترتیب از نقطه A به B به C چگونه تغییر می کند؟

- (۱) کاهش - افزایش
(۲) افزایش - کاهش
(۳) کاهش - کاهش
(۴) افزایش - افزایش

گزینه ۲

۳۲- کدامیک از عبارت های زیر در مورد شکست فشاری اعضای بتن مسلح درست است؟

(مهندس عمران آزاد ۸۱)

- (۱) در اعضای خمشی و در اعضای فشاری شکست فشاری مجاز است.
(۲) در اعضای فشاری شکست فشاری به شکست کششی ترجیح داده می شود.
(۳) شکست فشاری فقط در اعضای خمشی مجاز است.
(۴) شکست فشاری تحت هیچ شرایطی برای اعضای فشاری و اعضای خمشی مجاز نمی باشد.

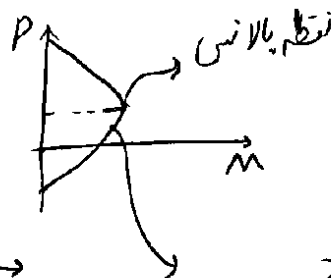
گزینه ۲

سراسری ۹۰

۱۱۵- اگر نیروی محوری وارده به مقداری یک، دشتون بتن آرسه کمتر از نیروی بالانس (N_{bal}) باشد، در هنگام گسیختگی مقطع چه اتفاقی خواهد افتاد؟

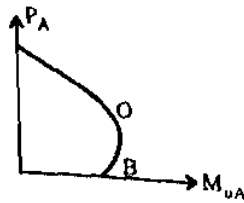
- (۱) لنگر مقاوم مقطع در مقایسه با حالت بالانس بیشتر خواهد شد.
(۲) لنگر مقاوم مقطع در مقایسه با حالت بالانس کمتر خواهد شد.
(۳) کرنش کششی حداکثر فولاد کمتر از ۰/۰۰۲ خواهد بود.
(۴) کرنش فشاری حداکثر بتن کمتر از ۰/۰۰۳ خواهد بود.

۱۱۵ گزینه ۲

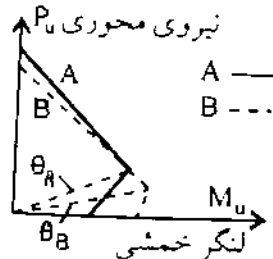


در پایین تر از نقطه بالانس
لنگر مقاوم کاهش می یابد. از طرفی مقطع کم فولاد محسوب می شود
و از آنجا که فولاد کم کششی در مقطع کم فولاد جاری می شود، گزینه ۳ نادرست است

- ۲۱- برای نمودار اندرکنش (توأم) نیروی محوری - لنگر خمشی مربوط به یک ستون بتن مسلح، کدامیک از گزینه‌های زیر درباره سختی (EI) ستون صحیح است؟
- (۱) سختی در منطقه OB کمتر از منطقه OA است.
 - (۲) سختی در منطقه OA کمتر از منطقه OB است.
 - (۳) سختی در منطقه OA مساوی با سختی منطقه OB است.
 - (۴) سختی‌های نقاط B و A با یکدیگر مساوی هستند.



گزینه ۱ (در OB لنگر زیاد و نیروی محوری کم است و مقطع ترک می خورد و EI مقطع کمتر از ناحیه OA است)



۸- نمودارهای اندرکنش نشان داده شده در شکل زیر مربوط به دو مقطع مربع مستطیل هستند که تنها از نظر مقدار فولاد کششی و فشاری با هم تفاوت دارند. درباره این اختلاف فولادگذاری چه می‌توان گفت؟

(مهندس عمران ۷۷)

- (۱) فولاد فشاری مقطع A برابر نقطه B و فولاد کششی مقطع A بیشتر از مقطع B است.
- (۲) فولاد کششی مقطع A برابر مقطع B و فولاد فشاری مقطع A کمتر از مقطع B است.
- (۳) فولاد فشاری مقطع A کمتر از مقطع B و فولاد کششی مقطع A بیشتر از مقطع B است.
- (۴) فولاد فشاری مقطع A بیشتر از مقطع B و فولاد کششی مقطع A کمتر از مقطع B است.

گزینه ۴

۳۱- چنانچه در یک ستون کوتاه بار محوری افزایش یابد، چه اتفاقی برای ظرفیت اسمی ($nominal$) خمشی ستون رخ می‌دهد؟

(مهندس عمران آزاد ۸۱)

(۱) تغییر در ظرفیت اسمی ($nominal$) خمشی رخ نمی‌دهد زیرا بار محوری و ظرفیت اسمی خمشی مستقل از یکدیگر محاسبه می‌شوند.

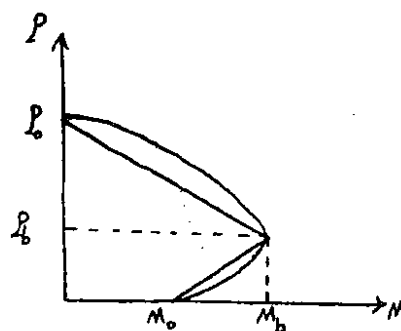
(۲) ممکن است ظرفیت اسمی ($nominal$) خمشی افزایش یا کاهش یابد.

(۳) ظرفیت اسمی ($nominal$) خمشی افزایش می‌یابد.

(۴) ظرفیت اسمی ($nominal$) خمشی کاهش می‌یابد زیرا تنش محوری در مقطع بیشتر شده و مقطع ضعیف‌تر می‌شود.

گزینه ۲. بسته به اینکه در ناحیه کنترل فشار یا کنترل کشش باشیم، هر دو حالت ممکن است رخ دهد.

آزاد ۸۶



نمودار اندرکنش نیروی محوری به لنگر یک ستون بتن آرمه مطابق شکل با یک نمودار

دو خطی تقریب زده شده است. در صورتیکه $M = \frac{1}{2}M_0$ بوده و دورترین آرما توره‌های کششی تسلیم شده باشند مقدار P برابر است با:

$$P = \frac{P_0 - P_b}{2} \quad (۳) \quad P = P_b + \frac{M_b P_b}{2(M_0 - M_b)} \quad (۱)$$

$$P = P_b - \frac{M_b P_b}{2(M_0 - M_b)} \quad (۱) \quad P = \frac{P_0 + P_b}{2} \quad (۲)$$

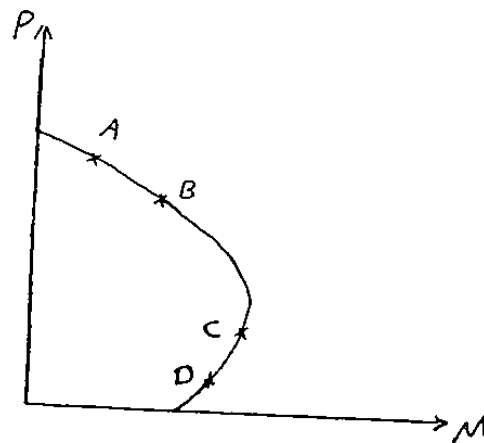
گزینه ۱

۲۹- برای یک ستون بتن مسلح با مقطع مستطیلی که ابعاد، ارتفاع، شرایط انتهایی و مقدار فولاد آن مشخص است. ظرفیت نهایی خمشی ستون تحت اثر بار نهایی محوری P_n ، برابر با M_n می باشد. چنانچه بار محوری از P_n به مقدار اندکی بیشتر یعنی $P_n' > P_n$ افزایش یابد، در آن صورت تغییر M_n چگونه است؟
(مهندس عمران آ (۸۶))

- (۱) M_n هم حتماً افزایش می یابد.
(۲) افزایش یا کاهش M_n بستگی به مقدار P_n دارد.
(۳) M_n حتماً کاهش می یابد.
(۴) M_n تغییر نمی کند زیرا نسبت خروج از محوری $e = \frac{M_n}{P_n}$ ثابت است.

گزینه ۲

آزاد ۸۵

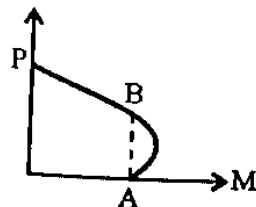


۱۱۳- مطابق با شکل روبرو کدام ستون اقتصادی تر است؟
(یعنی در کدام ستون بهترین استفاده از مصالح شده است)

- (۱) B
(۲) C
(۳) A
(۴) D

گزینه ۳

۲۶- در یک مقطع بتن آرمه که تحت نیروی محوری فشاری و لنگر خمشی حول یک محور اصلی قرار دارد.

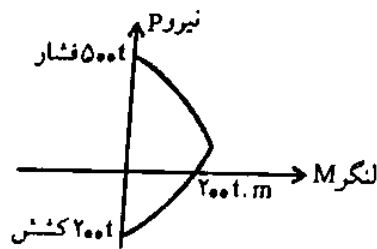


منحنی انحرش نیروی محوری و لنگر خمشی مطابق شکل است. دو نقطه A و B روی منحنی متعلق به مقادیر ثابت لنگر خمشی هستند. اما نیروی محوری P در A صفر و در B غیر صفر است. کدامیک از عبارات زیر درست است؟
(مهندس عمران آ (۷۷))

- (۱) محل محور خنشی در دو نقطه A و B یکسان نیست.
(۲) محل تار خنشی در دو نقطه A و B یکی است ولی کرنش فولاد در B کمتر از A است.
(۳) محل محور خنشی یکی است ولی کرنش ماکزیمم فشاری در B بیشتر از A می باشد.
(۴) هیچکدام

گزینه ۱:

۱۷- ستون بتن آرمه‌ای در فشار خالص دارای ظرفیت باربری فشار 500 ton و در خمشی خالص دارای ظرفیت خمشی 200 kNm و در کشش خالص ظرفیت باربری کششی 200 ton می‌باشد. چنانچه لنگر وارد بر این ستون 150 kNm باشد، حداکثر کشش قابل اعمال به ستون به طور توأم با این لنگر تقریباً چقدر است؟
(مهندس عمران ۷۵)

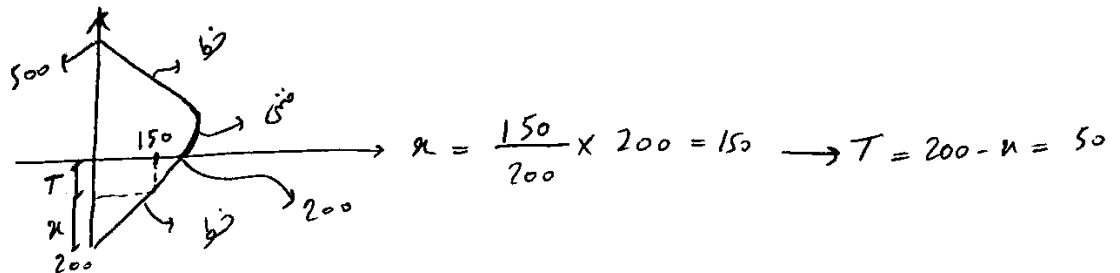


(۱) ۲۵۲

(۲) ۵۰۲

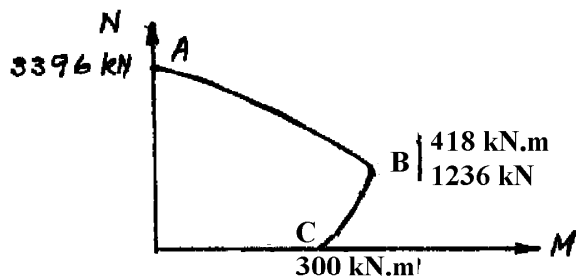
(۳) ۷۵۲

(۴) ۱۰۰۲



سراسری ۹۱

۱۲۰- منحنی تداخلی نیروی محوری - لنگر خمشی مقاوم مقطع یک ستون کوتاه بتن آرمه در شکل زیر نشان داده شده است. به مقطع این ستون لنگر خمشی 209 kNm وارد می‌شود. مقطع این ستون می‌تواند یک نیروی محوری فشاری را به طور همزمان با لنگر فوق تحمل کند که مقدار آن:

(۱) دقیقاً برابر 2316 kN است.(۲) اندکی بیشتر از 2316 kN است.(۳) اندکی کمتر از 2316 kN است.

(۴) را نمی‌توان بدون حل کردن معادلات حاکم به دست آورد.

اگر خطوط منحنی را به صورت قطرات در نظر گیریم:

$$P = 3396 - \frac{209}{418} \times (3396 - 1236) = 3396 - 1080 = \boxed{2316}$$

در حالتیکه منحنی واقع به سمت خارج تدب دارد مقدار P واقعی کمی بیشتر از 2316 است

۱۱۶- ناحیه کنترل فشار در منحنی تداخلی ستون را می توان با یک خط مستقیم تقریب زد. معادله این خط کدام است؟

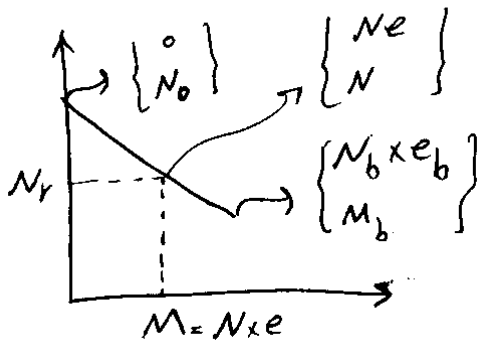
$$N_r = \frac{N_{ro}}{1 + \left(\frac{N_{ro}}{N_{rb}} - 1\right) \frac{e_b}{e}} \quad (2)$$

$$N_r = \frac{N_{rb}}{1 + \left(\frac{N_{ro}}{N_{rb}} - 1\right) \frac{e}{e_b}} \quad (1)$$

$$N_r = \frac{N_{ro}}{1 + \left(\frac{N_{ro}}{N_{rb}} - 1\right) \frac{e}{e_b}} \quad (f)$$

$$N_r = \frac{N_{rb}}{1 + \left(\frac{N_{rb}}{N_{ro}} - 1\right) \frac{e}{e_b}} \quad (3)$$

گزینه ۴



$$y = y_0 + m\Delta x$$

$$N = N_b + m(M - M_b)$$

$$m = \frac{y_1 - y_0}{x_1 - x_0} \implies N = N_b + \left(\frac{N_0 - N_b}{0 - M_b}\right)(M - M_b)$$

در پاسخ ها M نداریم و به جای آن از e استفاده شده است.

