طراحی سازه های بتنی (ویژه کنکور ارشد عمران)

۱-مقدمه ۱

۲-مشخصات فیزیکی بتن ۲

۲-۱-خزش ۸

۲-۲-روشهای طراحی ۱۱

۳-خمش ۱۳

۳-۱-لنگر ترک خوردگی مقطع ۱۳

۳-۲-لنگر نهایی مقطع ۱۵

۳-۳-مقاطع کم فولاد و پر فولاد ۲۱

۳-۴-ظرفیت خمشی مقطع ۳۳

۳-۵-تاثیر فولاد فشاری ۴۱

۳-۶-مقاطع T شکل ۴۸

۳-۷-شکل پذیری ۵۵

۴-برش ۵۶

۴-۱-آرماتورهای عرضی ۶۴

۴-۲-تیرهای عمیق ۷۷

۵-پیچش ۷۸

۶-مهار آرماتورها ۸۷

۶-۱-قطع آرماتور در مقاطع تحت خمش ۹۹

۶-۲-وصله میلگردها ۱۰۳

۷-ستونهای کوتاه ۱۰۵

۷-۱-مرکز پلاستیک ۱۱۲

۷-۲-اندرکنش خمش و نیروی محوری ۱۱۳

۷-۳-ستونهای لاغر ۱۲۴

۸-محدودیت فواصل آرماتورها ۱۲۷

۹-کنترل تغییرشکل ۱۲۸

۹-۱-عرض ترکها ۱۳۰

۱۰-دال ها ۱۳۱

۱۰-۱-دالهای یک طرفه ۱۳۲

۱۰-۲-دالهای دوطرفه ۱۳۳

۱۱-اتصالات و ضوابط لرزه‌ای ۱۳۵

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 نوشته مهندس حیدری کتب مناسبی هستند. اولی کتاب مرجع و دومی کتاب تست).
- ✓ 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.info) بلامانع است.
- ✓ مسلما جزوه خالی از اشتباه نیست. در صورتی که به اشتباهی برخوردید، ممنون می شوم که از طریق سایت اطلاع دهید تا در ویراش 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.info) دانلود نمایید.

حسین زاده

۱۳۹۰/۱/۶

۲-مشخصات فیزیکی بتن

علت استفاده از بتن و فولاد :

۱- فولاد و بتن چسبندگی خوبی باهم دارند

۲- ضریب انبساط حرارتی آنها تقریباً یکی است .

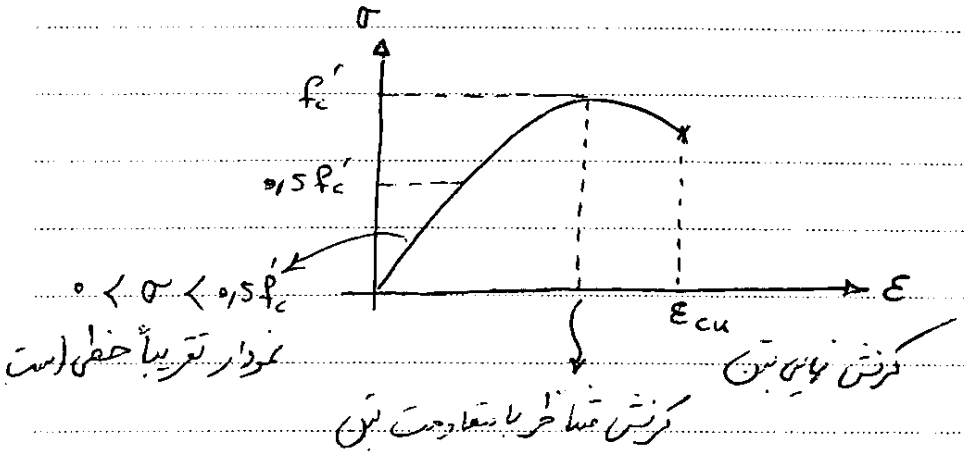
$$\begin{cases} \alpha_c = 1\times10^{-5}\ 1/c \\ \alpha_{st} = 1{,}2\times10^{-5} \end{cases}$$

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 بنابرین 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 بتن ایجاد کرده مانع کمانش آن می شود (البته در ستونها تنگها این وظیفه را به عهده دارند که بدان اشاره خواهد شد).

مقاومت فشاری بتن:

در بتن طراحی طبق آیین نامه ایران منظور از مقاومت بتن f'_c مقاومت ۲۸ روزه نمونه استوانه ای بتن می باشد .

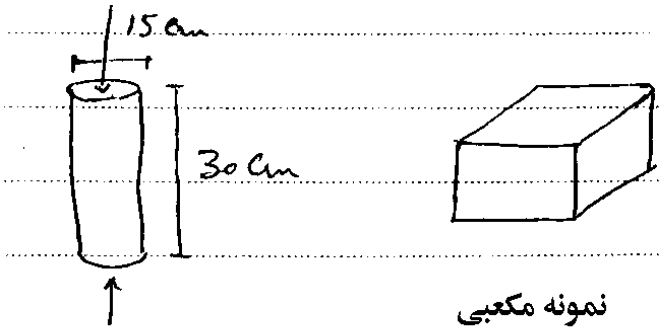


* نکته : در طراحی اعضای بتنی ، معیار خرابی بتن ε_u آن می باشد (کرنش نهایی) که طبق آیین نامه بتن ایران مقدار آن برابر $\varepsilon_u = 0{,}0035$ است .

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

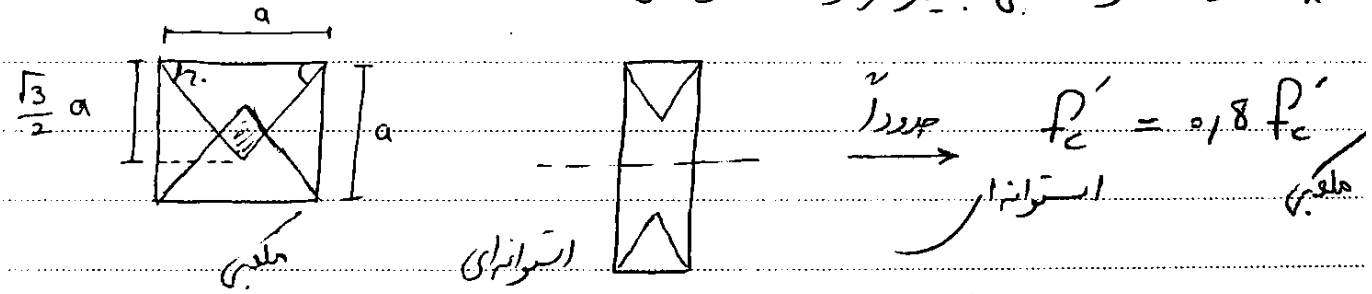
✓ در طراحی اعضای بتن آرمه معیار خرابی بتن رسیدن به ε_{cu} می باشد. بنابراین مقداری که برای آن فرض می‌شود دارای اهمیت است

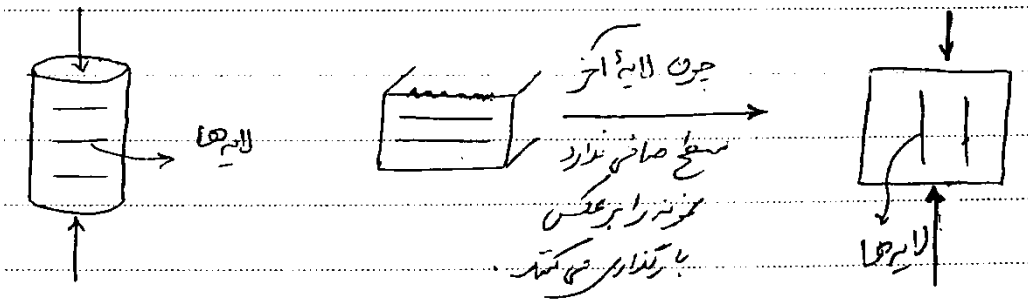
تفاوت نمونه مکعبی با استوانه ای:



مقاومت فشاری ؟

* مقاومت نمونه مکعبی بیشتر از نمونه استوانه ای است.





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

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

f_c' مکعب 25×25 < f_c' مکعب 15×15

مثال: در مورد مقاومت فشاری بتن کدام نادرست است؟

۱- مقاومت حاصل از نمونه استوانه‌ای کمتر از نمونه مکعبی است.

✓ ۲- هرچه ابعاد مکعب بالاتر رود مقاومت بیشتر می‌شود.

۳- در مواردی از مقاومت استوانه‌ای استاندارد استفاده می‌شود.

۴- آزمایش بزرگی نمونه ۲۸ روزه است.

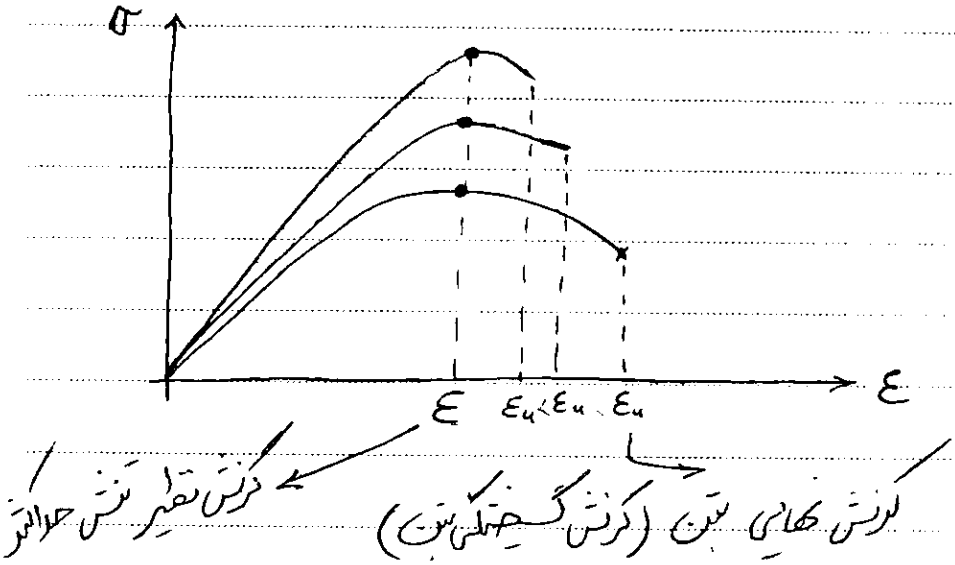
نمودار بتن با مقاومت های مختلف:

C25 یعنی $f_c = 25\ MPa$

$\simeq 250\ kg/cm^2$

اگر $f_c \uparrow$ $\Leftrightarrow$ $\varepsilon_u \downarrow$

$f_c \uparrow$ $\Leftrightarrow$ ε تقریباً ثابت است (ε کرنش نظیر تنش حداکثر)



توجه:

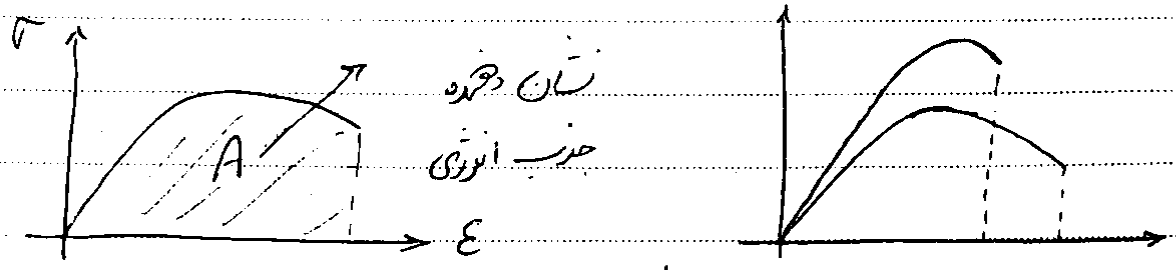
$\uparrow f'_c \quad \downarrow \varepsilon_{cu}$

$\uparrow f'_c \quad \varepsilon_0$ تقریباً ثابت می ماند

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

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

* نکته: برای مقایسه جذب انرژی ماده می‌توان از مساحت زیر نمودار تنش کرنش استفاده کرد.



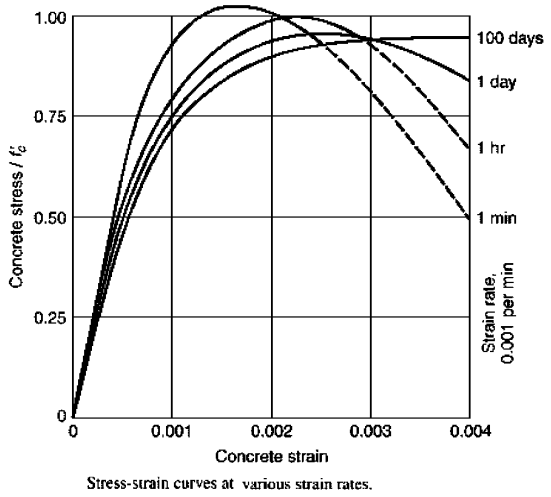
۳- چنانچه در منحنی تنش کرنش بتن، کرنش نظیر مقاومت فشاری بتن (f'_c) را با ε_0، و کرنش نظیر نقطهٔ شکست بتن را با ε_{cu} نمایش دهیم، با افزایش مقاومت فشاری بتن کدام اظهارنظر صحیح است؟

(مهندسی عمران ۸۱)

۱) ε_0 و ε_{cu} هر دو افزایش می‌یابند. **۲) ε_0 و ε_{cu} هر دو کاهش می‌یابند.**

۳) تغییر محسوس در ε_0 و ε_{cu} روی نمی‌دهد. **۴) ε_0 تقریباً ثابت باقی‌مانده و ε_{cu} کاهش می‌یابد.**

گزینه ۴



Stress-strain curves at various strain rates.

سوال : چه عواملی بر f'_c تاثیر گذار است؟

۱-ابعاد نمونه ↑ $\downarrow f'_c$

۲-شکل نمونه (استوانه ای < مکعبی)

۳-سرعت بارگذاری ↑ $\uparrow f'_c$

۴-اثر محصور شدگی ↑ $\uparrow f'_c$

۵-نسبت آب به سیمان↑ $\downarrow f'_c$

۵-سن بتن↑ $\uparrow f'_c$

آزاد ۸۹

۱۳۲ـ کدام‌یک از موارد زیر موجب افزایش مقاومت فشاری بتن می‌شود.

۱) کاهش سرعت بارگذاری در آزمایش مقاومت فشاری

۲) بزرگتر کردن اندازه نمونه‌های آزمایش مقاومت فشاری

۳) افزایش نسبت آب به سیمان بتن

۴) تغییر شرایط عمل‌آوری نمونه قبل از آزمایش از حالت خشک به حالت مرطوب

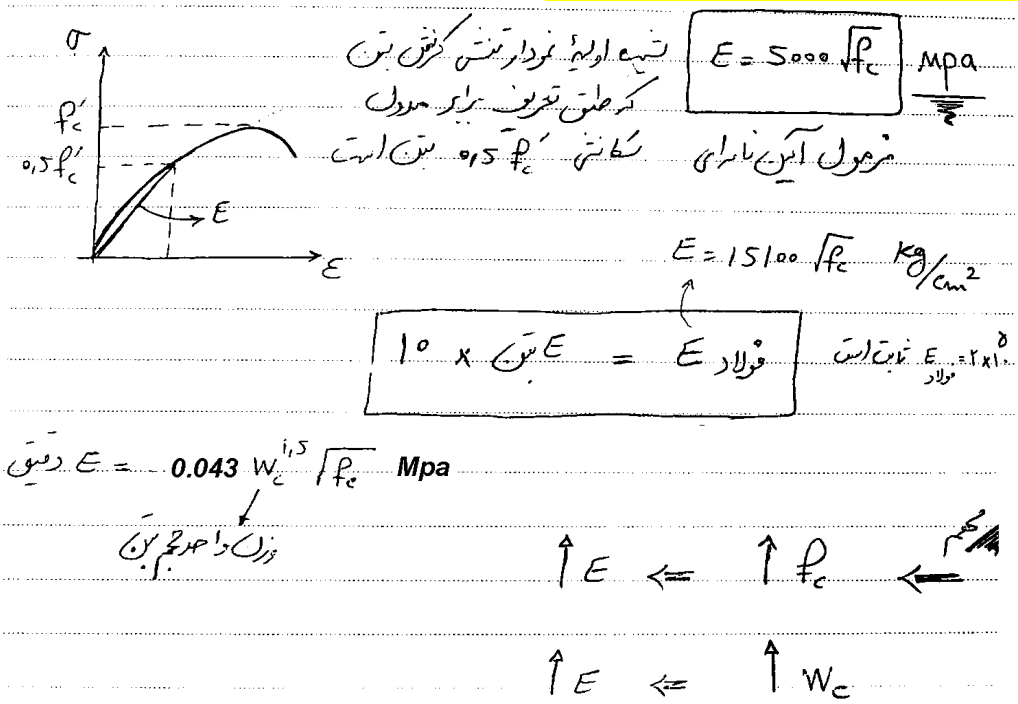
گزینه ۴

باکاهش 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.

با افزایش نسبت آب به سیمان مقاومت آن کاهش می یابد.

سختی بتن E_c(مدول الاستیسیته بتن):



مدول ارتجاعی بتن با مقاومت بالا نسبت به بتن با مقاومت پایین: **(مهندس عمران آزاد ۷۹)**

۱) بزرگتر از یک است **۲) کوچکتر از یک است**

۳) مساوی یک است **۴) قابل برآورد نیست**

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.

دقت شود که E فولاد های مختلف بر خلاف بتن تقریبا ثابت است (ثابت **فرض** می شود)

ضریب پواسون بتن(υ):

بتن با مقاومت پایین: $0.1 \le \upsilon \le 0.2$:بتن با مقاومت بالا

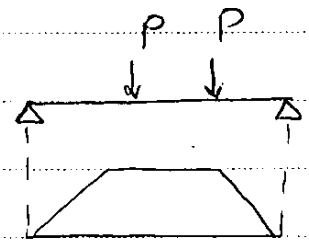
طبق آیین نامه: $\upsilon = 0.15$

(ضریب پواسون فولاد 0.3 است)

مقاومت کششی بتن:

مقاومت کششی بتن:

۱- تست خمش

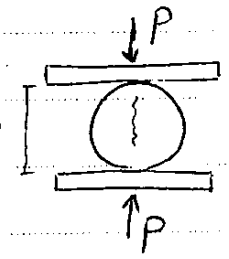


مدول گسیختگی

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

$$f_r = 0.6\sqrt{f'_c} \ MPa$$

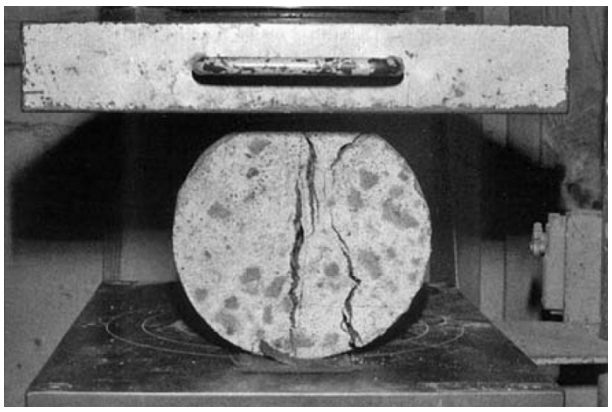
۲- تست کشش خالص



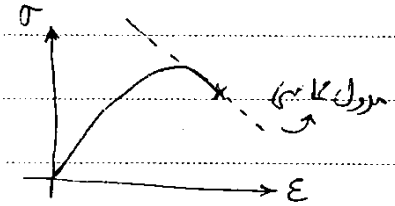
مدول گسیختگی $f_r = \frac{2P}{\pi DL}$ لازم نیست P محفظ شود

(آزمایش تنگاف حوزدگی)

$f_r = 0.55\sqrt{f'_c}$



* نکته: مقاومت کششی بتن در حدود ۱۰ تا ۱۵٪ مقاومت فشاری است.



تست: مدول گسیختگی در بتن به چه معنی است؟

۱- مدول کاهنده بتن در حالت گسیختگی کششی

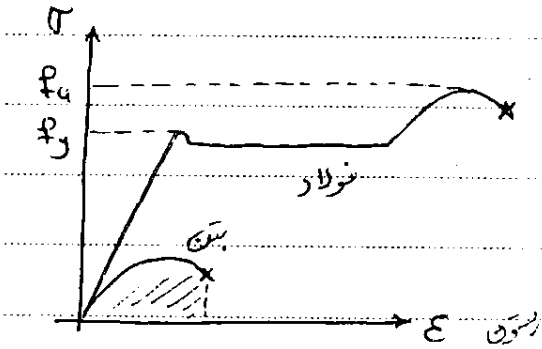
۲- " " " " فشاری

✓ ۳- مقاومت کششی بتن تحت خمش خالص

۴- " " " کشش غیر مستقیم

تکلف f_r > f_r گسیختگی

انواع فولاد: فولاد نسبت به بتن انرژی بیشتری جذب می‌کند.



انواع آرماتورهای موجود در ایران

		f_y	f_u
A II	S300	300	500
A III	S400	400	600
		(MPa)	

برای خاموتها و تنگها

برای آرماتورهای طولی

قطر آرماتور: آرماتور آجدار Φ 22

به $\frac{mm}{۸}$

آرماتور صاف Φ

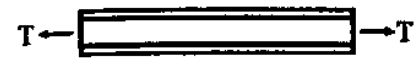
نکته: در اعضای سازه‌ای آرماتورها باید آجدار باشند مگر آرماتورهای حرارتی و دورپیچ ستونها

(مهندس عمران آزاد ۸۰)

.مقاومت اسمی نهایی مقطع روبرو در کشش چه مقدار است؟

$f_y = ۴۰۰۰ kg/cm^۲$

$f_c = ۲۰۰ kg/cm^۲$



مقطع دارای ۴ فولاد ۲۰Φ می‌باشد. ابعاد مقطع ۲۰cm×۲۰cm است.

۱) نزدیک به ۵۸ تن ۲) نزدیک به ۱۳۰ تن

۳) نزدیک به ۵۵ تن ۴) نزدیک به ۵۰ تن

در کشش خالص بتن ترک می‌خورد و تنها فولادها کشش وارده را تحمل می‌کنند

$T_n = 4 \times (3.14 \times 1^۲) \times 4000 = 50240 kg = 50 ton$

f_y کامپوزیت میلگرد

یکی از فرضیات اساسی در طراحی بتن آرمه عبارتست از: (مهندسی عمران ۷۰)

۱) کرنش فولاد = کرنش بتن

۲) مقاومت فشاری بتن = ۱۰ برابر مقاومت کششی بتن

۳) عدم ترک‌خوردگی در بتن

۴) کرنش بتن در حد الاستیک = ۰/۰۰۳

گزینه ۱

سراسری ۸۹

۱۱۸- در صورتیکه مقاومت کششی بتن $f_t = ۲\frac{N}{mm^۲}$ و ضریب ارتجاعی بتن $E_c = ۱۶\frac{KN}{mm^۲}$ و ضرایب انبساط حرارتی بتن و فولاد $\alpha_c = \alpha_s = ۱۰\times۱۰^{-۶}/°C$ باشد، اختلاف درجه حرارت شب و روز چقدر باید باشد تا ترک خوردگی در یک سازه کاملاً گیردار (مقید) ایجاد گردد.