بنابراین در معادله فوق به جای M مقدار M = Ne را جایگذاری می کنیم:

$$N = N_b + \left(\frac{N_0 - N_b}{-N_b \times e_b}\right)(e \times N - e_b N_b)$$

در پاسخ ها، مقدار N متغیر اصلی در نظر گرفته شده است. از N فاکتور می گیریم:

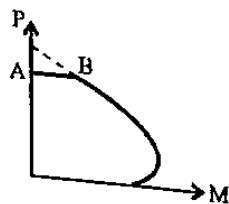
$$N + Ne \left(\frac{N_0 - N_b}{N_b \times e_b}\right) = N_b + \left(\frac{N_0 - N_b}{-N_b \times e_b}\right)(-e_b N_b)$$

$$N + N \left(\frac{N_0 - N_b}{N_b \times \frac{e_b}{e}}\right) = N_0$$

$$N = \frac{N_0}{1 + \left(\frac{N_0 - N_b}{N_b \times \frac{e_b}{e}}\right)} = \frac{N_0}{1 + \left(\frac{N_0}{N_b} - 1\right) \frac{e}{e_b}}$$

۴- در منحنی اثر متقابل نیروی محوری و لنگر خمشی ستون ها (مطابق شکل رویرو)، قسمت AB بیانگر کدام مطلب می باشد؟

(مهندس عمران ۸۰)



(۱) عدد فولاد عرضی در ستون است.

(۲) کنترل کننده خروج از مرکزیت حداقل در ستون است.

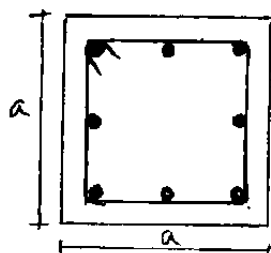
(۳) رفتار ستون در نواحی با لنگر کم بوده و به صورت

تئوریک حاصل می شود

(۴) قسمت AB در منحنی اثر متقابل ستون وجود نداشته و در این شکل اشتباهاً رسم شده است.

گزینه ۲

۱۱۸- در یک ستون بتن آرمه با مقطع زیر، حداکثر لنگر خمشی قابل تحمل در حالت خمش تک محوره 400 kN.m می باشد. نیروی فشاری متناظر این حالت 800 kN است. همچنین اگر نیروی 1000 kN به مقطع وارد شود، حداکثر لنگر خمشی قابل تحمل 300 kN.m خواهد بود. اگر بتوان ناحیه‌ی فشاری نمودار اندرکنش این ستون را به صورت یک خط مستقیم مدل کرد، حداکثر بار فشاری قابل تحمل توسط این ستون وقتی که $M_{ux} = M_{uy} = 200 \text{ kN.m}$ می باشد، چند کیلو نیوتن است؟ فولاد گذاری مقطع کاملاً متقارن است.



(۱) ۹۲۵

(۲) ۹۵۵

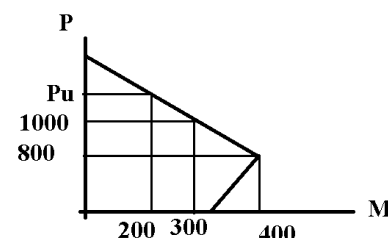
(۳) ۸۶۵

(۴) ۹۶۵

گزینه ۴.

مطابق شکل مقدار P_u در حالت خمش تک محوره و زمانی که مقدار لنگر وارد شده برابر ۲۰۰ باشد، برابر 1200 kN خواهد بود. همچنین حداکثر بار محوری قابل تحمل در مقطع برابر 1600 kN خواهد بود.

با استفاده از روش بار معکوس: $\frac{1}{1200} + \frac{1}{1200} = \frac{1}{1600} + \frac{1}{P_{xy}} \rightarrow P_{xy} = 960 \text{ kN}$



۲۲- در نمودار اندرکنش لنگر خمشی - نیروهای فشار مقطعی (مطابق شکل) نقطه A متناظر با چه حالتی است؟ (مهندس عمران ۷۳)

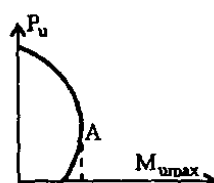
(۱) تنش فولاد = حد تسلیم فولاد

(۲) تنش بتن = مقاومت نهائی بتن

(۳) تغییر شکل نسبی فولاد = $\frac{\text{حد تسلیم فولاد}}{\text{ضریب ارتجاعی فولاد}}$

(۴) تنش فولاد فشاری = تنش فولاد کششی

گزینه ۳



۹- ظرفیت ستون بتن مسلح تحت اثر توأم خمش و فشار تعیین شده و برابر M_u و P_u گزارش شده و صحیح

است. نسبت $\frac{M_u}{P_u}$ خروج از محور e نام دارد. منظور از خروج از محور، فاصله: (مهندس عمران ۷۷)

(۱) امتداد اثر برآیند تنش های مقطع از مرکز بلاستیک مقطع است.

(۲) امتداد اثر برآیند مقاومت فشاری مقطع تا مرکز سطح فولادهاست.

(۳) نقطه اثر بار فشاری تا مرکز سطح ستون است.

(۴) نقطه اثر ظرفیت فشاری تا محور خنثی می باشد.

گزینه ۱

۱۰. چنانچه ستونی تحت اثر باری در خارج از محوری $e = 2e_b$ (معرف حالت متوازن یا بالانس است)

(مهندس عماد ۷۷)

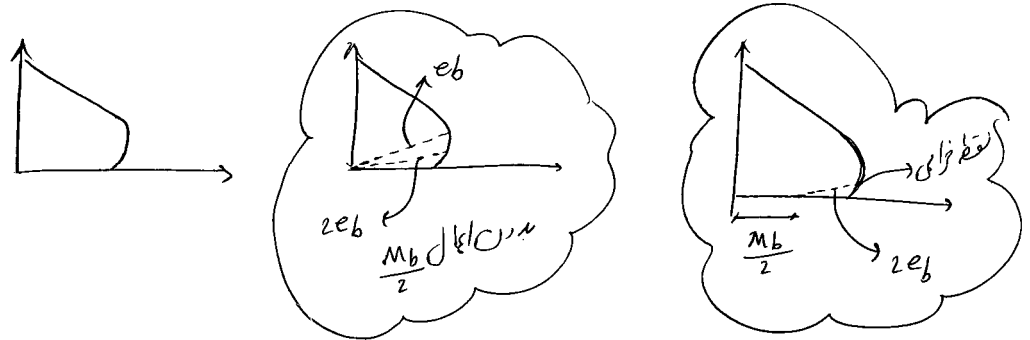
قرار گیرد و لنگر اعمالی معادل $M = \frac{1}{4} M_b$ باشد در حد نهایی شکست با:

(۱) انهدام بتن شروع می شود.

(۲) جاری شدن فولادها شروع می شود.

(۳) جاری شدن فولادها همزمان با انهدام بتن صورت می گیرد.

(۴) کمانش ستون شروع می شود.



در یک عضو بتن آرمه تحت نیروی محوری کششی و لنگر خمشی، چنانچه ظرفیت مقطع تحت نیروی کششی خالص برابر T ، و ظرفیت مقطع تحت لنگر خمشی خالص برابر M_b باشد، ظرفیت خمشی مقطع

(مهندس عماد ۸۱)

تحت بار کششی T تقریباً با کدام گزینه برابر خواهد بود؟

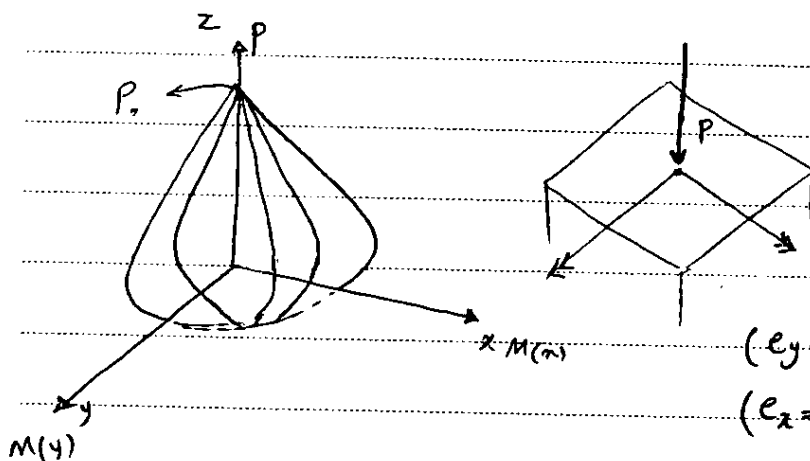
$$\frac{1}{4} M_b \quad (۴)$$

$$\frac{2}{3} M_b \quad (۳)$$

$$M_b \quad (۲)$$

$$\frac{1}{3} M_b \quad (۱)$$

گزینه ۱



$P + M$ خشی دو محوره

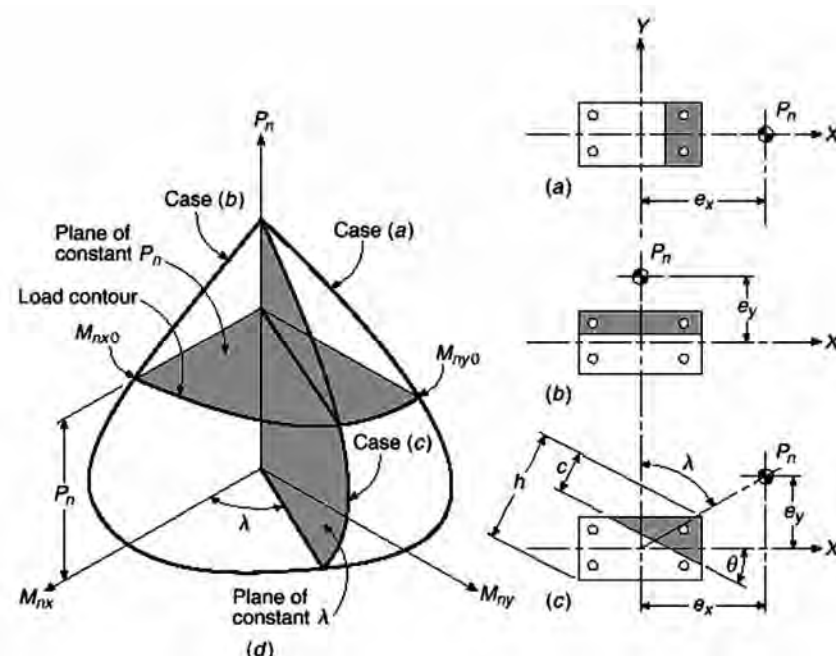
P ، متعارف فشاری بود e_x, e_y

P_x ، متعارف فشاری بود همراه با e_x ($e_y = 0$)

P_y ، متعارف فشاری بود همراه با e_y ($e_x = 0$)

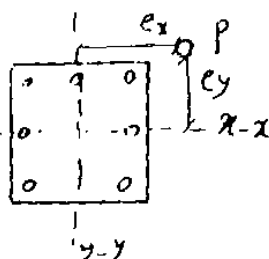
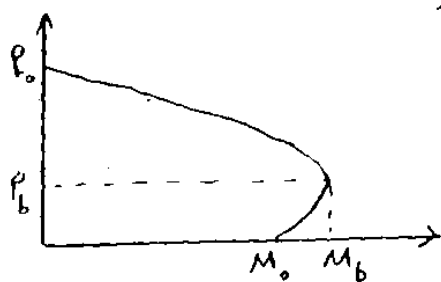
$$\frac{1}{P_{xy}} + \frac{1}{P_0} = \frac{1}{P_x} + \frac{1}{P_y}$$

نکته: استفاده از روش بار محوری زمانی مجاز است که نیروی فشاری ستون ناچیز نباشد (نورمحمد از اهر ظرفیت فشاری ستون باشد)



آزاد ۸۷

۱۳۱- ستون بتن آرمه با مقطع متغایر نشان داده شده در شکل تحت خمشی دو محوره قرار دارد. در صورتیکه $e_x = e_y = e_b$ و مقدار $P_0 = 3P_b$ فرضی گردد، مقدار بار محوری قابل تحمل P در این ستون براساس روش معکوس بار چقدر است؟



$$\frac{\sqrt{2}}{2} P_b \quad (2)$$

$$\frac{3}{5} P_b \quad (1)$$

$$\frac{2}{5} P_b \quad (4)$$

$$\frac{1}{2} P_b \quad (3)$$

$$\frac{1}{P_{xy}} + \frac{1}{P} = \frac{1}{P_x} + \frac{1}{P_y} \quad \frac{1}{P_{xy}} + \frac{1}{3P_b} = \frac{1}{P_b} + \frac{1}{P_b} \Rightarrow P_{xy} = \frac{3}{8} P_b$$

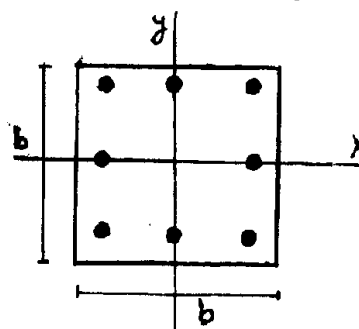
سراسری ۹۳

۱۲۰- ظرفیت خالص فشاری ستون مربعی در شکل نشان داده شده چهار برابر نیروی فشاری قابل تحمل برای مقطع متعادل (P_b) می باشد. در صورتی که مقطع

ستون تحت نیروی فشاری با خروج از مرکزیت $e_x = e_b$ ، $e_y = \frac{e_b}{3}$ قرار گیرد،

مقدار نیروی محوری قابل تحمل ستون در کدام محدوده زیر قرار می گیرد؟

(e_b خروج از مرکزیت مربوط به نقطه تعادل می باشد)



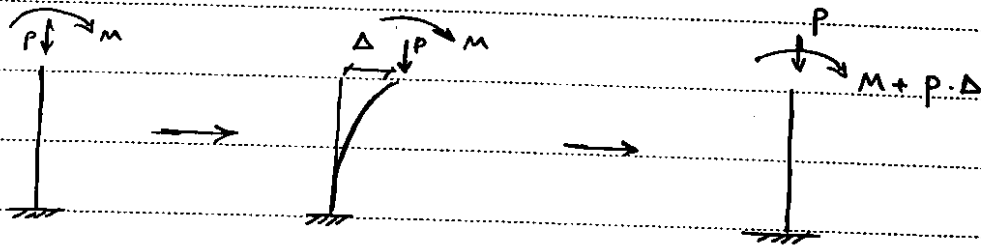
$$\frac{2}{3} P_b < P_r < P_b \quad (1)$$

$$\frac{1}{3} P_b < P_r < P_b \quad (2)$$

$$\frac{2}{3} P_b < P_r < P_b \quad (3)$$

$$\frac{1}{3} P_b < P_r < P_b \quad (4)$$

ستون لاغر: اگر ستون لاغر باشد به علت اثر $P \cdot \Delta$ باید نقشه آنرا افزایش دهیم.