۱) ۸°C ۲) ۱۲/۵°C ۳) ۱۰°C ۴) ۱۵°C

سازه مقید ← با کاهش دما در بتن کشش ایجاد می‌شود

که اگر این کشش از مقاومت کششی بتن فراتر رود، بتن ترک می‌خورد

کرنش حرارتی $= \alpha\Delta T = 10^{-5}\times\Delta T$

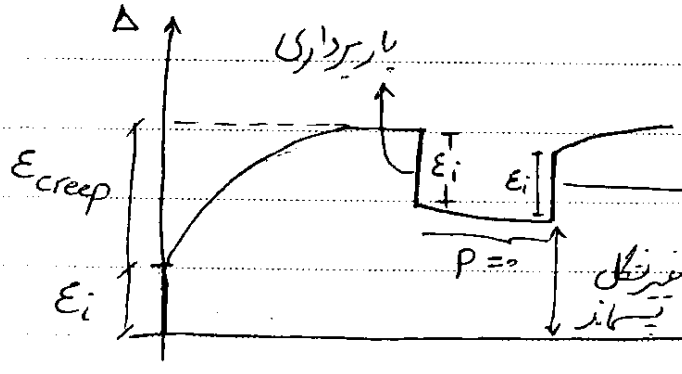
کرنش ترک خوردگی $= \frac{f_t}{E_c} = \frac{2}{16000} = \frac{1}{8000}$

$\rightarrow 10^{-5}\Delta T = \frac{1}{8000}$

$\rightarrow \Delta T = \frac{100000}{8000} = 12.5^{\circ}$

۲-۱- خزش

خزش: تغییر شکل بتن تحت اثر بار ثابت در اثر گذشت زمان را خزش می‌نامیم.



$(\varepsilon_{creep})_{MAX} = (2.5 \sim 3)\,\varepsilon_i$

$\uparrow f_c \Rightarrow \downarrow$ خزش

$\uparrow$ رطوبت هوا $\Rightarrow \downarrow$ خزش

$\uparrow$ سن بتن $\Rightarrow \downarrow$ خزش

پس از ۲ تا ۵ سال خزش متوقف می‌شود.

* در طراحی اعضا (مقاومت آنها) خزش در نظر گرفته نمی‌شود ولی در کنترل تغییر شکلهای سازه (تغییر شکل دهیز تیر) در نظر گرفته می‌شود.

✓ دلیل اصلی خزش، خروج آب جذب شده سطحی از ساختار خمیر سیمان در اثر اعمال تنش ثابت در طول زمان است.

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

عوامل که بر خزش اثر می کند:

۱- خلل فرج بتن↑ خزش↑

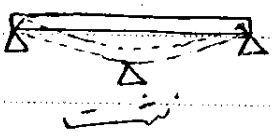
۲- ضخامت قطعه بتنی↑ خزش↓

۳- عمر بتن در لحظه بارگذاری↑ خزش↓

۴- زمان بارگذاری (مدتی که بار بر قطعه اثر می کند)↑ خزش↑

۵- رطوبت محیط↑ خزش↓

۶- درصد فولاد فشاری↑ خزش↓



آسودگی بتن و آنرا در تصاویر برای بتن تغییر شکل ثابت اعمال کنیم و آنرا ثابت نگه داریم به مرور زمان تنش های کمتری در بتن خواهیم داشت.

سوال: آیا ممکن است بتنی که مقاومت آن f'_c است تحت f'_c و یا خراب شود؟ بلی ✓

از آنجایی که معیار خرابی بتن ε_u می باشد (کرنش نهایی) نه f'_c (مقاومت فشاری)

با گذر زمان: $\varepsilon_u = \varepsilon_i + \varepsilon_{creep}$ حالتی که بارگذاری آرام باشد.

" " سریع " " $\varepsilon_u = \varepsilon_i$

✓ 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 می‌افتد؟

(مهندسی عمران ۸۰)

۱) هر دو ممان منفی و مثبت افزایش می‌یابند.

۲) هر دو ممان منفی و مثبت کاهش می‌یابند.

۳) ممان مثبت کم شده و ممان منفی تکیه‌گاه افزایش می‌یابد.

۴) از ممان منفی تکیه‌گاه کم شده و به ممان مثبت وسط دهانه اضافه می‌شود.

گزینه ۴

(مهندسی عمران ۷۶)

۱۹ـ خیز بلندمدت یک تیر بتن‌آرمه:

۱) ۲ تا ۳ برابر خیز اولیه آن است.

۲) ۱/۵ برابر خیز اولیه آن است.

۳) به علت جمع‌شدگی "*Shrin Kage*" کمتر از خیز اولیه آن است.

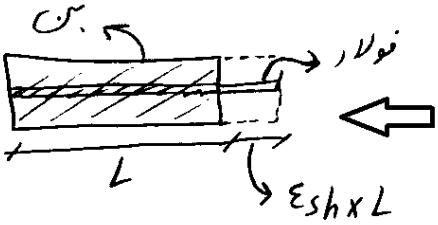
۴) هیچکدام

گزینه ۱

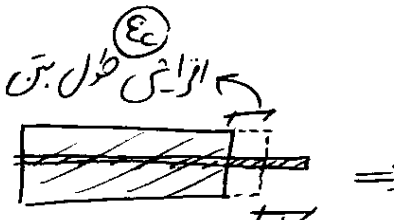
سراسری ۸۹

۱۱۵- یک عضو بتن آرمه شامل ۱٪ فولاد است. کرنش انقباضی آزاد بتن $\varepsilon_{sh} = ۲۰۰\times۱۰^{-۶}$ می‌باشد. برای فولاد $E_s = ۲۰۰\frac{KN}{mm^۲}$ و برای بتن $E_c = ۱۵\frac{KN}{mm^۲}$ است. عضو، آزاد از موانع خارجی در نظر گرفته می‌شود. تنش‌های حاصله در بتن و آرماتور به ترتیب بر حسب $\frac{N}{mm^۲}$ برابرند با:

۱) ۰٫۳۵ (کششی) و ۰٫۳۵ (فشاری)
۲) ۰٫۲ (کششی) و ۴۰ (فشاری)
۳) ۰٫۳۵ (کششی) و ۳۵٫۳ (فشاری)
۴) ۱ (کششی) و ۱ (فشاری)



اگر فولاد و بتن به هم چسبیده نبودند



برای اینکه فولاد و بتن چسبیده باقی بمانند

$$\varepsilon_c + \varepsilon_s = 200\times10^{-6} \quad (I)$$

از طرفی گفته نیروی خارجی بر عضو وارد نمی‌شود

نیروی بتن = نیروی فولاد $\Rightarrow$ $\varepsilon_c \times E_c \times A_c = \varepsilon_s \times E_s \times A_s$

کرنش بتن × مساحت بتن = کرنش فولاد × مساحت فولاد

$$\rightarrow \varepsilon_c \times 15 \times 100A_s = \varepsilon_s \times 200 \times A_s \rightarrow \varepsilon_c = \frac{4}{30}\varepsilon_s \quad (II)$$

$$I, II \rightarrow \begin{cases} \varepsilon_c = 23.3\times10^{-6} \\ \varepsilon_s = 176.47\times10^{-6} \end{cases} \rightarrow \begin{aligned} \sigma_c &= \varepsilon_c \times E_c = 23.3\times10^{-6}\times15000 = 0.35 \\ \sigma_s &= \varepsilon_s \times E_s = 176.5\times10^{-6}\times200000 = 35.3 \end{aligned}$$

البته خیلی بخواهیم دقیق باشیم در رابطه فوق به جای $100A_s$ باید از $99A_s$ استفاده کنیم (چون وقتی می گوییم که درصد آرماتور 1% است یعنی اینکه مساحت بتن ۹۹ برابر فولاد است)

آزاد ۸۹

۱۳۳ـ کدام‌یک 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 برگشت‌پذیر یا قابل جبران در باربرداری است.

۳) هرقدر 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 مثلا 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 است.

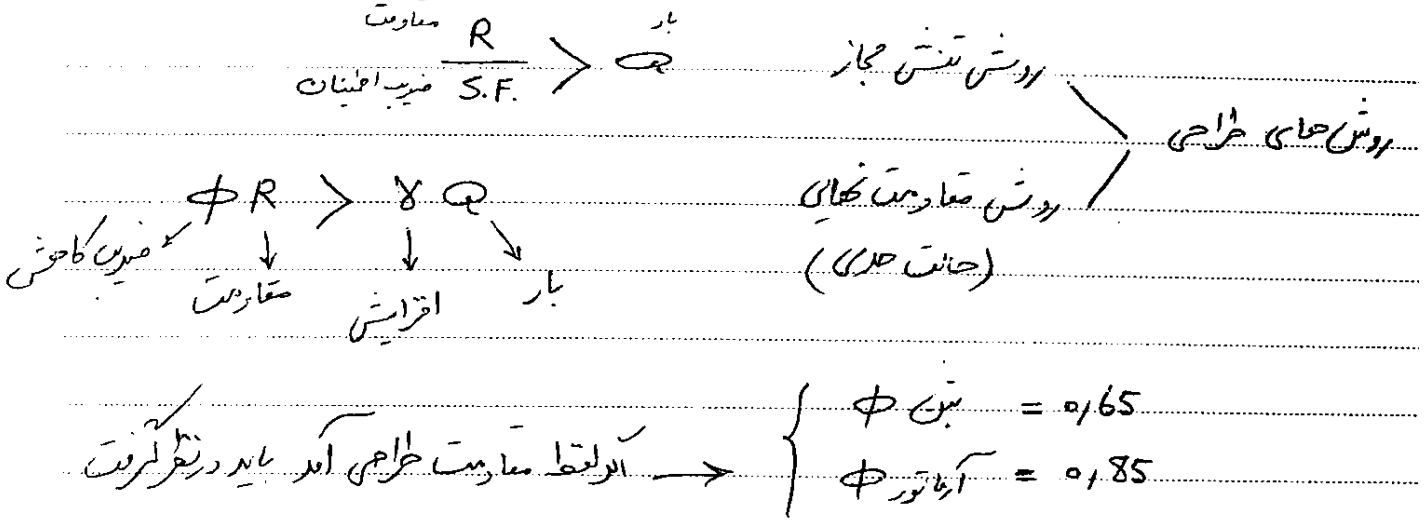
گزینه ۱. هرچه هوای اطراف بتن خشک تر باشد، آب بیشتری از بتن خارج می شود و خزش بتن افزایش می یابد. و هرچه رطوبت زیاد باشد خزش کمتر است.

گزینه ۲ نادرست است: تنها قسمتی از خزش برگشت پذیر است (آبی که در اثر فشار ثابت خارج شده دیگه نمی شه که همش برگرده 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 مثلا اگر به یک نمونه که ۱۰ سال سن داره (۱۰ سال قبل ساخته شده) دیگه اگه آب اضافی هم داشت تا حالا یا قسمت زیاد آن خارج شده و یا با عمل هیدراتاسیون با سیمان موجود ترکیب شده. پس اگه به آن تنش ثابت وارد کنیم آب کمتری خارج شده و خزش آن کمتر است.

۲-۲- روشهای طراحی

کنترل در حالت حد نهایی:



نمونه ترکیبات بار طراحی در آیین‌نامه ایران:

1.25D+1.5L
D+1.2L+1.2E
0.85D+1.2E
D+1.2L+T

کنترل برای حالت بهره برداری:

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

کدامیک از گزینه‌های زیر منعکس کننده علت کاربرد ضرائب تقلیل مقاومت، در طراحی در حالت حد نهایی مقاومت نمی‌باشد: **(مهندسی عمران آزاد ۸۳)**

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

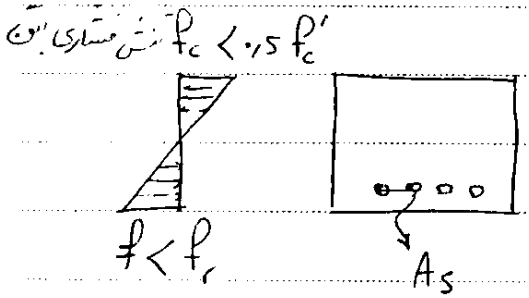
۴) عدم اطمینان از موقعیت قرارگیری صحیح فولادها

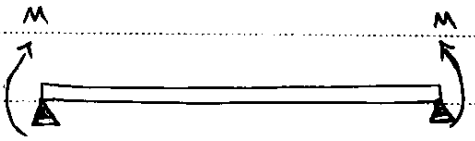
گزینه ۱

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

۳-خمش

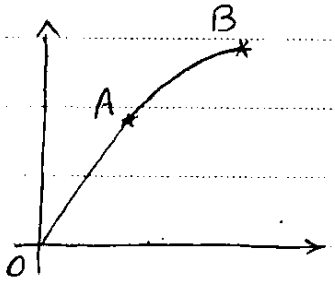
۳-۱- لنگر ترک خوردگی مقطع





خمش ←

در قسمت OA لنگر اعمال شده کمتر از لنگر ترک خوردگی مقطع است.



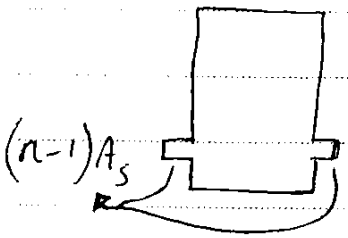
مدول هم ارزی سختی فولاد و بتن $n = \frac{E_s}{E_c} \simeq 10$ ← برابر است با

* برای محاسبه لنگر ترک خوردگی:

(۱) محل تار خنثی را حساب می‌کنیم

(۲) I مقطع تبدیل یافته حساب شود.

(۳)

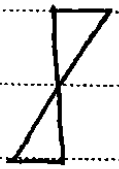


لنگر ترک خوردگی $M_{cr} = \frac{f_r \cdot I}{c}$ ← $f = \frac{Mc}{I}$

بجای روش دقیق فوق می‌توان از وجود فولاد صرفنظر کرد چون درصد آن حدوداً ۱٪ است و مقطع تبدیل یافته ۱۰٪ بزرگتر از مقطع تبدیل نیافته است.

تنها

لنگر ترک خوردگی دقیق $M_{cr} = \frac{f_r \times I_{\text{دقیق}}}{y_t}$ ←

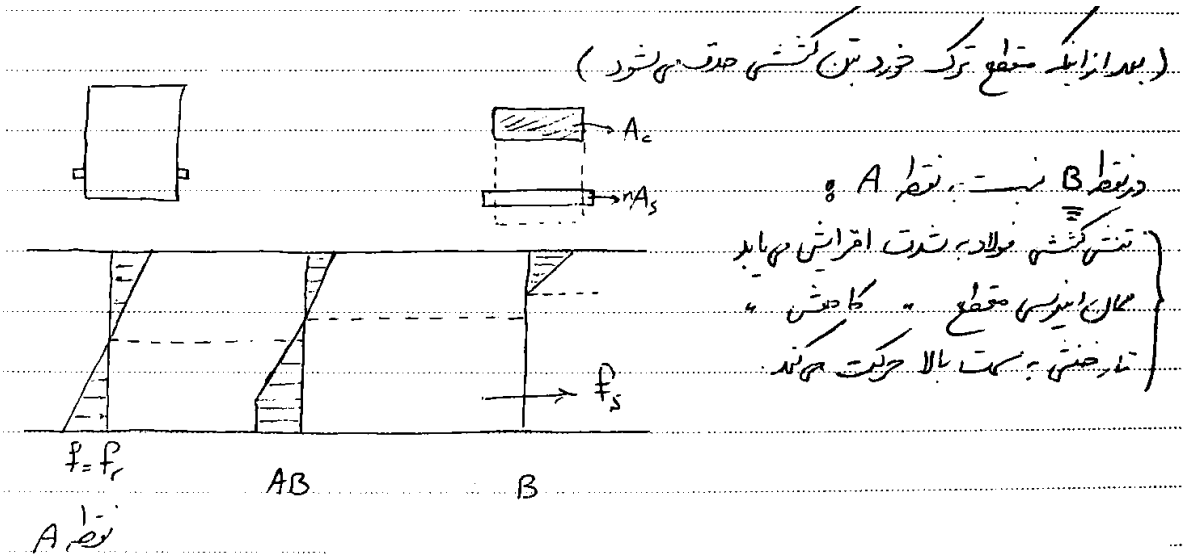


نوصیه A_1

این نامساوی $M_{cr} = \frac{f_r \times I_g}{h/2}$ ← مقطع بدون آرماتور

برای مستطیل

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



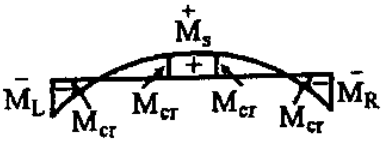
۱ـ در اکثر تیرهای بتن آرمه لنگر ترک‌دهندگی: **(مهندسی عمران ۸۴)**

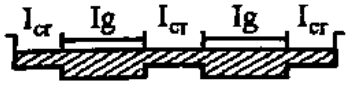
۱) کمی کمتر از لنگر مقاوم نهایی است. **۲) درصد کمی از لنگر مقاوم نهایی است.**

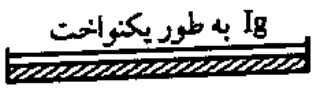
۳) درصد زیادی از لنگر مقاوم نهایی است. **۴) حدوداً نصف لنگر مقاوم نهایی است.**

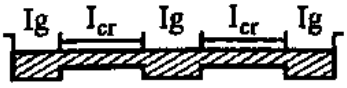
گزینه ۲. لنگر لازم برای ترک خوردن مقطع بتنی آنقدر کم است که تیرهای عادی حتی تحت اثر وزن خودشان نیز ترک می خورند (چه برسه به اینکه وزن سقف رو هم بهش اعمال کنیم). به طوریکه لنگر ترک خوردگی در تیرهای عادی حتی کمتر از 10% لنگر نهایی مقاوم نهایی مقطع است.

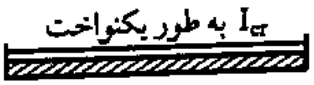
۲۲ـ در شکل زیر دیاگرام ممان خمشی یک دهانه از تیر یکسره تحت تأثیر بارهای سرویسی (بدون ضریب) نشان داده شده است. اگر ممان ترک‌خوردگی تیر برابر M_{cr}، ممان اینرسی کل مقطع بتنی با صرفنظر از آرماتور برابر I_g و ممان اینرسی مقطع ترک خورده تیر برابر I_{cr} باشد، کدام گزینه تغییرات ممان اینرسی در طول دهانه تیر را بهتر نشان می‌دهد؟ **(مهندسی عمران ۷۷)**



۱) 

۲) 

۳) 

۴) 

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 می خورد. 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 بنابرین در این قسمتها تیر ترک نمی خورد. و گزینه ۱ صحیح است.

۳۳ـ در اکثر تیرهای بتن آرمه لنگری که باعث ایجاد نخستین ترک می‌شود: **(مهندسی عمران ۷۲)**

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

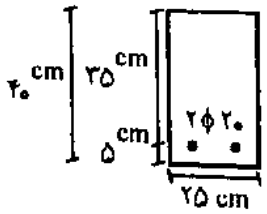
گزینه ۱

۲۶-وقتی که بارهای حداکثر سرویس (بهره‌برداری) به یک تیر بتن آرمه وارد می‌شود لنگر حداکثر ایجاد شده در تیر: **(مهندسی عمران ۷۴)**

۱) بیشتر از لنگر ترک‌خوردگی است.
۲) کمتر از لنگر ترک‌خوردگی است.
۳) خیلی کمتر از لنگر ترک‌خوردگی است.
۴) برابر لنگر ترک‌خوردگی 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 گفتم تیرها تحت این بارها ترک می خورند.

حداکثر لنگر خمشی اسمی که مقطع روبرو می‌تواند تحمل کند بدون آنکه ترک خمشی در آن رخ دهد، چیست؟ **(مهندسی عمران آزاد ۸۰)**

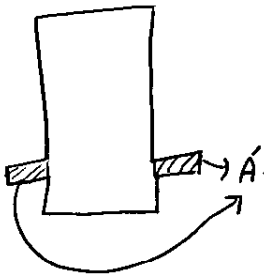


f_y تنش تسلیم فولاد $= ۴۰۰۰ kg/cm^۲$
f'_c مقاومت ۲۸ روزه سیلندری بتن $= ۲۱۰ kg/cm^۲$
f_r تنش مقاومت گسیختگی بتن *(rupture)* $= ۴۲ kg/cm^۲$
وزن مخصوص بتن $\omega = ۲۴۰۰ kg/cm^۳$ یعنی بتن معمولی است.

۱) نزدیک به ۳ تن‌متر
۲) نزدیک به ۹ تن‌متر
۳) نزدیک به ۲ تن‌متر
۴) نزدیک به ۶ تن‌متر

$$M = (42) \times \frac{I}{c} \rightarrow M = 42 \times \frac{(25 \times 40^3/12)}{20} = 280000 kg.cm = 2.9 t.m.$$

راحل دقیق‌تر:



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

$$\bar{y} = \frac{(25 \times 40) \times 20 + A' \times 5}{25 \times 40 + A'} = 19.3 \rightarrow I = \frac{25 \times 40^3}{12} + (25 \times 40) \times 0.7^2 + A' \times (19.3 - 5)^2 = 143747$$

$$\frac{Mc}{I} (42 \rightarrow M (\frac{42 \times 143747}{20.7} = 29166 kg.cm = 2.9 t.m.$$

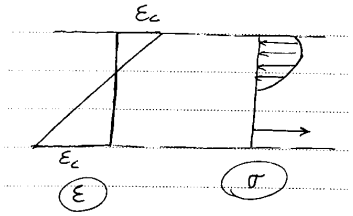
۳-۲- لنگر نهایی مقطع

فرضیات:

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)