بستگی به شرایط تکیه گاه دارد
طول ستون KL
 $\lambda = \frac{KL}{r}$
 $r = \sqrt{\frac{I}{A}}$ شعاع گیراسیون

$\lambda_1 =$ ستون لاغریست
 $\lambda_2 =$ ستون کوتاه تر است

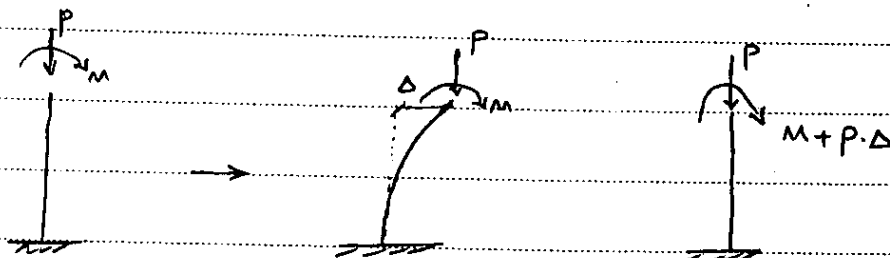
$\left(\frac{KL}{r}\right)$ به احتمال گرایش بیشتر است.
یعنی ستون لاغریست ممکن است قبل از خرابی مقطع در اثر گرایش کارایی خود را از دست بدهد

معنی این نام د

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{KL}{r} < 34 - 12 \frac{M_1}{M_2} \\ \frac{KL}{r} < 22 \end{array} \right. \left\{ \begin{array}{l} \leftarrow \text{تأثیر محاسب نشده} \\ \leftarrow \text{تأثیر محاسب شده} \end{array} \right.$$

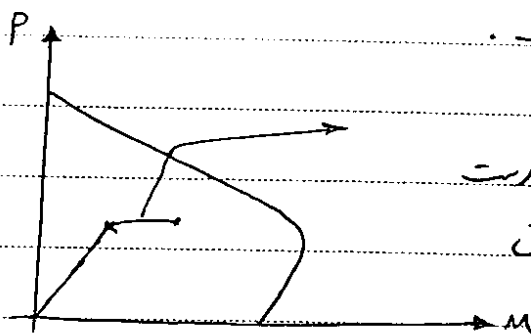
\leftarrow میتوان از اثر گرایش صرف نظر کرد. \leftarrow ستون کوتاه محسوب میشود

و این اثر ستون لاغریست \leftarrow

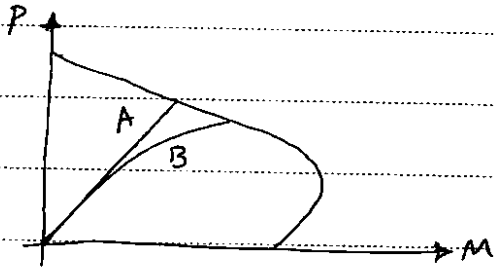


بروهای اولیه

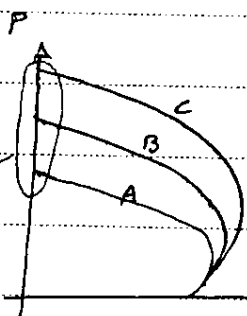
میتوان بکای آنرا از مرتبه دوم از شدت نظر انداخت و یعنی مقدار M اولیه را بیک ضریب بنویسد از یک ضریب کرد.



- ✓ هر چه ستون لاغرتر این اثرایش بیشتر است.
- ✓ این اثرایش با گذشت زمان اتفاق می افتد.
- ✓ به علت خزش + اثرات $P \cdot \Delta$ است
- ✓ به علت اثرایش لنگر ناشی از خزش است.

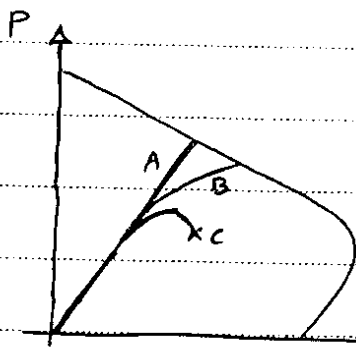


- ✓ A بارگذاری آنی
- ✓ B بارگذاری آرام
- (مثلاً هر ۷ ماه یکبار بار اعمال شود)

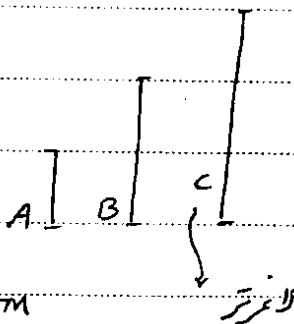


- نتیجه کدام ستون کوتاه تر می باشد؟
- (مقطع حوضه ستون یکسان است و در طول آن فرق می کند)

- ✓ ستون C کوتاه است چون کمانش نمی کند بار محوری بیشتری تحمل می کند
- ✓ ستون A لاغر است و قبل از اینکه به حواله فرست محوری پیش برود شده خود برسد کمانش می کند

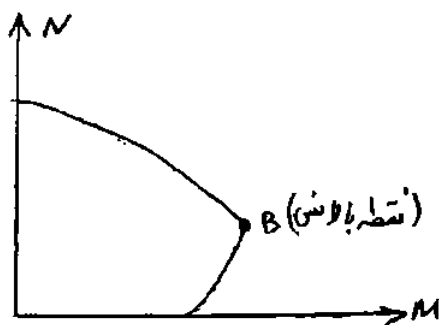


- ✓ B تحت اثر $P \cdot \Delta$
- ✓ C کمانش کرده
- ✓ A بارگذاری آنی



سراسری ۹۲

۱۲۰- نقطه‌ی گسیختگی مقطع یک ستون بتن آرمه در روی منحنی تداخلی بالای نقطه‌ی بالانس قرار دارد. ارتفاع ستون را افزایش می‌دهیم، تا به یک ستون لاغر تبدیل شود. اگر نیروی محوری و لنگر خمشی همزمان مقاوم مقطع را به ترتیب با M و N نشان دهیم، کدام یک از عبارات زیر درست است؟

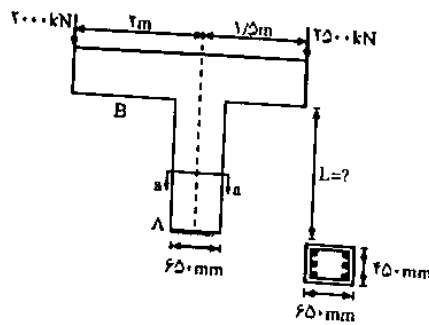


- | | |
|-------------------------|----------------------|
| ۱) کوتاه N = لاغر N | کوتاه M < لاغر M |
| ۲) کوتاه N < لاغر N | کوتاه M < لاغر M |
| ۳) کوتاه N < لاغر N | کوتاه M > لاغر M |
| ۴) کوتاه N = لاغر N | کوتاه M > لاغر M |

گزینه ۳ صحیح است.

۳- حداکثر طول ممکن برای ستون کنسولی در شرایطی که به صورت ستون کوتاه عمل می‌کند چند متر است؟

(مهندس عمران ۸۱)



$$L = 1/0.7 \quad (1)$$

$$L = 2/1.5 \quad (2)$$

$$L = 3/2.1 \quad (3)$$

$$L = 4/3.0 \quad (4)$$

$$\frac{kL}{r} < 22 \rightarrow \frac{2 \times L}{0.3 \times 650} < 22 \Rightarrow L < 214.5 \text{ cm} \Rightarrow L < 2.15 \text{ m}$$

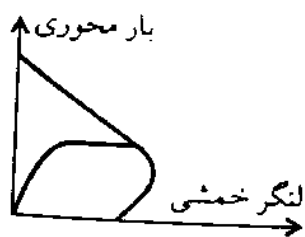
(مهندس عمران آزاد ۸۱)

۳۳- ستون‌های بتن مسلح با حرکت جانبی زمانی کوتاه فرض می‌شوند که:

- (۱) ضریب لاغری ستون کوچکتر از ۲۲ باشد.
- (۲) ضریب لاغری ستون کوچکتر از ۳۴ باشد.
- (۳) نسبت ارتفاع ستون به بعد حداقل مقطع آن کوچکتر از ۴ باشد.
- (۴) نسبت ارتفاع ستون به بعد حداقل مقطع آن کوچکتر از ۸ باشد.

گزینه ۱

(مهندس عمران ۷۷)



۱- نمودار زیر نشان‌دهنده چه پدیده‌ای در یک ستون بتن‌آرمه است؟

- (۱) گسیختگی ناشی از ازدیاد لنگر در اثر لاغری ستون
- (۲) گسیختگی ناشی از افزایش فوق‌العاده سریع بار محوری
- (۳) گسیختگی ناشی از افزایش فوق‌العاده سریع لنگر
- (۴) گسیختگی ناشی از کماتش خزشی

گزینه ۴

آزاد ۸۵

۱۱۵- در قاب مهارشده بتنی:

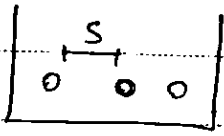
- (۱) لنگرهای ثانویه کمتر از لنگرهای اولیه هستند. (۲) لنگرهای ثانویه بیشتر از لنگرهای اولیه هستند.
 - (۳) ضریب لاغری عموماً بین ۰/۸ تا ۱/۰ است. (۴) دارای سیستم بار جانبی دیرار برشی یا بادبندی است.
- گزینه ۱ نادرست است: در صورتی که ستون بسیار لاغر باشد، ممکن است لنگر ثانویه (P-delta) بیشتر از لنگر اولیه باشد.
- گزینه ۲ نادرست است: در ستونهای کوتاه لنگرهای ثانویه ناچیز است.

گزینه ۳ صحیح است: از نظر تئوریک ضریب لاغری یک ستون مهار شده می‌تواند بین ۰.۵ (دوسرگیردار) تا ۱ (دو سر مفصل) باشد. با توجه به اینکه در سازه‌های واقعی گیردار کامل نداریم و تیرهای متصل به ستون شرایط گیرداری کامل را نمی‌توانند ایجاد کنند، این مقدار عموماً بین ۰.۶ تا ۱ است.

گزینه ۴ نادرست است: گرچه عموماً قابهای دارای دیوار برشی و یا بادبند، مهار شده محسوب می‌شوند، ولی معیار اینکه قابی مهار شده باشد یا نه سختی جانبی آن است. یعنی ممکن است قابی دارای تیرو ستونهای با ابعاد بزرگ و سختی زیاد باشد به طوریکه بدون وجود دیوار یا بادبند، مهار شده محسوب شود.

۸- محدودیت فواصل آرماتورها

محدودیت فواصل آرماتورها: ← حداقل فواصل (بسته به بتن و بتواند از بین آنها رد شود)

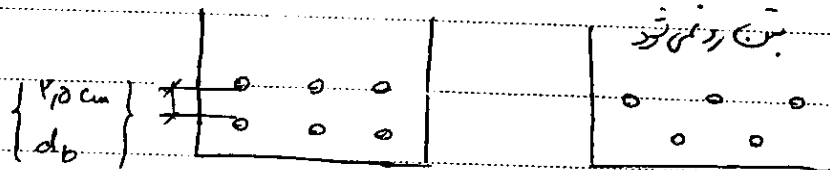

 $S \geq$
 Max

اندازه بزرگترین مستطانی بتن $\times \frac{4}{3}$

درست‌ها: $\{d_b, 2.5 \text{ cm}\}$

درست‌ها: $\{1.5 d_b, 5 \text{ cm}\}$

در محل وصله هائیکه تأمین شود.



× ۵

✓ در اعضای تحت فشار و خمش فاصله محور تا محور میلگردهای طولی از یکدیگر نباید بیش از ۲۰۰ mm باشد.

✓ حداقل فاصله آزاد بین میلگرها باید در مورد فاصله آزاد بین وصله‌ها با یکدیگر و یا وصله‌ها با میلگردهای مجاور نیز رعایت

شود. (دقت شود که میتوان میلگردهای وصله شونده را در تماس با یکدیگر نیز قرار داد)

گزینه ۳

آزاد ۸۵

۱۰۵- در مورد وصله میلگردها:

(۱) حداکثر فاصله ممیزی از یکدیگر می‌تواند قرار گیرند. (۲) میلگردها باید حتماً بهم چسبیده باشند.

(۳) محور آنها در هر فاصله ای نسبت به هم می‌تواند قرار گیرند. (۴) حداقل باید به اندازه $1/3$ برابر قطر میلگرد فاصله داشته باشند.

گزینه ۱ صحیح است: در اعضای خمشی فاصله محور تا محور دو میلگرد که با وصله پوششی به هم متصل می‌شوند نباید بیشتر از یک پنجم طول پوشش و یا بیشتر از ۱۵ cm باشد

گزینه ۲ نادرست است: بایدی در کار نیست! وصله می‌تواند تماسی (به هم چسبیده) و یا غیر تماسی (با فاصله از هم) باشد. البته در اجرا راحت تر است که میلگردها را به هم بچسبانیم (با سیم ببندیم).

گزینه ۳ نادرست است: به توضیح گزینه ۱ مراجعه شود.

گزینه ۴ نادرست است: به توضیح گزینه ۲ مراجعه شود.

۹- کنترل بهره برداری

در هر سازه ای دو کنترل اساسی انجام می شود:

۱- کنترل مقاومت اعضا: عضو بتنی باید در برابر بارهای وارده بر آن استحکام کافی داشته باشد (مقاومت خمشی، برشی، ... آن کافی باشد).

۲- کنترل بهره برداری: سازه باید علاوه بر مقاومت کافی، از لحاظ سرویس دهی نیز شرایط لازم را داشته باشد:

۱-۲- خیز: تغییر شکل تیرهای بتنی از حد مجاز تجاوز نکند.

۲-۲- ترک: عرض ترک ها در تیرهای بتنی از حد مجاز تجاوز نکند.

۳-۲- ارتعاش: لرزش سازه باید کنترل شود.

نکته مهم:

ترکیب بار طراحی (برای کنترل مقاومت اعضا):

$$\begin{aligned} &1.25D+1.5L \\ &D+1.2L+1.2(0.7E) \\ &0.85D+1.2(0.7E) \\ &D+1.2L+T \end{aligned}$$

ترکیب بار سرویس (ترکیب بار بهره برداری):

$$\begin{aligned} &D \\ &D + L \end{aligned}$$

سوال: چرا در کنترل مقاومت اعضا بارها را افزایش می دهیم ولی در کنترل خیز، ترک و ارتعاش از بارهای بدون ضریب استفاده می کنیم؟

۹-۱- کنترل تغییر شکل (خیز در تیرها)

اگر تغییر شکل تیرها و یا دالهای بتنی بیش از حد مجاز باشد، سرویس دهی سازه دچار مشکل خواهد شد.

علت کنترل خیز سازه:

۱- زیبایی عضو

۲- احساس آرامش ساکنین و عدم نگرانی آنها از سازه

۳- آسیب به اجزای غیر سازه ای: در اثر تغییر شکل زیاد تیر، ممکن است پنجره ها ترک بردارند، شیب بندی سقف به هم بخورد،

تاسیسات و ... ممکن است آسیب ببینند، سفید کاری ترک بردارد، ...

آیین نامه دو روش برای کنترل تغییر شکل ارائه میکند:

۱- روش تقریبی: آیین نامه عنوان می کند که اگر عمق تیرها (و یا دالها) از یک مقدار خاصی بیشتر باشد، نیازی به کنترل خیز نمی باشد و می توان مطمئن بود که خیز تیر کمتر از مقدار مجاز خواهد بود. بنابراین در روش تقریبی تنها عمق تیر را کنترل می کنیم. نکات مهم در روش تقریبی کنترل خیز:

- ۱- در این روش با افزایش طول تیر (L)، عمق آن (h) نیز باید افزایش یابد
- ۲- دقت شود که محاسبات بر اساس ارتفاع کلی (h) می باشد و از عمق موثر (d) تیر استفاده نمی شود.
- ۳- اعداد ارائه شده برای مقاطع بتن آرمه با فولاد طولی S400 (با $F_y=400\text{MPa}$) می باشد. اگر از فولاد قوی تر با F_y بالاتر استفاده شود، ضخامت عضو باید افزایش یابد. چرا؟

جدول ۹-۱۴-۲ حداقل ارتفاع یا ضخامت تیر یا دال یکطرفه

عضو	با تکیه گاه های ساده	با تکیه گاه های پیوسته از یک طرف	با تکیه گاه های پیوسته از دو طرف	کنسول
تیرها یا دال های یک طرفه پشت بنددار	$\frac{l}{16}$	$\frac{l}{18/5}$	$\frac{l}{21}$	$\frac{l}{8}$
دال های توپر یا سقف های تیرچه و بلوک	$\frac{l}{20}$	$\frac{l}{24}$	$\frac{l}{28}$	$\frac{l}{10}$

تبصره: جدول فوق برای فولاد طولی نوع S۴۰۰ تنظیم شده است. برای سایر انواع فولادها مقادیر جدول باید در

$$\text{ضریب} \left(\frac{f_y}{f_{y0}} + 0.4 \right) \text{ ضرب شوند}$$

جدول ۹-۱۴-۳ حداقل ضخامت دال های بدون تیر میانی

با کتیبه		بدون کتیبه				
چشمه های درونی	چشمه های بیرونی		چشمه های درونی	چشمه های بیرونی		نوع فولاد
	بدون تیر لبه	با تیر لبه		بدون تیر لبه	با تیر لبه	
$\frac{I_n}{40}$	$\frac{I_n}{40}$	$\frac{I_n}{36}$	$\frac{I_n}{36}$	$\frac{I_n}{36}$	$\frac{I_n}{33}$	S۳۴۰
$\frac{I_n}{36}$	$\frac{I_n}{36}$	$\frac{I_n}{33}$	$\frac{I_n}{33}$	$\frac{I_n}{33}$	$\frac{I_n}{36}$	S۴۰۰

۲- روش دقیق: در این روش ابتدا باید تغییر شکل تیر را بر اساس روابط تحلیل سازه و بر اثر بارهای وارده (بارهای سرویس) محاسبه کنید و سپس کنترل نمایید که کمتر از مقادیر مجاز باشد. برای مثال خیز در تیر ساده تحت بار گسترده از رابطه $\delta = \frac{5qL^4}{384EI}$ بدست می آید. اگر خیز محاسبه شده بیشتر از خیز مجاز باشد، باید عمق تیر (و یا دال) را افزایش دهیم تا ممان اینرسی آن افزایش یابد و در نتیجه خیز کاهش یابد.

نکات مهم در محاسبه دقیق خیز در تیرها:

- با توجه به ترک خوردن اعضای بتنی تحت اثر بارهای سرویس، در محاسبه تغییر شکل باید از ممان اینرسی موثر استفاده شود.
- با توجه به بحث خزش، پس از محاسبه تغییر شکل الاستیک، باید آنرا افزایش دهیم تا تغییر شکل بلند مدت بدست آید.
- تغییر شکل حاصل از بار زنده (L) در تیرها و دالها نباید بیشتر از $\frac{L}{360}$ باشد.
- تغییر شکل حاصل از بار زنده و مرده (D+L) در تیرها و دالها نباید بیشتر از $\frac{L}{240}$ باشد.

اثر بار زنده در محاسبه خیز:

پس از محاسبه I_e و محاسبه Δ ناشی از بارها \leftarrow ضریب بدست آورده، آنرا می‌باشد و اثرات خزش در آن دیده نشده است.

ضریب (بار زنده) $\rightarrow \xi = \frac{\Delta}{\Delta + \Delta_{sh}} = \frac{\Delta}{1 + \rho' \cdot 50}$

(ρ' است برای ۵ سال است)

در صورتی که ρ' است $\rho' = \frac{A_s}{b d}$

۹-۱۷-۲-۳ تغییر شکل اضافی ایجاد شده در اعضا در طول زمان را که معمولاً «اضافه افتادگی درازمدت» نامیده می‌شود، در صورت عدم استفاده از روش‌های تحلیلی دقیق‌تر، می‌توان از حاصلضرب تغییر شکل آنی ناشی از بار دائمی در ضریب λ که از رابطه (۹-۱۷-۵) مشخص شده است، به دست آورد:

$$\lambda = \frac{\xi}{1 + 50 \rho'} \quad (9-17-5)$$

در این رابطه ρ' مربوط به مقطع وسط دهانه در اعضای با تکیه‌گاه‌های ساده یا پیوسته و مقطع تکیه‌گاه، در اعضای طره‌ای است. مقدار ضریب وابسته به زمان، ξ ، برابر با مقادیر زیر در نظر گرفته می‌شود:

جدول ۹-۱۷-۵ مقدار ضریب ξ وابسته به زمان

۲/۰	زمان ۵ سال یا بیشتر
۱/۴	زمان ۱۲ ماه
۱/۲	زمان ۶ ماه
۱/۰	زمان ۳ ماه

نکته کنترل ضوابط خاص کنترل تغییر شکل ها و ترک خوردگی ها تنها برای قطعات تحت خمش (تیرها و دالها) الزامی است و برای اعضای تحت اثر توام نیروی محوری و خمش (ستونها) رعایت آنها لازم نیست.

۱۴- در یک تیر بتن آرمه با مقطع ترک خورده اگر بار وارده دو برابر شود، خیز تیر چقدر خواهد شد؟

(مهندس عمران ۷۵)

(۱) بیش از دو برابر (۲) دو برابر (۳) کمتر از دو برابر (۴) قابل پیش بینی نیست.

گزینه ۱

آزاد ۸۷

۱۳۸- مقدار خیز درازمدت یک تیر بتن آرمه با فولاد کششی تنها، ۲ برابر خیز اولیه آن می باشد.

در صورتیکه در این تیر از یک درصد فولاد فشاری استفاده شود ($\rho' = 0.01$)،

با فرض ثابت بودن خیز اولیه تیر، مقدار خیز کل تیر نسبت به حالت قبل چند درصد کاهش می یابد؟

(۱) ۳۳ (۲) ۵۰ (۳) ۶۶ (۴) ۲۲

تغییر شکل ناشی از خزش (در دراز مدت) از رابطه زیر بدست می آید:

$$\Delta_{\text{خزش}} = \Delta_{\text{اولیه}} \times \frac{2}{1 + 50 \times \rho'}$$

خیز تیر در حالت اول (بدون آرماتور فشاری):

$$\Delta_{\text{کل}} = \Delta_{\text{اولیه}} + \Delta_{\text{خزش}} = \Delta_{\text{اولیه}} + \Delta_{\text{اولیه}} \times \frac{2}{1 + 50 \times 0} = 3\Delta_{\text{اولیه}}$$

خیز تیر در حالت دوم (با آرماتور فشاری):

$$\Delta_{\text{کل}} = \Delta_{\text{اولیه}} + \Delta_{\text{خزش}} = \Delta_{\text{اولیه}} + \Delta_{\text{اولیه}} \times \frac{2}{1 + 50 \times 0.01} = \frac{7}{3}\Delta_{\text{اولیه}}$$

درصد کاهش:

$$\frac{\left(3 - \frac{7}{3}\right)}{3} \times 100 = 22$$

سراسری ۹۳

۱۱۶- در صورتی که ضریب تغییر شکل درازمدت (λ) در وسط دهانه یک تیر بتن

آرمه برابر ۲ و در تکیه گاه برابر ۱/۶ بوده و افتادگی آنی تحت بار دائمی برابر

۲/۵mm و افتادگی آنی تحت اثر بار زنده لحظه ای ۳mm باشد، افتادگی کل

این تیر، چند میلی متر است؟

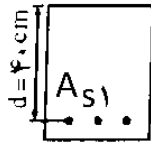
(۱) ۹/۹ (۲) ۵/۵
(۳) ۱۰ (۴) ۱۰/۵

۷- در دو قطعه خمشی کاملاً مشابه (از نظر بارگذاری، عرض و نوع بتن)، از دو نوع فولاد AII

$\left[\text{با } f_y = 3000 \frac{kg}{cm^2} \right]$ و $AIII$ (با $f_y = 4000$) استفاده شده است. ضخامت قطعه خمشی برای

آنکه تغییر مکان قائم قطعه از حد مجاز تجاوز نکند، به چه صورت انتخاب می‌شود؟

(مهلهس عمراو ۷۹)



(۱) بستگی به مقدار خاموت‌ها یا تنگ‌های عرضی دارد.

(۲) ضخامت دو قطعه می‌تواند مشابه و یکسان انتخاب شود.

(۳) قطعه مسلح شده با فولاد AII ضخامت بیشتری را نیاز دارد.

(۴) قطعه مسلح شده با فولاد $AIII$ ضخامت بیشتری را نیاز دارد.

گزینه ۴

تغییر شکل کدامیک از دو قطعه خمشی کاملاً مشابه (از نظر ابعاد و جنس بتن) که در مقابل گسیختگی

(حالت حدی نهایی) دارای حاشیه ایمنی یکسان بوده و به طور مشابه بارگذاری شده‌اند، ولی یکی با فولاد

AII ($f_y = 300 MPa$) و دیگری $AIII$ ($f_y = 400 MPa$) مسلح شده است، بیشتر است؟

(مهلهس عمراو ۷۶)

(۱) تغییر شکل‌های دو قطعه فرقی باهم ندارند.

(۲) تغییر شکل قطعه مسلح شده با فولاد AII بیشتر است.

(۳) تغییر شکل قطعه مسلح شده با فولاد $AIII$ بیشتر است.

(۴) در حالت کلی نمی‌توان پاسخ داد.

گزینه ۳

۲۵- در محاسبه خیز دراز مدت در تیر بتن مسلح کدام عبارت صحیح نیست؟ (مهلهس عمراو آ (۸۴)

(۱) کرنشهای فشاری در بتن باید اضافه شود.

(۲) کرنشهای کششی نباید اضافه شود.

(۳) فقط بار مرده در محاسبه خیز دراز مدت لحاظ می‌شود.

(۴) اثر مثبت فولاد فشاری باید در نظر گرفته شود.

گزینه ۲:

۹-۲- عرض ترکها

دلایل کنترل عرض ترک:

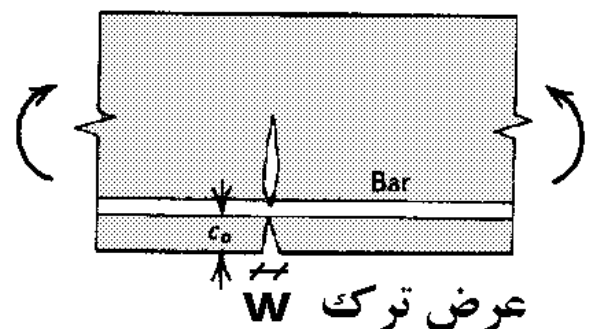
۱- زیبایی

۲- احساس آرامش ساکنین

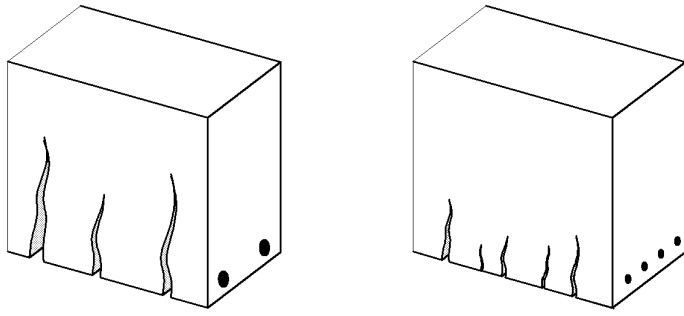
۳- حفظ میلگردها از خوردگی

۴- جلوگیری از نشت آب در سازهایی که در مجاورت آب قرار دارند

نکته: عرض ترک در سطح بتن بیشتر از عرض ترک در مجاورت میلگرد می‌باشد:



نکته: اگر قطر میلگردها را افزایش دهیم و در عوض (برای ثابت نگه داشتن مساحت) تعداد آنها را کاهش دهیم، تعداد ترکها کاهش ولی عرض آنها افزایش می یابد:



ضوابط آیین نامه:

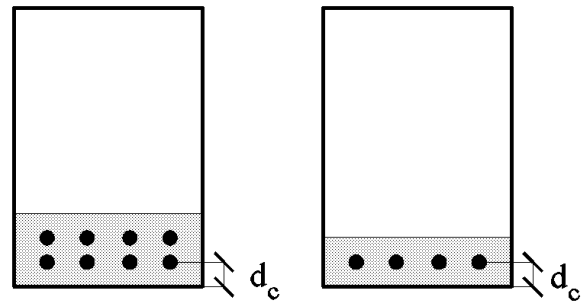
طبق مبحث ۹ ایران، عرض ترک از رابطه زیر محاسبه می شود:

$$w = 11.05 \times 10^{-6} \times f_s \sqrt[3]{d_c A}$$

$$f_s = \text{تنش در آرماتور تحت اثر ترکیب بار سرویس} = \frac{2}{3} F_y$$

d_c = فاصله دورترین تار کششی تا مرکز نزدیکترین میلگرد کششی

$$A = \frac{\text{مساحت بتن کششی منطبق بر فولادهای کششی}}{\text{تعداد میلگردهای کششی}}$$



۳-۳-۱۷-۹ محدودیت عرض ترک

مقدار عرض ترک در تیرها و دالهای یک طرفه متناسب با شرایط محیطی ذکرشده در بند ۴-۶-۹ و شرایط لازم برای آببندی ساختمان به مقادیر زیر محدود می شود:

- شرایط محیطی متوسط (A) و شدید (B) ۰/۳۵ میلی متر
- شرایط محیطی شدید (C) ۰/۲ میلی متر
- شرایط محیطی خیلی شدید (D) و فوق العاده شدید (E) و یا آببندی ساختمان ۰/۱ میلی متر

نکته:

$F_y \uparrow$	\rightarrow	$w \uparrow$
\uparrow پوشش بتن	\rightarrow	$w \uparrow$
استفاده از آرماتورهای با قطر کمتر (و در نتیجه افزایش تعداد آنها)	\rightarrow	$w \downarrow$
\uparrow چسبندگی فولاد و بتن	\rightarrow	$w \downarrow$

نحوه چیدمان میلگردها (دو ردیف یا تک ردیف) بر عرض ترک تاثیر دارد.