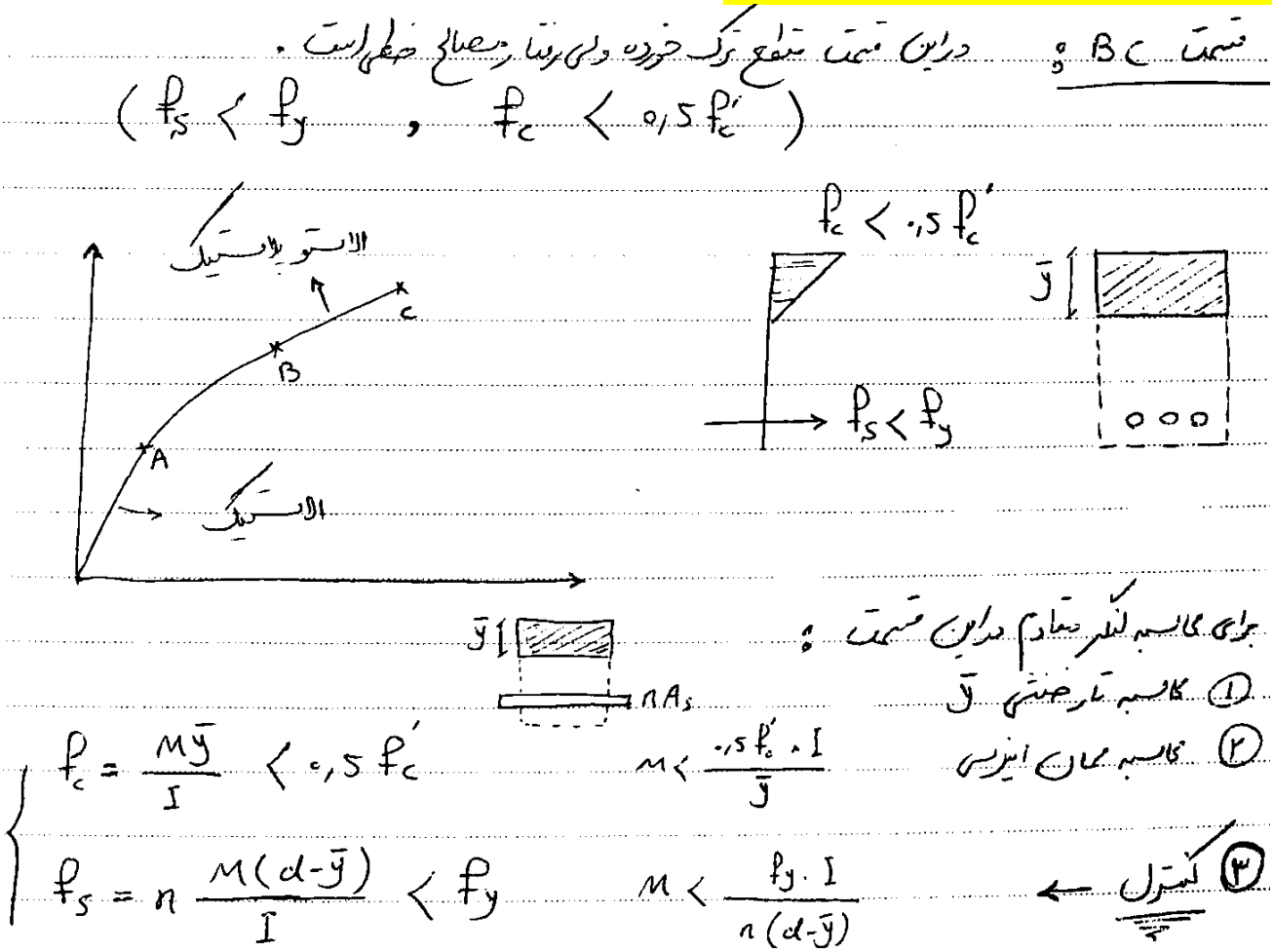
۲- معیار خرابی بتن رسیدن به f'_c نیست!!! بلکه رسیدن کرنش ها به $\varepsilon_{cu}=0.0035$ است.

۳- فولاد و بتن پیوسته هستند (فولاد در بتن نمی لغزد چون آجدار است)



مفهوم نمودار لنگر - انحنا

لنگر الاستوپلاستیک (ناحیه پس از ترک خوردگی):



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 ۸۱)

$f_y = ۴۰۰۰ kg/cm^۲$

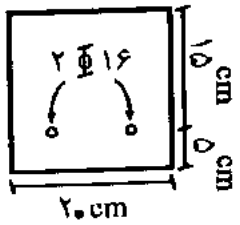
$f'_c = ۲۲۵ kg/cm^۲$

۱) حدود ۱/۶ تن متر

۲) حدود ۱/۸ تن متر

۳) حدود ۲/۱ تن متر

۴) حدود ۲/۴ تن متر



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

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

$$x(200) \times \frac{x}{2} = 3390 \times (150 - x) \rightarrow x = 56mm$$

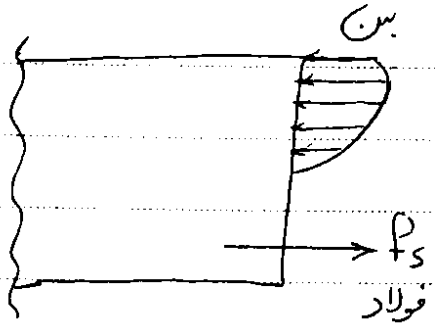
$$I = 3390 \times (150 - 56)^2 + \frac{1}{3}(200 \times 56^3) = 4.16 \times 10^7$$

$$M < \frac{0.5 f'_c I}{56} \cong 8.4 \times 10^6 N.mm = 0.84\ t.m$$

$$M < \frac{f_y I}{n(150 - 56)} \cong 21 \times 10^6 N.mm = 2.1\ t.m$$

لنگر نهایی (ناحیه پس از الاستوپلاستیک):

لنگر نهایی مقطع:



✓ دیاگرام تنش بتن برخلاف حالت قبلی خطی نیست چون از $f_c' \times 0.8$ رد شده ایم.

✓ در تعیین لنگر نهایی، بتن به مقاومت نهایی خود می‌رسد ولی فولاد ممکن است به f_y برسد و یا نرسد

✓ با وجود اینکه تنش بتن غیرخطی است ولی کرنش ها خطی هستند.

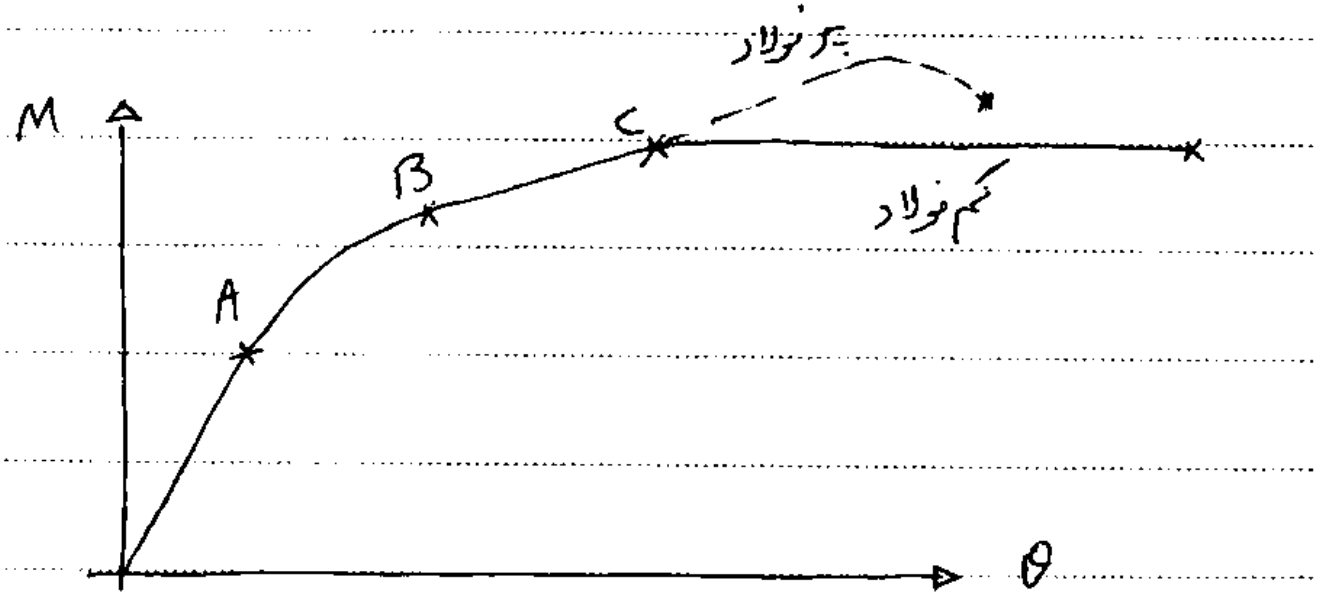
* پس از نقطه A دو حالت داریم:

① مساحت فولاد کششی زیاد بوده و تنها بتن خرد می‌شود. بدون اینکه فولاد تسلیم شود.

② مساحت فولاد کم بوده و ابتدا فولاد تسلیم شده سپس بتن خرد می‌شود.

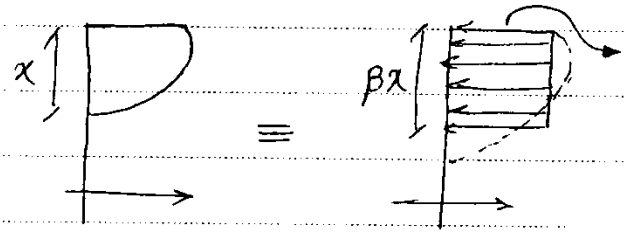
* مقطع حالت اول را مقطع پر فولاد می‌نامند. ← این نامه مجاز نمی‌داند

* " " دوم " کم فولاد " ← تشکیل پذیرتر



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

* روش وینتر (روش مستطیل معادل)



طول و عرض مستطیل را طوری انتخاب می‌کنیم که:

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

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

معمولاً در سؤالات داده می‌شود

$\alpha \simeq \beta \simeq 0.85$

آئین نامه قدیم

$\alpha = 0.85 - 0.0015 f'_c$

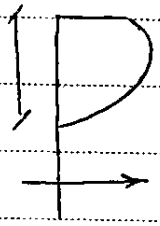
$\beta = 0.97 - 0.0028 f'_c$ → آئین نامه جدید

$f'_c = 25\ mpa \longrightarrow \begin{matrix}\alpha = 0.8 \\ \beta = 0.9\end{matrix} \longrightarrow A_c = \alpha\beta x f'_c$

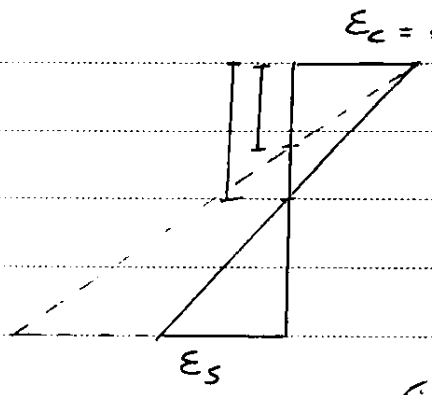
$A_c = 0.72\, x f'_c$

$\begin{matrix}\alpha = 0.85 \\ \beta = 0.85\end{matrix} \longrightarrow A_c = 0.72\, x f'_c$

تار خنثی:



x ← ارتفاع تار خنثی (تنها ای که مقطع نه تحت فشار است نه تحت کشش)



بررسی عوامل موثر در ارتفاع x:

✓ با افزایش کرنش فولاد در لحظه جاری (لنگر نهایی) مقدار x کاهش می‌یابد.

✓ فولاد و بتن مانند دو باری کشش و فشار عمل می‌کنند ← چون لنگر خالص را بررسی می‌کنیم، نیروی فشاری بتن (C) همیشه برابر کشش فولاد (T) خواهد بود $C=T$

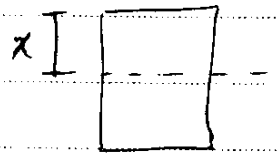
✓ هرچه بتن قوی‌تر باشد ← فولادها بیشتر تسلیم می‌شوند ← $x\downarrow$ (کاهش می‌یابد)
زودتر تسلیم می‌شوند.