آرماتورهای گونه:

نکته: در تیرهای بتنی (باعث آیین از حد 60) باید در جان تیر هم آرماتور گذاشت که برای آرماتورها، آرماتورهای سطحی با کوبه گشته می شود (بدلت، گسترش عرض ترک در قسمتهای میان تیر)

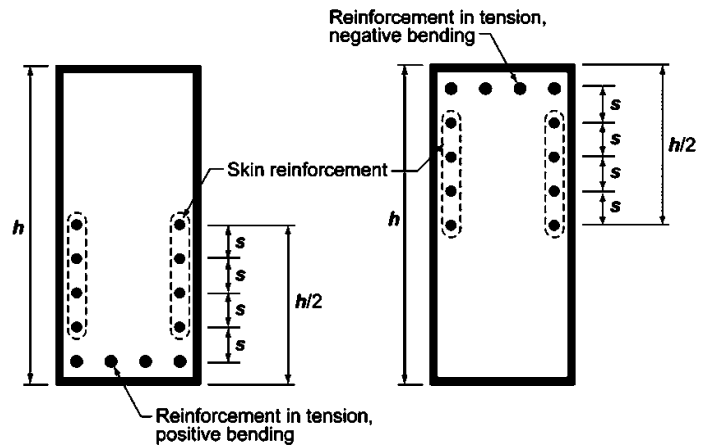
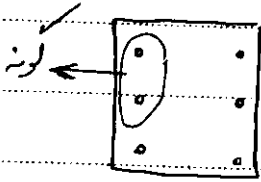


Fig. R10.6.7—Skin reinforcement for beams and joists with $h > 900$ mm.

۱۰۱- برای کاهش ترک خوردگی بتن:

(۲) فولاد با ϕ بالاتر و تعداد کمتر بهتر عمل می کند
(۴) به قطر میلگرد بستگی ندارد.

(۱) میلگردها با قطر پایین تر و تعداد بیشتر بهتر عمل می کنند.
(۳) میلگردها با قطر بالاتر و تعداد کمتر بهتر عمل می کنند.

گزینه ۱

کدامیک از گزینه های زیر به بیان حالت حدی بهره برداری در سازه های بتن آرمه مربوط نمی شود:

(مهندس عمران آ(اد ۸۳)

(۱) کنترل تغییر شکل بیش از حد سازه

(۲) کنترل عرض ترک حداکثر

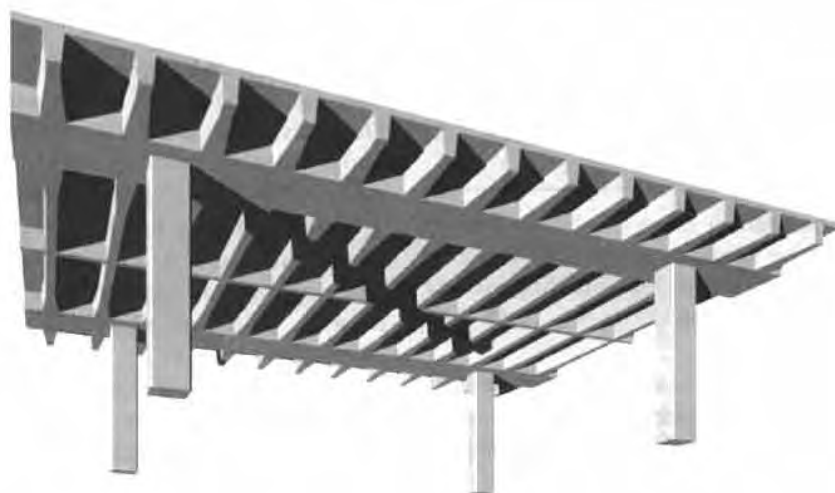
(۳) کنترل تبدیل شدن سازه یا قسمتی از آن به مکانیزم

(۴) کنترل لرزش بیش از حد سازه

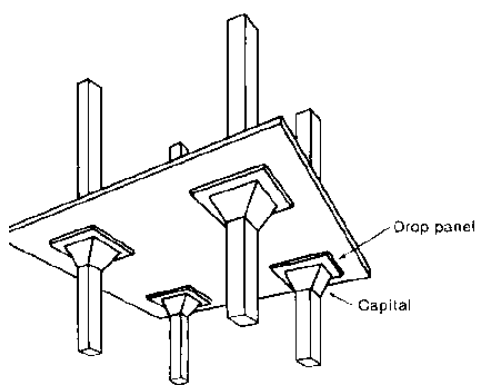
گزینه ۳

نکته: در تحلیل سازه های بتنی، بارهای اعمال شده در سازه های نامعین به نسبت سختی بین اعضای بتنی تقسیم می شود:

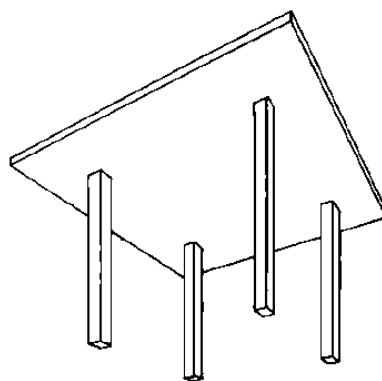
- در قابهای مهارنشده سختی تیرها و ستونها را به ترتیب معادل 0.35 و 0.7 برابر سختی مقطع ترک نخورده در نظر می گیریم.
- در قابهای مهارشده سختی تیرها و ستونها را به ترتیب معادل 0.5 و 1 برابر سختی مقطع ترک نخورده در نظر می گیریم.
- سختی دیوارها را در صورتی که ترک خورده باشند 0.35 و در غیر این صورت 0.7 سختی مقطع کل در نظر می گیریم.



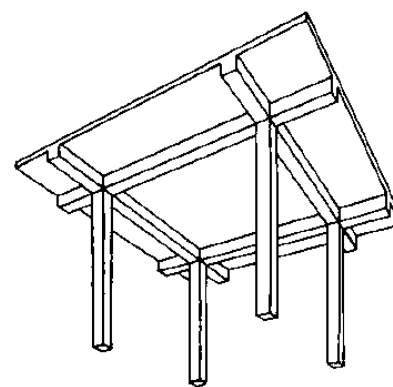
به جای استفاده از تیرچه در سقف (شکل بالا) می توان مطابق شکلهای پایین از دال بتنی استفاده کرد:



دال تخت + پهنه (سرستون)



دال تخت



دال تخت + تیر

در دال تخت + تیر، بار سقف از طریق دال به تیرها منتقل می شود و سپس از طریق تیر به ستون منتقل می شود.

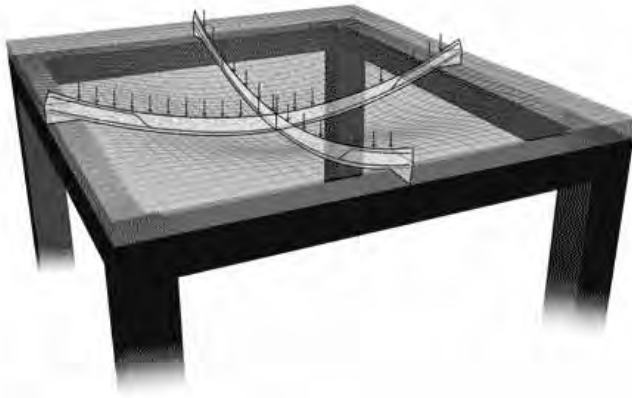
در داخل تخت بار مستقیماً از طریق دال به ستون منتقل می شود. این نوع سقف معمولاً مشکل پانچ دارند:

در شکل زیر شبکه آرماتورهای یک دال نمایان است.



۱۰-۱- دال یک طرفه و دو طرفه

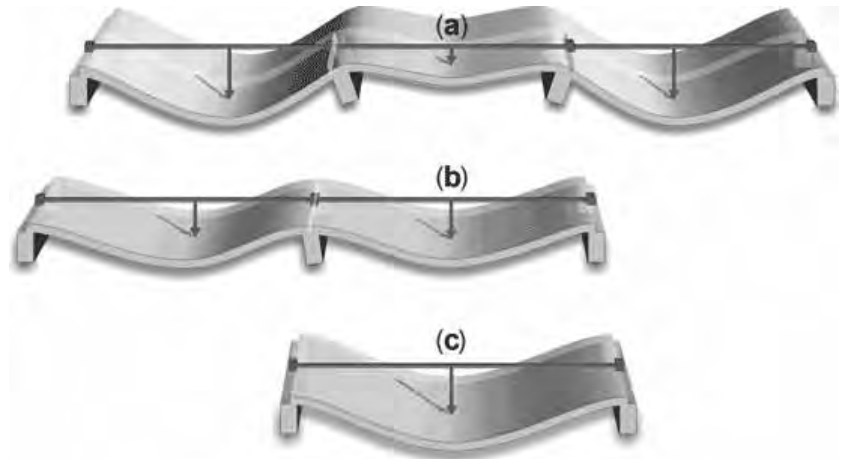
اگر دالی به جای اینکه در هر چهار طرف تکیه داشته باشد (به تیر تکیه کند) تنها در دو طرف (یک راستا) تکیه گاه داشته باشد و یا اگر چهار تکیه گاه داشته باشد ولی نسبت طول به عرض آن بیش از ۲ باشد، به آن دال یکطرفه گویند.



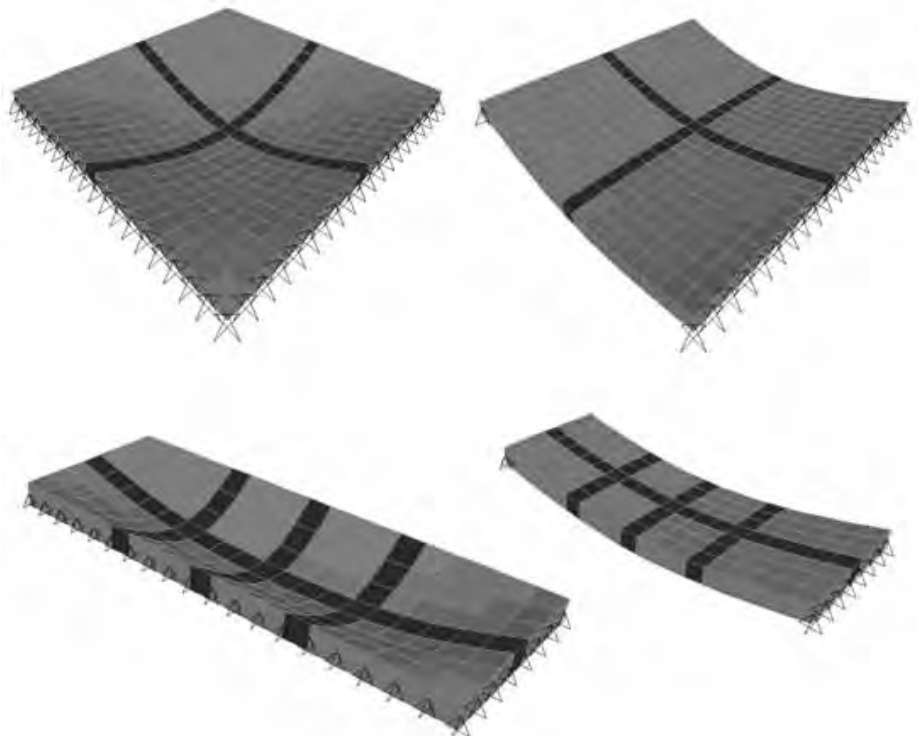
دال دو طرفه: در هر چهار لبه تیر (تکیه گاه) داریم



دال یک طرفه: تنها در دو لبه تیر (تکیه گاه) داریم



کدام یک از دالهای زیر یک طرفه می باشند؟



۱۰- ۲- دال یک طرفه

جهت تعیین ابعاد و آرماتورها در یک دال دو مرحله زیر باید انجام شود:

۱- تحلیل: محاسبه برش و لنگر حداکثر در دال تحت اثر بارهای وارد شده.

۲- طراحی: بر اساس مقدار لنگر و یا برش بدست آمده از مرحله قبل، ضخامت دال و نیز مقدار آرماتورهای خمشی تعیین می شوند.

$$\left. \begin{array}{l} \text{روش ضرایب لنگر خمشی (روش تقریبی و مشروط)} \\ \text{تحلیل دقیق} \end{array} \right\} \begin{array}{l} \text{تعیین برش و لنگر در دال :} \\ \text{OR} \end{array}$$

$$\left. \begin{array}{l} \text{تعیین ضخامت خیز و برش} \\ \text{تعیین آرماتورهای خمشی} \end{array} \right\} \text{طراحی}$$

۱- روش ضرایب لنگر خمشی (روش تقریبی): استفاده از ضرایبی که بر اساس طول دهانه و بارگذاری مقدار M و V را محاسبه می کند.

۲- تحلیل دقیق: با استفاده از روشهای مختلف تحلیل سازه ها (مانند پخش لنگر) و با در نظر گرفتن سختی پیچشی تیرها و سختی خمشی دال نیروها محاسبه می شوند.

روش اول تقریبی است و استفاده از آن شرط دارد.