افزایش
$x\uparrow$ ← فولادها دیرتر تسلیم می‌شوند ← $\uparrow f_y$ ← $x\downarrow$ (کاهش) ← $\uparrow f_c'$

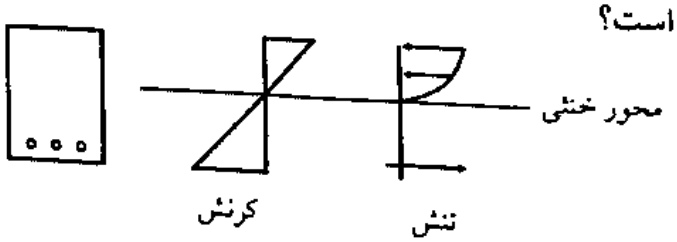
$x\uparrow$ ← " " " ← $\uparrow A_s$ (مساحت میلگرد کشش) ← $x\downarrow$ ← $\uparrow b$ (عرض مقطع)

هرچه بتن قوی‌تر باشد تار خنثی را به طرف خودش می‌کشد.
هرچه فولاد قوی‌تر باشد تار خنثی را به طرف خودش می‌کشد.

نکته: منظور از عمق تار خنثی، $\frac{x}{2}$ می‌باشد



دیاگرام‌های تنش ـ کرنش مربوط به مقطع بتن مسلح شکل زیر که تحت لنگر خمشی خالص قرار دارد، مطابق شکل زیر رسم شده‌اند. اگر این دیاگرام‌ها مربوط به لنگر خمشی نهایی اسمی (*nominal*) مقطع باشند، کدام گزینه صحیح است؟ (مهندسی عمران آزاد ۸۱)



۱) دیاگرام تنش اشتباه است ولی دیاگرام کرنش صحیح است.
۲) هم دیاگرام تنش و هم دیاگرام کرنش هر دو اشتباه‌اند.
۳) دیاگرام تنش صحیح است ولی دیاگرام کرنش اشتباه است.
۴) هم دیاگرام کرنش و هم دیاگرام تنش صحیح می‌باشند.

گزینه ۱. دیاگرام کرنش در همه حالات بارگذاری (چه ناحیه خطی و چه ناحیه غیرخطی) به صورت خطی درنظرگرفته 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.

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

۱) ارتفاع این بلوک تنش مستطیلی معادل برابر است با موقعیت تار خنثی 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 بتنی 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 می‌دهد.

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 برایند یا همان محل اثر بلوک مستطیلی با محل اثر نیروی ناشی از تنش های واقعی یکسان باشد.

۱۰ـ در طراحی مقاطع بتن آرمهٔ تحت خمش، در کدامیک از حالات زیر، نمودار کرنشها به صورت خطی در نظر گرفته می‌شود؟ **(مهندسی عمران ۷۹)**

۱) حالات حدی **۲) مقاومت نهایی** **۳) تنش‌های مجاز** **۴) هرسه روش مذکور**

گزینه ۴. دیاگرام کرنش در همه حالات بارگذاری (چه ناحیه خطی و چه ناحیه غیرخطی) به صورت خطی درنظرگرفته می شود (به تعریف اصل برنولی در داخل متن مراجعه شود)

آزاد ۸۹

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

۱) با افزایش مقاومت مشخصه بتن، محور خنثی به سمت فولاد کششی نزدیک می‌شود.

۲) با کاهش میلگرد مقطع، محور خنثی به سمت دورترین تار فشاری بتن حرکت می‌کند.

۳) با تبدیل میلگردهای مقطع از نوع AII به AIII ، محور خنثی در ناحیهٔ پلاستیک به سمت بالا حرکت می‌کند.

٤) در هر وضعیت بارگذاری، توزیع تنش فشاری غیر خطی در بتن ایجاد می‌شود.

گزینه ۲ صحیح است: با کاهش سطح مقطع فولاد، فولاد ضعیف شده و تار خنثی از آن (از فولادها) دور شده به سمت بتن می رود. (همیشه بتن 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 $0.45f_c$ فراترنرود، توزیع تنش در بتن خطی خواهد بود.

سراسری ۹۰

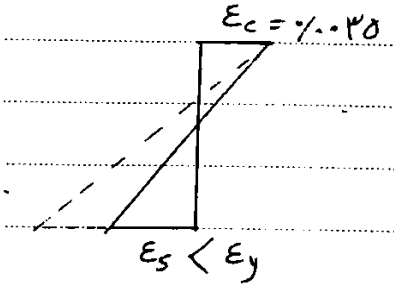
۱۲۰- مهم‌ترین عامل غیرخطی بودن رفتار تغییر شکل کوتاه مدت تیر بتن آرمه تحت بار سرویس کدام است؟

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

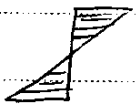
۳-۳- مقاطع کم فولاد و پر فولاد

فولاد حداقل و حداکثر:



✓ اگر مقدار A_s از یک حد مشخص بیشتر شود فولادها در لحظه شکست جاری نمی‌شوند یعنی تنش در فولاد به F_y نمی‌رسد.

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



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

$$M_{\text{نهایی}} < M_{cr}$$

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

در طراحی اعضای بتنی باید مقطع ترد شکن نباشد، در حالت ذکر شده در بالا مقطع بصورت ناگهانی می‌شکند.

↓

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

* مقدار حداقل فولاد براساس آئین نامه :

$$\text{درصد آرماتور } \rho = \frac{A_s}{bd} \geq \text{Max}\left\{ \frac{1.4}{F_y}\ (F_y \text{ بر حسب MPa}),\ \frac{\sqrt{f'_c}}{4F_y} \right\}$$

b: عرض مقطع — d: ارتفاع موثر 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 می‌توان این شرط را رعایت نکرد.

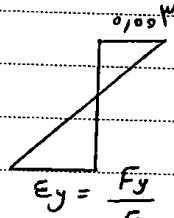
مثلاً اگر $A_{s\,min} = 2\,cm^2$ است و براساس محاسبات تنها مقدار A_s لازم برای مقطع $1\,cm^2$ است، می‌توان $1.33\,cm^2$ آرماتور قرار داد.

نکته: برای پی ها و دالها حداقل آرماتور حرارتی نیز باید رعایت شود.

حداکثر فولاد:

Photo 1.6 Overreinforced wall panel shear failure, Northridge earthquake, 1994. (Courtesy of Englekirk Partners, Inc.)

* فولاد بالانس یا متعادل ؟ ← مقدار فولادی است که مقطع هنگام شکست نهایی همزمان با رسیدن کرنش بتن به کرنش نهایی در دورترین تارفشاری، کرنش در دورترین آرماتور کششی به کرنش جاری شدن فولاد برسد



✓ اگر فولاد کششی بیشتر از فولاد بالانس باشد ، فولادهای کششی جاری نمی‌شوند ← مقطع پرفولاد / مقطع تردشکن

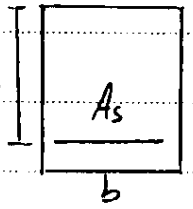
✓ " " کمتر از مقدار فولاد بالانس " جاری می‌شوند ← مقطع کم فولاد / " نگل پذیر

* مقطع کم فولاد ؟ آیین نامه مقطع کم فولاد را اجباری می‌کند.

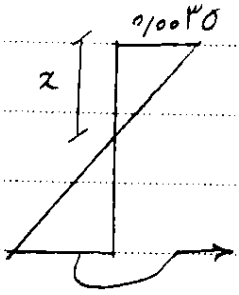
$\frac{1.4}{F_y} < \frac{A_s}{bd} < \rho_b$ ← حداکثر فولاد مجاز ⇒ مقطع کم فولاد

$\frac{1.4}{F_y}$ ← حداقل فولاد مجاز

$\left(\frac{\sqrt{f'_c}}{4F_y}\right)$ $\qquad \frac{A_s}{bd} > \rho_b \Rightarrow$ مقطع پرفولاد

مثال : مقدار فولاد بالانس را برای 

تعیین کنید. $(A_{sb} = ?)$



① با فرض α

$$x = \frac{0.0035}{0.0035 + \frac{F_y}{2\times10^5}} d = \frac{700}{700 + F_y} d$$

قدم بعدی ← $C = T$ $\qquad C = T$ ②

$$C = \underbrace{(\beta x) b}_{A_c} * \alpha f'_c$$

$$T = A_s \cdot F_y$$

$$\Rightarrow A_s = \frac{(\alpha\beta)(xb) f'_c}{f_y}$$

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

جایگذاری ← $\rho_b = \frac{\alpha\beta f'_c}{F_y}\left(\frac{7000}{7000+F_y}\right)$

برای طراحی باید از f'_{cd} و f_{yd} استفاده کنیم. ← $\rho_b = \alpha\beta\frac{f'_{cd}}{f_{yd}}\left(\frac{7000}{7000+F_y}\right)$ MPa

$f_y = \varepsilon_{00} \longrightarrow \varepsilon_y = \frac{\varepsilon_{00}}{2\times10^5} = 0.002$

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

$$\rho_{max} = \text{Min}\left\{\begin{matrix}\alpha\beta\frac{0.65f'_{cd}}{0.85F_{yd}}\left(\frac{700}{700+F_y}\right)\\ \\ 0.025\end{matrix}\right\}$$

نکته: اگر f_y ↑ ← شکل پذیری مقطع ↓ ← (با افزایش f_y تا رخش پایین آمده و فولادها دیرتر تسلیم می شوند پس تردشکن تر می شود)

مقطع پرفولاد می شود ← ρ_b ↓

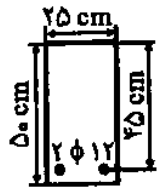
اگر A_s ↑ ← شکل پذیری کم می شود ↓ ، مقطع پرفولاد می شود

اگر f'_c ↑ ← تا رخش بالاتر می رود ← شکل پذیری ↑ ، مقطع کم فولاد تر می شود ← ρ_b ↑

شکل پذیری ↑
مقطع کم فولادتر
ρ_b = ثابت ولی ↑ A_{sb}

اگر ↑ b ← مانند اعتراض f'_c می‌باشد ←

یک مقطع مستطیلی با اطلاعات زیر داده شده است. مقاومت فشاری نمونه استوانه بتنی $f'_c=۲۵۰ kg/cm^۲$ مقاومت تسلیم فولاد $f_y=۲۵۰۰ kg/cm^۲$ (مهندسی عمران ۷۰)



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 غیرمسلح است.

۴) هیچکدام

$\rho=0$ ← مقطع بتنی غیر مسلح
ρ_{min} ← مقطع کم فولاد
ρ_{max} ← مقطع پر فولاد
$\rho=0.5$

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

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

} غیر مسلح است

۲۵ـ در مورد گسیختگی کششی (شکل‌پذیر) تیرهای بتنی کدامیک از گزینه‌های زیر مناسبتر است؟
(مهندسی 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

بر اساس آیین‌نامه *ACI* برای محاسبه مقدار فولاد متوازن *(Balanced)* در تیرهای مستطیل شکل بدون نیروی محوری، کدام اطلاعات لازم‌اند؟
(مهندسی عمران آزاد ۸۷)

۱) فقط مقاومت ۲۸ روزه بتن

۲) فقط مقاومت ۲۸ روزه بتن و تنش تسلیم فولاد

۳) فقط مقاومت ۲۸ روزه بتن، تنش تسلیم فولاد و مدول الاستیسیته فولاد

۴) فقط کرنش تسلیم فولاد و کرنش خرد شدن بتن و مدول الاستیسیته فولاد

گزینه ۲

۳۱ـ در یک مقطع خمشی منظور از حالت بالانس (متعادل) چیست؟ (مهندسی عمران ۷۷)

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

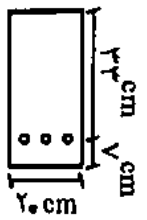
۲) هنگامی که بتن فشاری به تغییر شکل نهایی خود می‌رسد فولاد کششی نیز به تغییر شکل نهایی خود برسد.

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

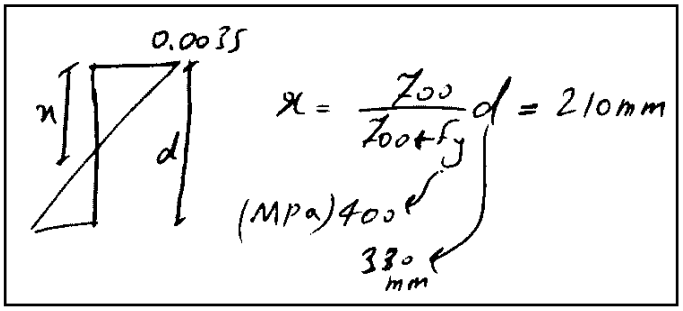
۵۷ـ درصد فولاد متوازن ρ_b برای مقطع زیر چه مقدار است؟ (مهندسی عمران آزاد ۸۱)



$f'_c = ۴۲۰ kg/cm^۲$

$f_y = ۴۰۰۰ kg/cm^۲$

۱) ۰/۰۴۵۶ ۲) ۰/۰۳۸۶ ۳) ۰/۰۰۴۱ ۴) ۰/۰۴۰۶



گام ① ← محاسبه x

گام ② ←

$C=T \Rightarrow (\alpha\beta)(xb)f'_c = A_s \times f_y$

f'_c: مقاومت بتن — f_y

α و β را اندازه‌ی بلوک تنش هم‌ارز 0.85 در نظر می‌گیریم

$0.85^2 (210 \times 200) \times 42 = A_s \times 400 \rightarrow A_s = 3186.22\ mm^2$

(x: 210، b: 200)

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

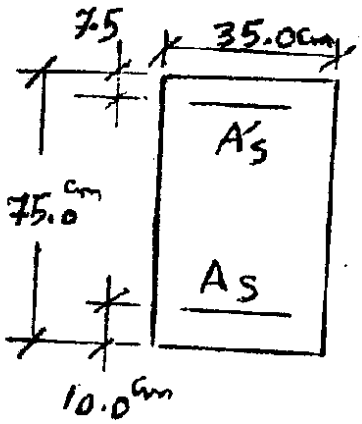
حل با آیین‌نامه قبلی ←

$x = \frac{600}{600+f_y} d = 198 \rightarrow 0.85^2 (210 \times 200) \times 42 = A_s \times 400 \rightarrow A_s = 3004 mm^2$

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

سراسری ۹۰

۱۱۷- مقدار A_S (فولاد کششی) مقطع نشان داده شده، برای اینکه همزمان با رسیدن بتن به کرنش ۰/۰۰۳، فولاد فشاری به جاری شدن برسد با فرضیات زیر، چند سانتی‌متر مربع است؟



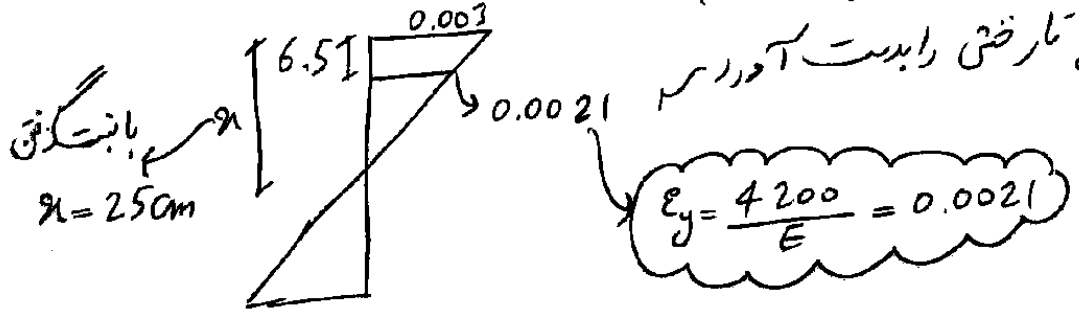
- استفاده از بلوک تنش مستطیلی ویتنی
- ارتفاع بلوک $a = 0/8x$
- x فاصله از تار خنثی تا آخرین تار بتن در فشار
- تنش فشاری ماگزیمم بتن $0/85f_c$
- مبنای جاری شدن فولاد f_y
- ضرائب اطمینان مقاومت مصالح برابر با یک فرض می‌شوند.

$f_c = 350/0 kgf/cm^2$ $E_s = 2\times10^6 kgf/cm^2$

$f_y = 4200/0 kgf/cm^2$ $A'_s(\text{فشاري}) = 9/82cm^2$

۱) ۵۸/۷۱ ۲) ۵۰/۲۶ ۳) ۶۵/۳۴ ۴) ۷۰/۴۵

117 گفته در لحظه خرابی ($\varepsilon_c = 0.003$) آرماتور کمی فشاری به تسلیم می‌رسد، پس می‌توان ارتفاع تار خنثی را بدست آورد.



$\varepsilon_y = \frac{4200}{E} = 0.0021$

حال ارتفاع x بدست آمد، از رابطه $C = T$ استفاده می‌کنیم:

$$[0.85\times350\times35\times20 + 9.82\times(4200 - 0.85\times350)] = A_s\times4200$$

f_c عرض مقطع

$a = 0.8x = 20cm$

به جای کاهش مساحت بتن بعلت وجود فولاد فشاری، می‌توان f_y فولاد را با اندازه $0.85f_c$ کاهش داد.

$$\Rightarrow A_s = 58.71 cm^2$$

اگر $f_y=4200 kg/cm^2$ و $f'_c = 210 kg/cm^2$ به ترتیب مقاومت‌های کششی تسلیم فولاد و فشاری ۲۸ روزه سیلندری بتن باشند، در آن صورت میزان فولاد متوازن *(balanced)* برابر است با:

(مهندسی عمران آزاد ۸۰)

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

$$x_b = \frac{700}{700+f_y} d = 0.625 d \quad \leftarrow \text{گام (1)}$$

420

$$C=T \Rightarrow (\alpha\beta)\times(x_b\, b)\, f'_c = A_s \times f_y \quad \leftarrow \text{گام (2)}$$

0.85²

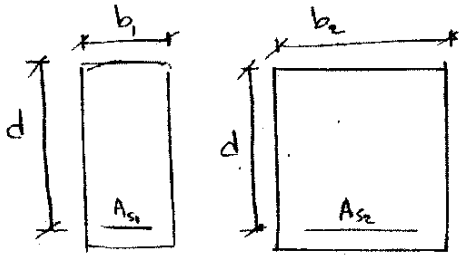
$$\longrightarrow 0.85^2 (0.625 d\, b)\, 21 = A_s \times 420 \longrightarrow \frac{A_s}{bd} = 0.0226$$

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

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

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 $\frac{\rho_{b1}}{\rho_{b2}}$ صحیح است؟ (ρ_b نسبت آرماتورهای متوازن (بالانس) می‌باشد)



۱) $\frac{\rho_{b1}}{\rho_{b2}} = 1$

۲) $\frac{\rho_{b1}}{\rho_{b2}} < 1$

۳) $\frac{\rho_{b1}}{\rho_{b2}} > 1$

۴) اطلاعات کافی نمی‌باشد.

$$(\alpha\beta)(x_b\, b)\, f'_c = A_s f_y \longrightarrow \rho_b = \frac{(\alpha\beta)\frac{x_b}{d} f'_c}{f_y}$$

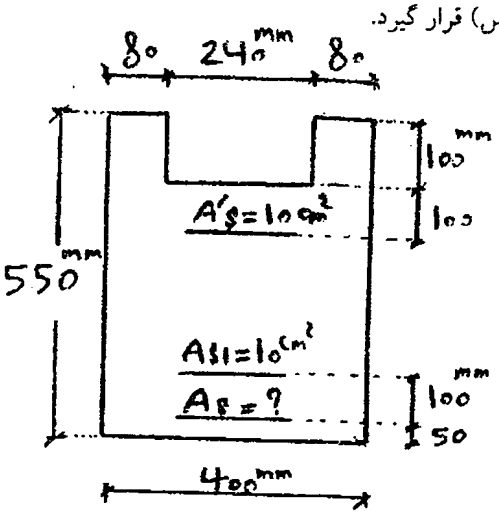
$$\rho_b = \frac{(\alpha\beta)\, 700 f'_c}{(700+f_y) f_y}$$

✓ ρ_b تنها به f'_c، f_y بستگی دارد.

ولی A_{sb} به b و d بستگی دارد.

آزاد ۸۹

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



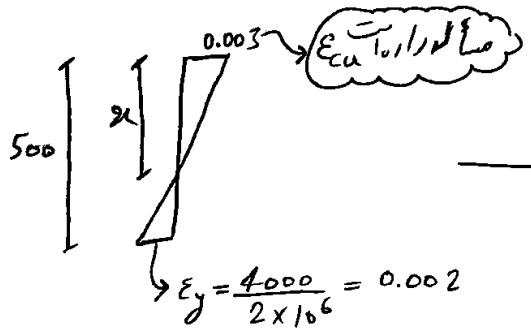
$E_S=2\times10^6 kg/cm^2$ $\varepsilon_{cu}=0.003$ $\beta_1=0.7$ $A_{S1}=A'_S=10cm^2$

$f_y=4000kg/cm^2$ $f'_c=500kg/cm^2$ $\phi_S=0.85$ $\phi_c=0.6$

۱) $20\ cm^2$ ۲) $30cm^2$

۳) $55cm^2$ ۴) $45\ cm^2$

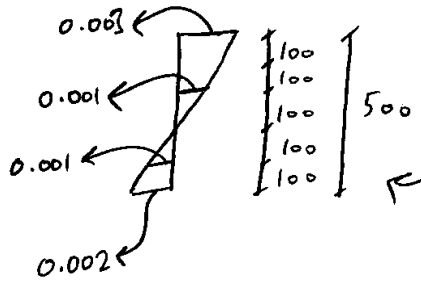
۱۳۲ در هر قسمتی که صحبت از حالت متوازن (بالانس) بود بهتر است ابتدا تارفتن را بدست آوریم:

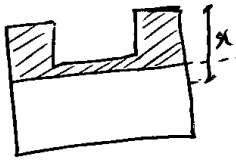


$$\longrightarrow x=\frac{0.003}{0.003+0.002}\times500=300\ mm$$

پس از یافتن x، باید نیروی کششی و فشاری را بدست آورده و از رابطه $C=T$ استفاده کنیم

برای این منظور باید کرنش فولادها را بدست آوریم:





(نیروی فشاری بتن) $C=$ سطح بتن $\times\phi_c\times(0.85f'_c)=(21\times40-24\times10)\times0.6\times0.85\times500=153000kg$

(نیروی فولاد فشاری) $(F_{A'_S})=(A'_S)\times\phi_S\times2000=10\times0.85\times2000=17000kg$

(A_{S1} نیروی فولاد) $(F_{A_{S1}})=(A_{S1})\times\phi_S\times2000=10\times0.85\times2000=17000\ kg$