شرایط استفاده از روش ضرایب لنگر جهت تعیین لنگر و برش در دالهای یک طرفه:

۱- تعداد دهانه ها ۲ یا بیشتر باشد

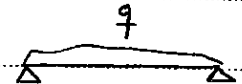
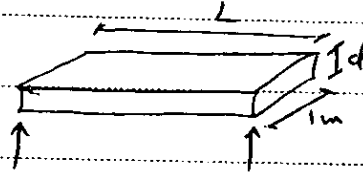
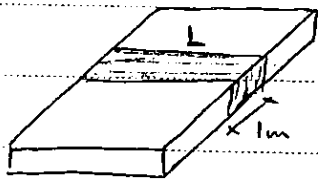
۲- دهانه ها تقریباً مساوی باشند. یعنی این طور نباشد که یک دهانه ۶ متری و دهانه کناری آن ۳ متری باشد. طول دهانه بلندتر نباید بیش از ۱.۲ برابر طول دهانه مجاور خود باشد.

۳- بارها به طور یکنواخت توزیع شده باشد.

۴- $LL < 3DL$

نحوه طراحی دال‌های یکطرفه :

۱- تعیین ضوابط دال : چون در دال‌ها معمولاً از آرماتور برش استفاده نمی‌شود، ضوابط
آن براساس برش موجود در دال تعیین می‌شود.
ماتریک تیر عاری براساس جلاش برش به نام d از بزرگترین گاه و مقادیر برش دال حداقل d لازم تعیین می‌شود.

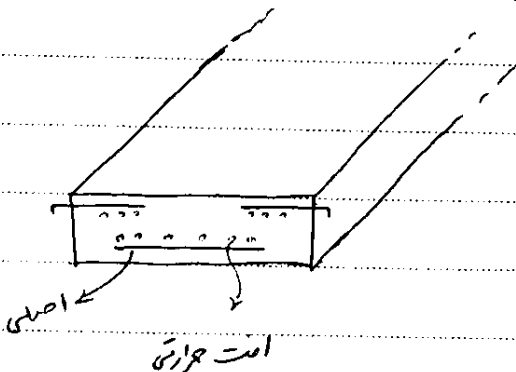


$$V = \frac{q(L - 2d)}{2}$$

۲- تعیین مقدار کسر خیز دال براساس حداقل‌های آیین نامه :
اگر خیز جانب زیاد باشد، حتی دال را افزایش دهیم.

۳- تعیین سوم : محاسبه آرماتورهای کسر در دال ماتریک تیر عاری

بنابراین بر خلاف تیرها که حداقل فولاد خمشی برابر $\frac{\sqrt{f'_c}}{4f_y}$ و $\frac{1.4}{f_y}$ بود در دال‌ها حداقل فولاد خمشی
براساس حداقل آرماتورهای افت و حرارت تعیین می‌شود.



$$\rho = \frac{A_s}{b \times h}$$

$$\rho = 0.002$$

$$f_y \leq 400$$

$$\rho = 0.0018$$

$$f_y = 400$$

$$\rho = 0.0015$$

$$f_y \geq 400$$

وظیفه میلگردهای افت و حرارت (حرارت و جمع شدگی): کاهش ترک خوردگی بتن در جهت متعامد بر میلگردهای خمشی اصلی و
برقرار نمودن پیوستگی در آن جهت.

نکته: میلگردهای افت و حرارت را می‌توان در یک وجه مقطع قرار داد و یا در دو وجه آن توزیع نمود. از آنجاکه قرار دادن میلگردهای
افت و حرارت به صورت چسبیده (و متعامد) به میلگردهای خمشی از نظر اجرایی راحت‌تر است، می‌توان آنها را در وسط دهانه در پایین
و در تکیه گاهها در بالا قرار داد. روش دوم این است که با توجه به اینکه حداقل یک چهارم میلگردهای خمشی مثبت در پایین دال باید در
کل دهانه ادامه یابند، میلگردهای افت و حرارت را در همه جای دال در پایین قرار داده شود.

۱۱۱- کدام مطلب در مورد میلگردهای افت و حرارتی صحیح نمی باشد؟

- ۱) میلگردهای افت و حرارتی بهتر است در پایین ترین حد پخش قرار گیرند.
- ۲) اهمیت میلگردهای افت و حرارتی در تیرها بیش از دالها می باشد.
- ۳) میلگردهای افت و حرارتی باید حتماً در هر دو جهت قرار گیرند.
- ۴) حداقل درصد میلگردهای افت و حرارتی برای میلگردهای با تنش جاری شدن بالاتر، کمتر است.

گزینه ۲

آزاد ۸۷

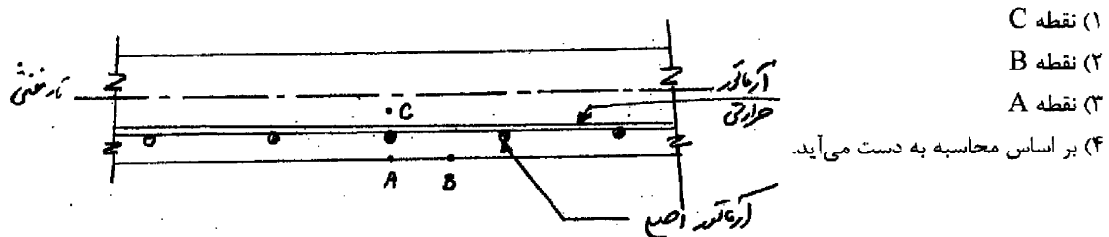
۱۳۹- کدام گزینه در رابطه با مقدار آرمانورهای افت و حرارت در دالهای بتن آرمه صحیح است؟

- ۱) نایمی از جنس آرمانور بوده و بر روی سطح مقطع کل تیر محاسبه می شود.
- ۲) عددی ثابت بوده و بر روی سطح مقطع مؤثر بتن محاسبه می شود.
- ۳) عددی ثابت بوده و بر روی سطح مقطع کل بتن محاسبه می شود.
- ۴) نایمی از جنس آرمانور بوده و بر روی سطح مقطع مؤثر بتن محاسبه می شود.

گزینه ۱

سراسری ۹۱

۱۱۸- شکل زیر مقطعی از یک دال یک طرفه بتن آرمه است. بحرانی ترین نقطه از دیدگاه عرض ترکهای خمشی عبارت است از:



۱) نقطه C

۲) نقطه B

۳) نقطه A

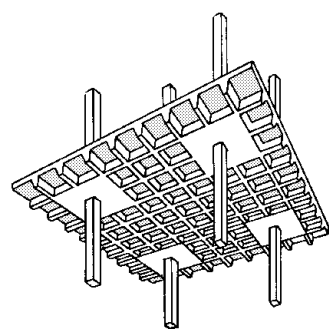
۴) بر اساس محاسبه به دست می آید.

نقطه C که نزدیک تارخشی است عرض ترک در آن کمتر است

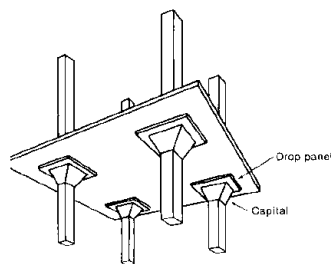
نقاط A و B هر دو در بدترین تارکشی قرار دارند ولی نقطه A زیر آرمانور قرار گرفته و در نتیجه عرض ترک در آن کمتر است (گزینه ۳ صحیح است)

۱۰-۳- دالهای دو طرفه

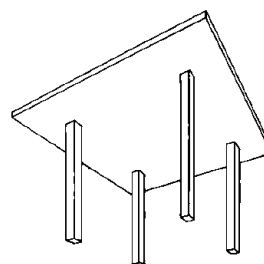
انواع دال دو طرفه:



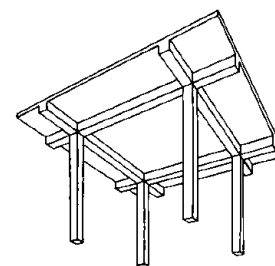
دال مشبک



دال تخت + پهنه (سرستون)



دال تخت



دال تخت + تیر

۱- دال تخت

۲- دال با تیر محیطی

۳- دال تخت با پهنه (سرستون)

۴- دال مشبک (تیرچه دو طرفه)

روش ضرایب لنگر خمشی (روش تقریبی و مشروط)

OR

روش مستقیم

OR

روش قاب معادل

تعیین برش و لنگر در دال :

تحلیل

تعیین ضخامت خیز و برش
تعیین آرماتورهای خمشی

طراحی

روشهای آنالیز (تحلیل) دالها برای بدست آوردن مقادیر لنگر و برش در دال دو طرفه:

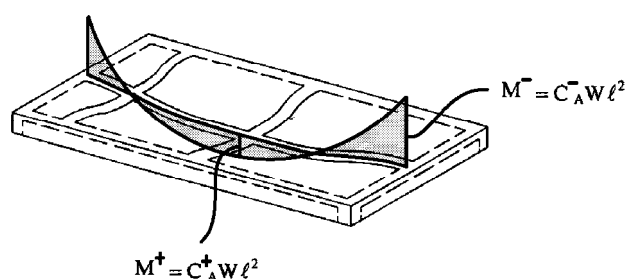
۱- روش ضرایب لنگر: برای دالهای دو طرفه ای که در هر چهار طرف بر روی تکیه گاههای گیردار قرار بگیرد قابل استفاده است.

یعنی دال در هر چهار طرف روی دیوار بتنی و یا تیرهای با سختی بالا قرار گیرد.

شرط استفاده:

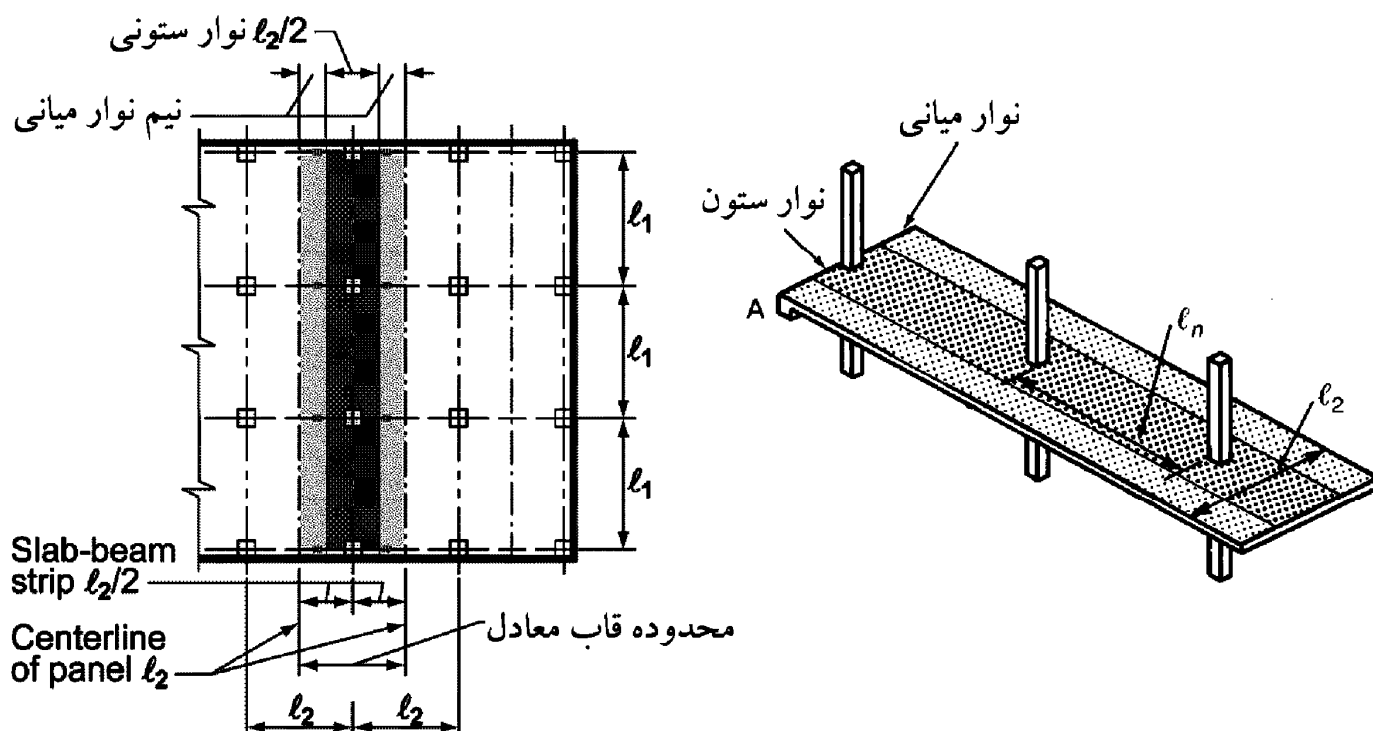
$$\frac{b_b h_b^3}{L_n h_s^3} \geq 2 \quad \text{که در آن: } b_b \text{ و } h_b \text{ عرض و ارتفاع تیر و } L_n \text{ و } h_s \text{ دهانه آزاد تیر و ضخامت دال هستند.} \quad 1-1$$

$$\text{بارهای وارده فقط بارهای ثقلی بوده و یکنواخت باشد.} \quad 2-1$$



۲- روش مستقیم

در هر دو روش مستقیم و قاب معادل، یکی از قابهای سازه را (که در دو سوی آن دال نیز وجود دارد) را انتخاب کرده و از ناحیه میانی دهانه عرضی قاب در دوسوی آن، قاب را از سازه جدا کرده تحلیل می کنیم:



در روش مستقیم نیز مانند روش ضرایب لنگر، با استفاده از ضرایبی سهم لنگر نوارهای ستونی و میانی را از لنگر بار ثقیل بدست می آوریم.

روش مستقیم نیز مانند روش ضرایب لنگر تقریبی است ولی دقت آن بیشتر از روش ضرایب لنگر است. از آنجا که روش مستقیم تقریبی است مانند روش ضرایب محدودیت استفاده دارد (شرایط دارد):

- ۱-۱- حداقل باید سه دهانه پیوسته دال در هر راستا وجود داشته باشد
- ۲-۱- چشمه های دال باید مستطیلی بوده و طول به عرض چشمه کمتر از دو باشد.
- ۳-۱- خروج از مرکزیت محور ستون کم باشد (۱۰٪ طول دهانه)
- ۴-۱- بارها ثقیل و یکنواخت باشند.

۳- روش قاب معادل:

به جای استفاده از ضرایب تقریبی، سختی معادل ستونها به صورت دقیق محاسبه شده و با استفاده از روش پخش لنگر مقادیر لنگرهای انتهایی محاسبه می شوند.

مجموع دال، تیر و ستون را به صورت یک قاب در نظر می گیریم. در این قاب معادل به جای تیر، دال-تیر داریم. ستون این قاب همانند ستون قاب معمولی می باشد. علاوه بر آن در محل اتصال دال-تیر به ستون، یک عضو پیچشی هم در نظر می گیریم. بنابراین قاب معادل از سه عضو تشکیل شده است:

۱- دال - تیر

۲- عضو پیچشی

۳- ستون

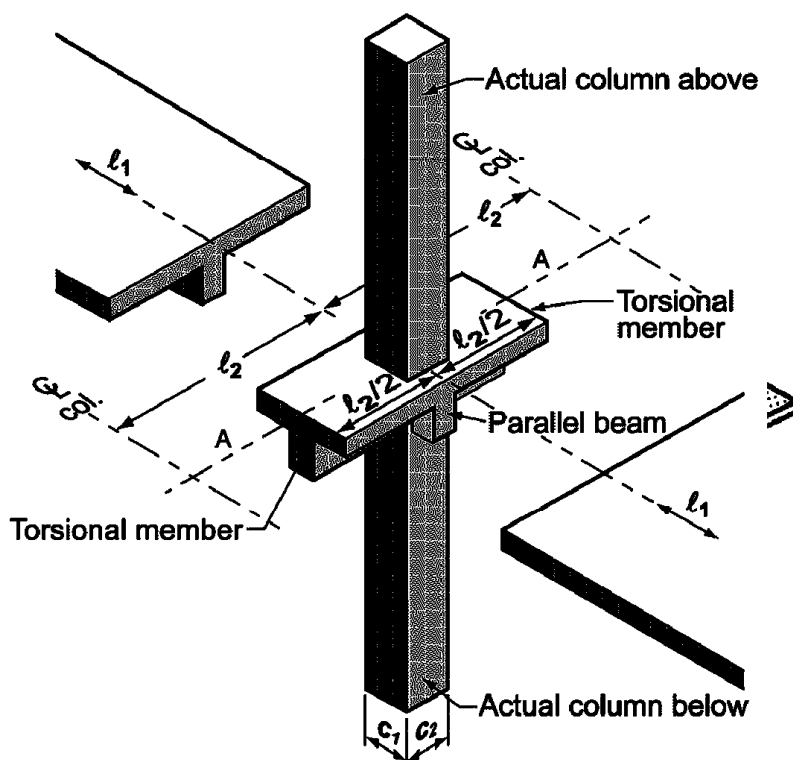
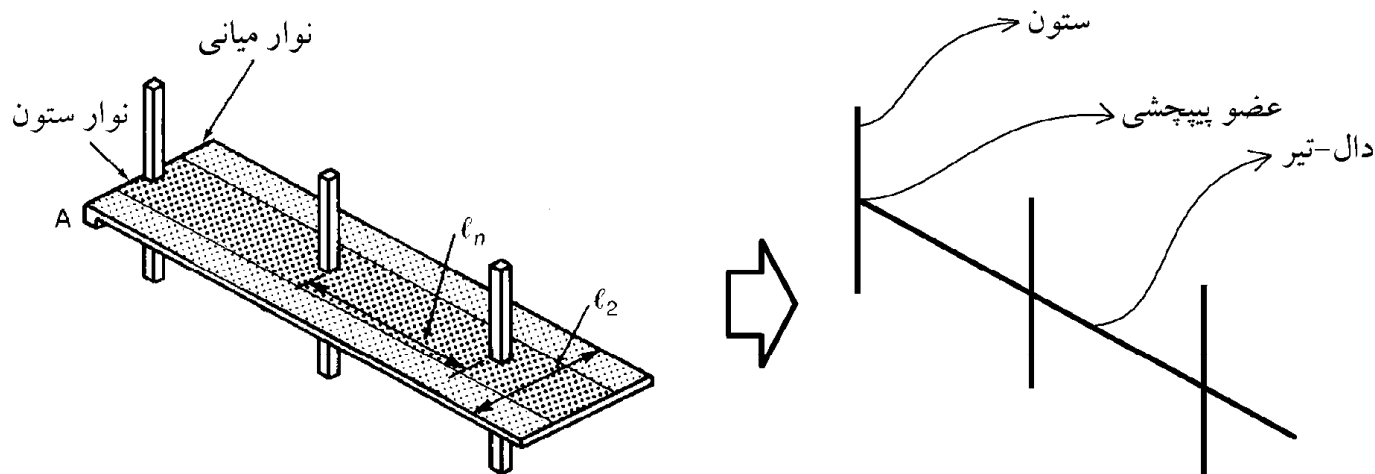


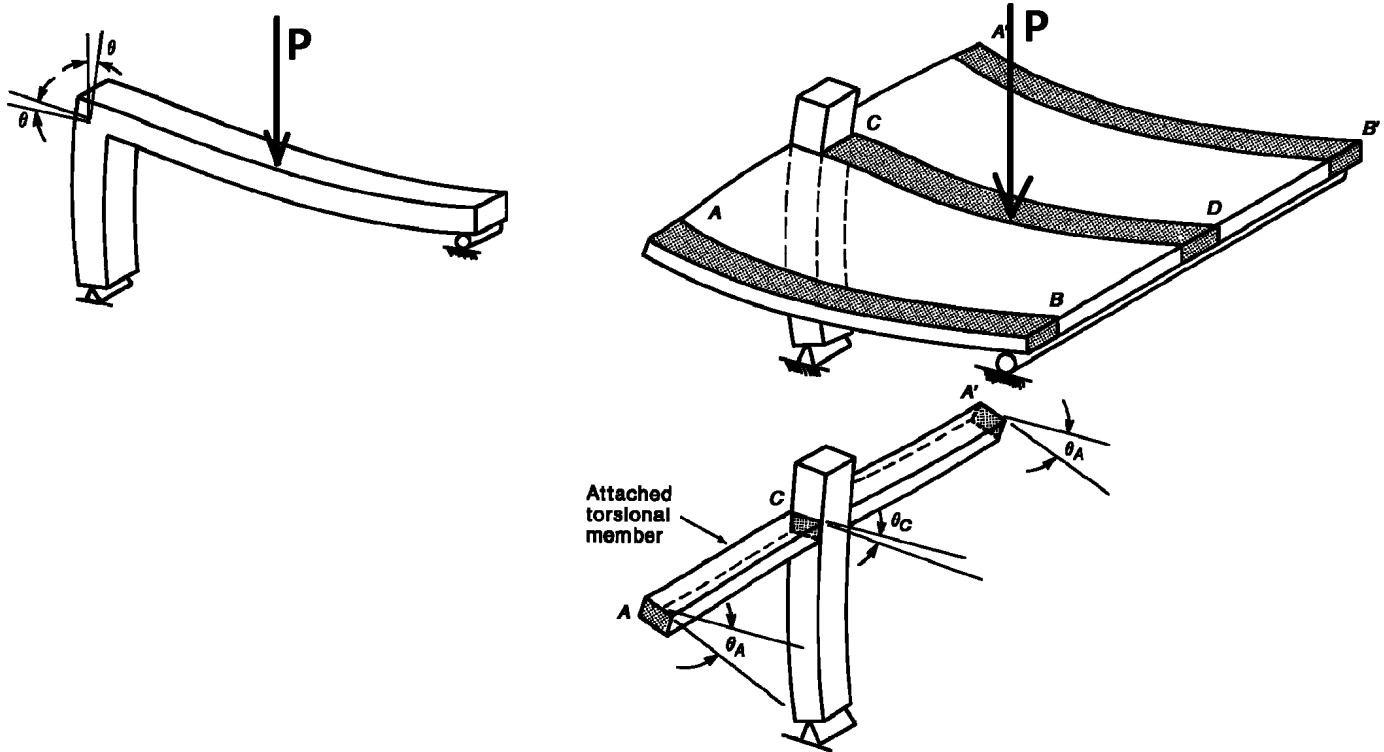
Fig. R13.7.4—Equivalent column (column plus torsional members).

علت منظور کردن عضو پیچشی چیست؟

در شکل سمت راست، به جای تیر، یک دال (بدون تیر) به ستون متصل است و مشابه با شکل سمت چپ، یک بار متمرکز در وسط دال به آن وارد شده است.

سوال: لنگر خمشی وارد بر ستون در کدام حالت بیشتر است: ۱- اتصال دال به ستون ۲- اتصال مستقیم تیر به ستون

پاسخ: در حالتی که دال داریم، به جهت وجود پیچش در انتهای دال، اتصال دال به ستون به صورت نیمه مفصلی عمل می کند یعنی با چرخش پیچشی انتهای دال، عملاً انتهای آن نسبت به گره اتصال دوران می کند و لنگر انتقالی به ستون کاهش می یابد.



سراسری ۸۹

در دال‌های متکی بر تیرهای ضعیف در صورت وجود تیر در امتداد مسورد نظیر، سختی اعضای پیچشی بوسیله رابطه

$$k_{ta} = k_t \frac{I_{sb}}{I_s} \text{ اصلاح می شود.}$$

سختی پیچش افزایش یافته به علت تیر موازی: k_{ta}

ممان اینرسی مقطعی از دال به عرض I_p و ضخامت دال: I_s

ممان اینرسی مقطع فوق شامل قسمت برجسته تیر موازی: I_{sb}

علت اینکار چیست؟

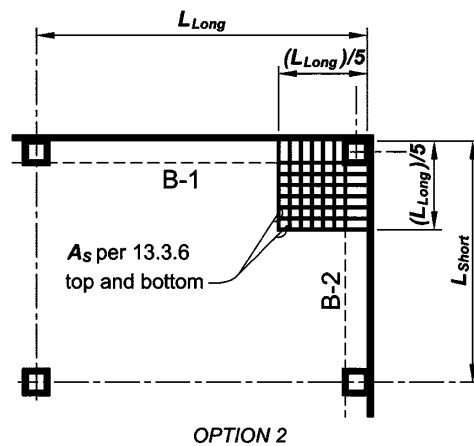
(۱) چون k_{ta} با I_{sb} متناسب است

(۲) چون k_{ta} با I_{sb} متناسب بوده و با I_s نسبت عکس دارد.

(۳) پایین بودن نسبی k_t سبب کاهش بیش از حد سختی ستون معادل شده و سهم کمی از لنگر به ستون منتقل می شود در صورتی که در صورت وجود تیر مقداری لنگر مستقیماً از طریق تیر وارد ستون می شود.

(۴) زیرا افزایش k_t لنگر بیشتری را به عضو پیچشی منتقل کرده و لنگر وارد به ستون کاهش می یابد و طرح اقتصادی تری را در صورت وجود تیر ایجاد خواهد نمود.

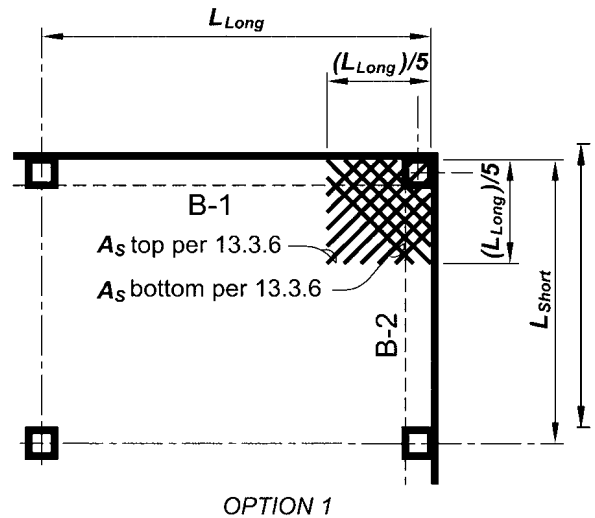
گزینه ۳



Notes:

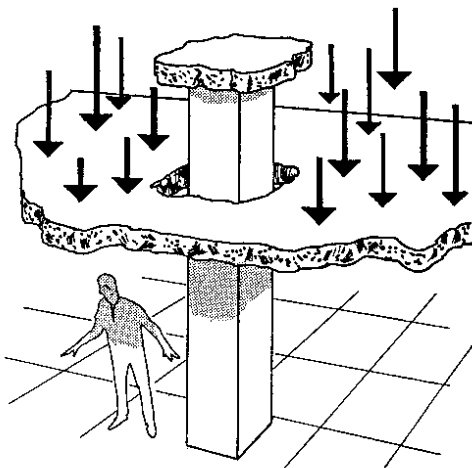
1. Applies where B-1 or B-2 has $\alpha_f > 1.0$
2. Max. bar spacing $2h$, where h = slab thickness.

Fig. R13.3.6—Slab corner reinforcement.



OPTION 1

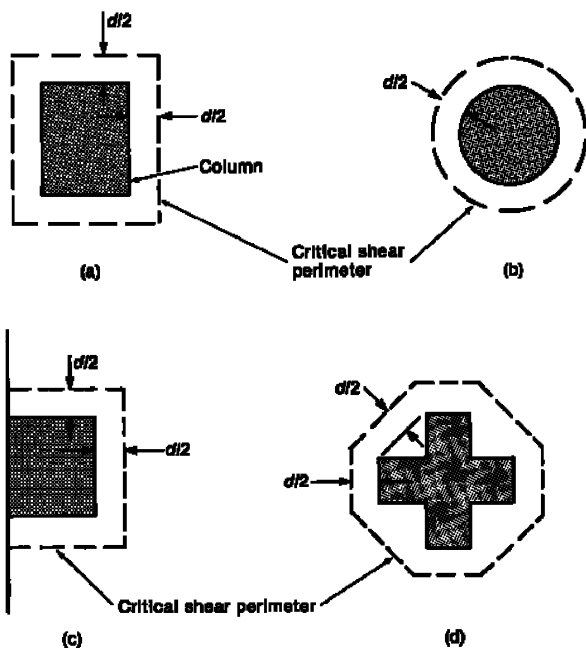
۱۰-۴- برش پانچ (دو طرفه)



مشکل پانچ (برش مگنه ای) در دالهای
تخت (بدون تیر و بدون سرستون)



ب- عملکرد دو طرفه: در این حالت دال یا شالوده باید نیروی برشی را در دو جهت ولی در ناحیه‌ای محدود در اطراف بار متمرکز یا تکیه‌گاه تحمل کند. مقطع بحرانی در این حالت سطح جانبی منشوری است که وجوه آن عمود بر سطح دال بوده و از لبه‌ها و گوشه‌های سطح اثر بار متمرکز یا تکیه‌گاه و یا مقطعی از دال که ضخامت دال در آنجا تغییر می‌کند دارای فاصله‌ای برابر با $\frac{d}{4}$ باشند. مقطع بحرانی باید چنان در نظر گرفته شود که محیط چند ضلعی قاعده منشور در آن حداقل باشد. برای ستون‌ها، بارهای متمرکز و سطوح تکیه‌گاهی دارای مقطع مربع یا مستطیل مقاطع بحرانی می‌توانند دارای چهار ضلع مستقیم باشند.



۹-۱۵-۱۷-۴ در دال‌ها و شالوده‌هایی که در آنها از آرماتور برشی یا کلاهک برشی استفاده نمی‌شود مقدار V_c ، برابر با کمترین مقادیر به دست آمده از سه رابطه (۹-۱۵-۳۳) الی (۹-۱۵-۳۵) در نظر گرفته می‌شود:

$$V_c = \left(1 + \frac{\rho}{\rho_c}\right) v_c b_o d \quad (۹-۱۵-۳۳)$$

$$V_c = \left(\frac{\alpha_s d}{b_o} + 1\right) v_c b_o d \quad (۹-۱۵-۳۴)$$

$$V_c = 2 v_c b_o d \quad (۹-۱۵-۳۵)$$

α_s عددی است که برای ستون‌های میانی برابر با ۲۰، برای ستون‌های کناری ۱۵ و برای ستون‌های گوشه ۱۰ در نظر گرفته می‌شود.

۹-۱۵-۱۷-۲-۵ در دال‌ها و شالوده‌هایی که در آنها از آرماتور برشی برای تأمین مقاومت برشی استفاده می‌شود مقدار V_c و V_s براساس ضوابط (الف) الی (پ) تعیین می‌شوند:

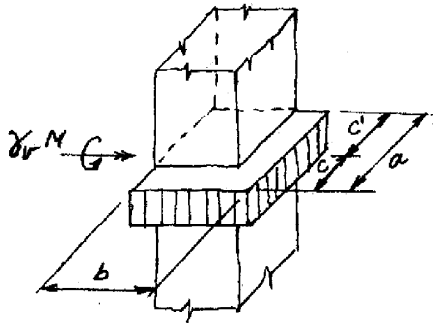
(الف) مقدار V_c از رابطه (۹-۱۵-۳۶) محاسبه می‌شود:

$$V_c = v_c b_o d \quad (۹-۱۵-۳۶)$$

۱۰-۵- انتقال لنگر و برش در اتصالات دال به ستون

۱۱۷- شکل زیر، مقطع بحرانی یک ستون گوشه بتن آرمه را برای محاسبات برش سوراخ کننده (عملکرد دو طرفه) نشان می‌دهد.

برای محاسبه مدول پیچشی این مقطع نیاز به اندازه c' داریم که از کدام رابطه زیر به دست می‌آید؟



$$\frac{a(a+2b)}{2(a+b)} \quad (1)$$

$$\frac{a^2}{2(a+b)} \quad (2)$$

$$\frac{a(a+b)}{2(a+2b)} \quad (3)$$

$$\frac{a^2}{(a+b)} \quad (4)$$

فصلت موثر دال، تا رختی، سطح برش یا چنج

$$c' = \frac{ad \times (a/2) + bd \times a}{ad + bd}$$

$$\rightarrow c' = \frac{a(\frac{a}{2} + b)}{a+b} = \frac{a(a+2b)}{2(a+b)}$$

سراسری ۹۳

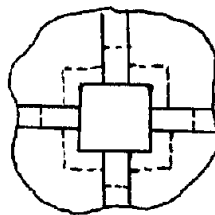
۱۱۴- شکل زیر محل اتصال تیرها به ستون و بخشی از دال را در پلان قسمتی از یک

سیستم دال و تیر دوطرفه نشان می‌دهد. نسبت $\frac{\alpha_1 L_2}{L_1}$ برای تیرهای موجود

برابر ۴/۰ است. اگر کل نیروی انتقالی به ستون در این طبقه برابر 200 kN

باشد، سهم انتقالی برش به ستون به صورت یکطرفه از طریق تیرها و دو طرفه از

طریق دال به ترتیب برابر چند kN است؟



$$100, 100 \quad (1)$$

$$120, 80 \quad (2)$$

$$80, 120 \quad (3)$$

$$200, \text{ صفر} \quad (4)$$

۹- ماکزیمم پیچش در تاوه‌های بتن آرمه مربع شکل با تکیه‌گاههای کاملاً گیردار تحت اثر بار گسترده یکنواخت در کجا ظاهر می‌شود؟

(مهندس عمران ۷۳)

- (۱) در کنار تکیه‌گاهها و روی تاوه.
(۲) در مرکز تاوه.
(۳) در حد فاصل بین مرکز تاوه و تکیه‌گاهها
(۴) در گوشه‌های تاوه

گزینه ۴

آزاد ۸۵

۱۲۰- روش قابل معادل برای طراحی دالهای در طرفه:

- (۱) دارای محدودیتهای بیشتری نسبت به روش طراحی مستقیم است.
(۲) براساس روش توزیع لنگر و محاسبه ضرایب انتقال و گیرداری می باشد.
(۳) براساس تحلیل پلاستیک قاب و توزیع لنگرهای مثبت و منفی در نوارهای ستونی و میانی است.
(۴) سختی اعضاء در ناحیه اتصال ستون به دال برابر قاب معمولی در نظر گرفته می شود.

گزینه ۲

آزاد ۸۶

در دالهای در طرفه بتن آرمه، بهترین محل برای تعبیه بازشر کدام ناحیه می باشد؟

- (۱) فصل مشترک نوارهای ستونی و میانی
(۲) فصل مشترک نوارهای ستونی
(۳) در نزدیکترین فاصله به ستونها
(۴) فصل مشترک نوارهای میانی

گزینه ۴

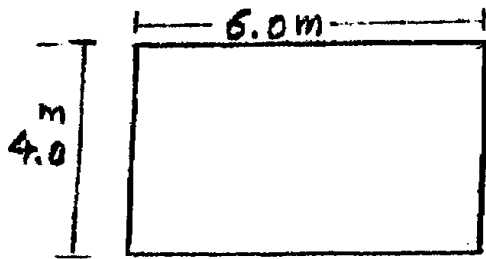
آزاد ۸۵

۱۱۶- در موقع اضافه کردن سر ستون به دال دو طرفه کدام عامل بیشتر در ظرفیت برشی مؤثر است؟

- (۱) افزایش ضخامت دال در بر ستون
(۲) امکان استفاده از خاموت بدلیل افزایش عمق
(۳) افزایش محیط مقطع بحرانی
(۴) افزایش عمق مؤثر دال در بر ستون

گزینه ۳

۱۱۹- دال (پانل) بتن مسلح نشان داده شده در چهار طرف دارای تکیه‌گاه‌های ساده می‌باشد. اگر W_a و W_b به ترتیب سهم بار در



امتداد کوتاه و بلند از کل بار W باشند. نسبت تقریبی $\frac{W_a}{W_b}$ چقدر است؟

- ضخامت دال ۲۵/۰ cm

$$f_c = 30/0 \text{ MPa}, \quad f_y = 400/0 \text{ MPa}$$

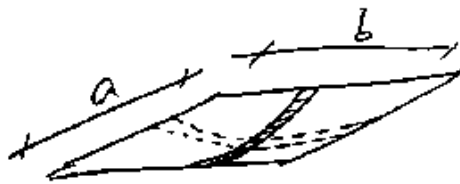
$$E_s = 2 \times 10^5 \text{ MPa}, \quad E_c = 0/25 \times 10^5 \text{ MPa}$$

۰/۷ (۴)

۵/۰ (۳)

۳/۵ (۲)

۱/۵ (۱)



۱۱۶ بار وارده به دال توسط هر دو تکیه‌گاه بر هم عمل می‌کند

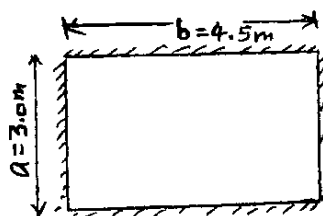
خیز هر دو تکیه‌گاه باید برابر باشد

$$\frac{5}{384} \frac{w_a b^4}{EI} = \frac{5}{384} \frac{w_b a^4}{EI} \rightarrow \frac{w_a}{w_b} = \frac{a^4}{b^4} = 1.5^4 = 5.06$$

۱۱۵- ابعاد یک دال بتن آرمه مستطیلی نسبت ۱/۵ دارند. این دال در چهار لبه‌ی خود به صورت ساده تکیه دارد. اگر ضلع بزرگ

این دال ۴/۵ m و بار واحد سطح دال $12 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$ باشد، حداکثر لنگر خمشی ایجاد شده‌ی مثبت در راستای دهانه‌ی کوچک‌تر،

چند $\frac{\text{kN.m}}{\text{m}}$ است؟



۱۰ (۱)

۸/۲۵ (۲)

۵/۲۵ (۳)

۱۱/۲۵ (۴)

گزینه ۴.

ابتدا سهم دهانه‌ها را از تحمل بار گسترده بدست می‌آوریم:

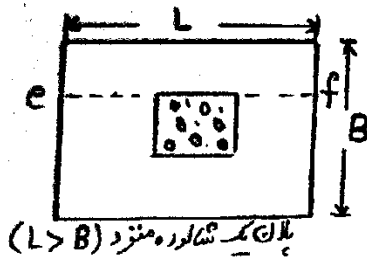
$$q_a = \left(\frac{4.5^4}{3^4 + 4.5^4} \right) q = \frac{81}{97} \times 12$$

و لنگر برابر خواهد بود با:

$$M_a = \frac{q_a L^2}{8} = \left(\frac{81}{97} \times 12 \right) \times \frac{3^2}{8} = 11.27 \frac{\text{kN.m}}{\text{m}}$$

۱۱۶- در شالوده‌های منفرد، نسبت میلگردهای موجود در عرض B به کل میلگرد محاسبه شده در مقطع بحرانی $e-f$ چقدر برابر یا

$$\frac{2}{1+\beta} \text{ است؟}$$

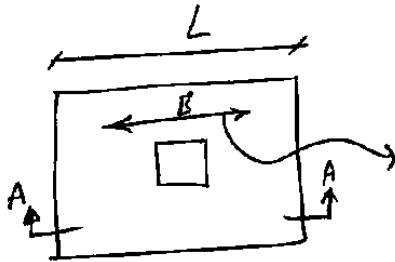


(۱) چون برای احتساب توزیع غیریکنواخت لنگر خمشی $\beta = \frac{B}{L}$ است.

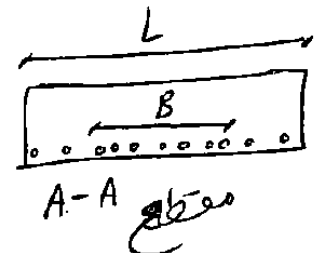
(۲) چون لنگر وارد بر واحد عرض در حوالی ستون حداکثر است.

(۳) چون β نسبت لنگر بار مرده به کل لنگر ستون در مقطع نزدیک شالوده است.

(۴) چون باقیمانده‌ی میلگردها در باقیمانده‌ی طول L باید به طور یکنواخت توزیع شوند.



در این عرض باید آرماتور بیشتری قرار دهیم



در عرض B نشان داده شده در شکل بالا تراکم آرماتور باید بیشتر باشد. یعنی نسبت آرماتورهایی که در عرض B قرار می‌گیرد به کل آرماتورهایی که در عرض L قرار می‌گیرند باید برابر $\frac{2}{1+\beta} = \frac{2}{1+\frac{L}{B}}$ باشد. مثلاً اگر $L=2B$ باشد، دو سوم آرماتورهایی که در مقطع $A-A$ در شکل نشان داده شده باید در عرض B و یک سوم باقی در عرض $L-B$ قرار گیرند.

علت این امر آن است که برای پی منفرد مستطیلی در زیر ستون (در عرض B در مقطع $A-A$) مقدار لنگر بیش از کناره‌ها است و در نتیجه به علت عدم یکنواختی لنگر باید آرماتور بیشتری قرار دهیم. گزینه ۱ و ۲ می‌توانند صحیح باشند ولی در گزینه ۱ مقدار β را برابر $\beta = \frac{B}{L}$ تعریف کرده که نادرست است. با چنین تعریفی مقدار $\frac{2}{1+\beta}$ بزرگتر از یک می‌شود. بنابراین گزینه ۲ صحیح است.

پی

آزاد ۸۷

۱۴۰- در طراحی پی‌های منفرد بتن آرمه بر اساس حالات حدی، طول و عرض پی بر اساس و ضخامت آن بر اساس طراحی می‌گردد

- (۱) بارهای ضریب‌دار و مقاومت نهایی خاک - برش یکطرفه و دو طرفه حاصل از بارهای ضریب‌دار
- (۲) بارهای بدون ضریب و مقاومت مجاز خاک - خمش و برش یکطرفه و دو طرفه حاصل از بارهای ضریب‌دار
- (۳) بارهای بدون ضریب و مقاومت مجاز خاک - برش یکطرفه و دو طرفه حاصل از بارهای ضریب‌دار
- (۴) بارهای ضریب‌دار و مقاومت مجاز خاک - خمش و برش یکطرفه و دو طرفه حاصل از بارهای ضریب‌دار

گزینه ۳

۲- دلیل خم آرماتورهای انتظار بین شالوده و ستون در منطقه تحتانی شالوده کدام است؟

(مهندس عمران ۸۶)

(۱) مقاومت در برابر برش وارده به شالوده

(۲) تأمین طول مهاري لازم برای آرماتورهای فشاري

(۳) سادگی اجرای اتصال این آرماتورها به آرماتورهای شالوده

(۴) ایجاد وصله مناسب برای انتقال بار به آرماتورهای شالوده

گزینه ۳

سراسری ۹۳

۱۲۱- یک دیوار بتنی به ضخامت ۳۰ سانتی متر، بر روی یک شالوده نواری به ضخامت

۳۰ سانتی متر و در عمق ۱/۳ متری قرار دارد. این دیوار بار مرده ای برابر

$120 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$ شامل وزن خودش و بار زنده ای برابر $150 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$ را حمل می کند. اگر

تنش مجاز خاک زیر شالوده برابر $205 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$ باشد، با فرضیات زیر، عرض مورد

نیاز شالوده و لنگر طراحی در وسط عرض شالوده نواری به ترتیب از راست به چپ

بر حسب متر و kN.m ، کدام است؟

، $\alpha_L = 1/5$ ضریب بار زنده ، $\alpha_D = 1/25$ ضریب بار مرده

$\gamma_C = 25 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$ وزن مخصوص بتن شالوده، $\gamma_S = 17/5 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$ وزن مخصوص خاک روی

شالوده

(۲) $450/2$

(۱) $600/2$

(۴) $600/5$

(۳) $450/5$