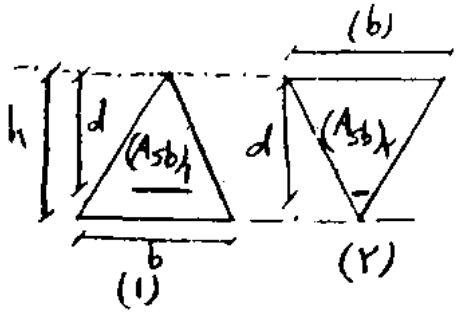
(A_S نیروی فولاد) $(F_{A_S})=(A_S)\times\phi_S\times4000=3400A_S$

$$\Rightarrow C+F_{A'_S}=F_{A_{S1}}+F_{A_S}\rightarrow153+17=17+3.4A_S\rightarrow\boxed{A_S=45}$$

آزاد ۸۷

۱۳۲- باتوجه به مقاطع تیر بتن آرمه نشان داده شده در شکل، فولاد متوازن مقطع (۱) چند برابر فولاد متوازن مقطع (۲) می باشد؟

($\varepsilon_{cu}=3\times10^{-3}$ ، $\varepsilon_y=2\times10^{-3}$ ، $\beta=0.8$ و $d=\frac{5}{6}h$، کلیه خصوصیات مصالح در هردو مقطع یکسان است)



۱) ۱ ۲) $\frac{1}{2}$

۳) $\frac{1}{4}$ ۴) $\frac{1}{3}$

گام ① محاسبه x_b ← روش سوکر فرمول $x_b=\frac{Z_{00}}{Z_{00}+f_y}d$ با فرض $\varepsilon_{cu}=0.0035$ بدست آمده و حول

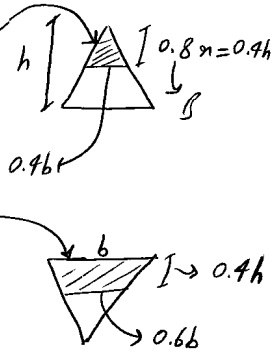
ما که مقدار ε_{cu} را برابر 0.003 معلوم کرده باید از رابطه زیر استفاده کنیم

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

گام ②

$C=T\Rightarrow(0.85)\times\left(\frac{0.4h\times0.4b}{2}\right)\times f_c=A_{sb}^{①}\times f_y$

$C=T\Rightarrow(0.85)(0.8b\times0.4h)\times f_c=A_{sb}^{②}\times f_y$

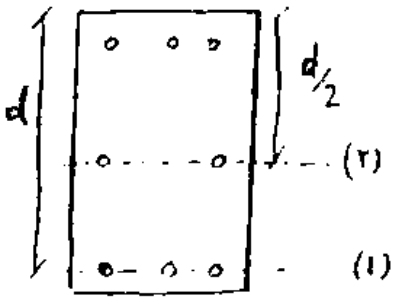


$$\frac{A_{sb}^{①}}{A_{sb}^{②}}=\frac{0.85\left(\frac{0.4h\times0.4b}{2}\right)}{0.85(0.8b\times0.4h)}=\frac{1}{4}$$

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) می باشد؟

($\varepsilon_{cu}=3\times10^{-3}$ کرنش نهایی بتن و $\varepsilon_y=2\times10^{-3}$ کرنش تسلیم فولاد، جنس و سطح مقطع کلیه آرماتورها یکسان فرض می گردد.)



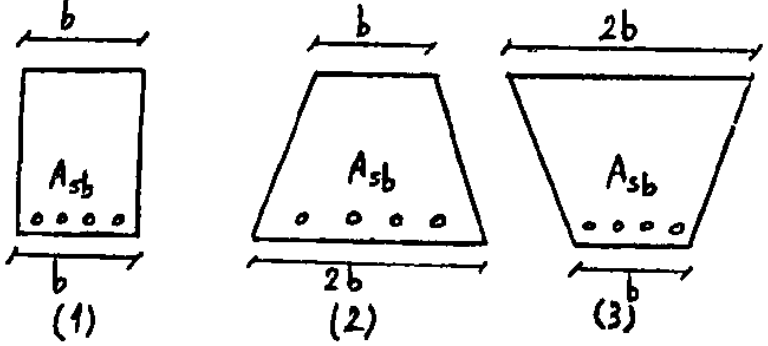
۱) ۶ ۲) ۴

۳) ۳ ۴) ۲

گزینه ۱

آزاد ۸۶

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)؟



۱) $(A_{sb})_1 = (A_{sb})_2 = (A_{sb})_3$

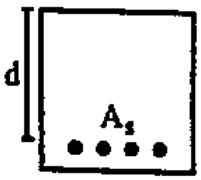
۲) $(A_{sb})_1 > (A_{sb})_2 = (A_{sb})_3$

۳) $(A_{sb})_3 > (A_{sb})_2 > (A_{sb})_1$

۴) $(A_{sb})_2 > (A_{sb})_3 > (A_{sb})_1$

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 تارخنثی 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.

۸ـ 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 $\varepsilon_s = \varepsilon_y = ۰/۰۰۲$ می‌باشد. چنانچه بخواهیم کرنش فولاد در موقع شکست $\varepsilon_s = ۳\varepsilon_y$ باشد، مقدار فولاد لازم تقریباً چند برابر A_s خواهد بود؟ (مهندسی عمران ۸۰)



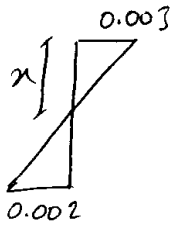
(کرنش نهایی بتن برابر ۰/۰۰۳ اختیار شود).

۱) ۰/۴۵

۲) ۰/۳

۳) ۰/۵۵

۴) ۱

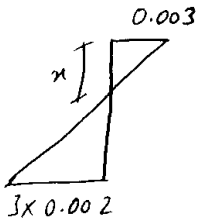


حالت اول

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

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

$\longrightarrow A_s = \frac{(\alpha_1 f_c)(\frac{3}{5}db)}{f_y}$



حالت دوم

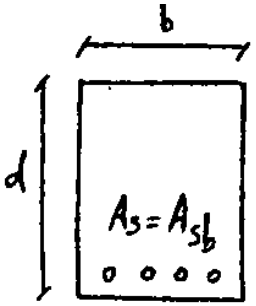
$x = \frac{3}{9}d$

$(\alpha_1 f_c)(\frac{3}{9}db) = A'_s f_y$

$A'_s = \frac{(\alpha_1 f_c)(\frac{3}{9}db)}{f_y}$

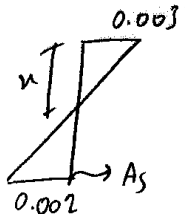
$\Longrightarrow A'_s = \frac{\frac{3}{9}}{\frac{3}{5}} A_s = \frac{5}{9} A_s = 0.55 A_s$

آزاد ۸۶



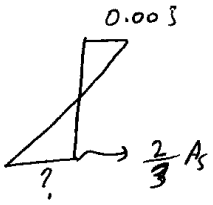
در یک تیر بتن آرمه با مقطع نشان داده شده در شکل، مقدار فولاد مقطع برابر با فولاد متوازن می باشد. در صورتیکه فولاد مقطع به $\frac{2}{3}$ مقدار کنونی آن کاهش یابد، کرنش آرماتورها (ε_s) برابر است با: ($\varepsilon_y = 0.002$ کرنش تسلیم فولاد، $\varepsilon_{cu} = 0.003$ کرنش نهایی بتن)

۱) $\varepsilon_s = \frac{2}{3}\varepsilon_y$ ۲) $\varepsilon_s = \frac{9}{4}\varepsilon_y$ ۳) $\varepsilon_s = \frac{3}{2}\varepsilon_y$ ۴) $\varepsilon_s = \frac{9}{2}\varepsilon_y$



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

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



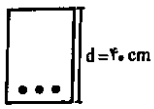
$x' = \frac{0.003}{0.003+?}d$

$(\alpha f)(x'b)f_c = \frac{2}{3}A_s f_y \rightarrow x' = \frac{2}{3}x \Rightarrow x' = \frac{2}{3}\left(\frac{3}{5}\right)d = \frac{2}{5}d$

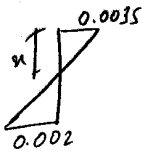
$\Rightarrow \frac{0.003}{0.003+?}d = \frac{2}{5}d \rightarrow ? = 0.0045 = \frac{9}{4}\varepsilon_y$

آزاد ۸۶

۱۴- در تیر شکل روبرو، در حالت مقاومت نهایی، کرنش فولاد (با سطح مقطع A_{s1}) برابر مقدار کرنش جاری شدن $\varepsilon_s = \varepsilon_y = ۰/۰۰۲$ می‌شود. اگر بخواهیم کرنش فولاد مقطع در حالت نهایی $\varepsilon_s = ۲\varepsilon_y$ شود، مقدار سطح مقطع ($A_{s۲}$) فولاد تقریباً چقدر باید باشد؟ (مهندسی عمران ۷۹)



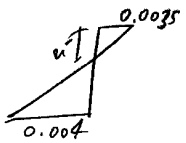
۱) $A_{s۲} = ۲A_{s۱}$ ۲) $A_{s۲} = A_{s۱}$
۳) $A_{s۲} = ۰/۷A_{s۱}$ ۴) $A_{s۲} = ۰/۳A_{s۱}$



حالت اول

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

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



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

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

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

$\frac{A_s}{A_{s1}} = \frac{\frac{3}{7}}{\frac{3}{5}} = 0.71$ ← اگر طبق آیین نامه قبلی با فرض $\varepsilon_{cu} = 0.003$ به جای 0.0035

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

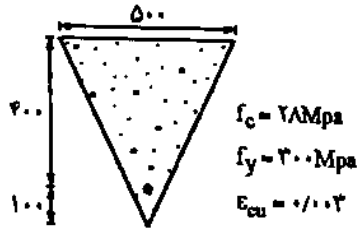
(بر اساس آیین نامه آبا)

۱) $۵۷۷۴ mm^۲$

۲) $۴۹۰۸ mm^۲$

۳) $۶۷۹۳ mm^۲$

۴) $۴۱۷۲ mm^۲$



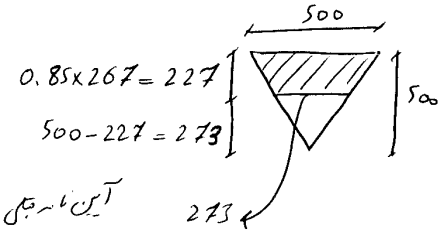
گفته براساس آبا ← بنابراین ضرایب کاهش ظرفیت باید منظور شود

$$x = \frac{0.003}{0.003 + 0.0015} \times 400 = 267\ mm$$

φ را ضرب نمی کنیم ←

$$C = T \Rightarrow \left[\left(\frac{500+273}{2}\right) \times 227\right](0.85 \times 0.65 \times 28) = 0.85 \times A_s \times 300 \longrightarrow A_s = 4519.5\ mm^2$$

مساحت ذوزنقه



$$C = T \Rightarrow \left[\left(\frac{500+273}{2}\right) \times 227\right](0.85 \times 0.6 \times 28) = 0.85 \times A_s \times 300 \rightarrow A_s = 4172\ mm^2$$

← آیین نامه ای

۳-٤- ظرفیت خمشی مقطع

تعیین مقاومت نهایی مقطع کم فولاد

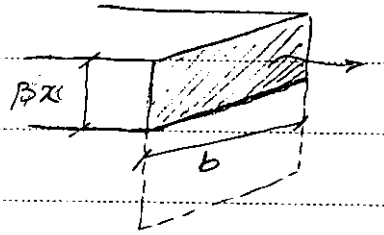
تحقیق ۱- محاسبه محل تار خنثی (x)

$$C = T \rightarrow A_s \cdot f_{yd} = (\alpha\beta)\, x \cdot b \cdot f'_{cd}$$

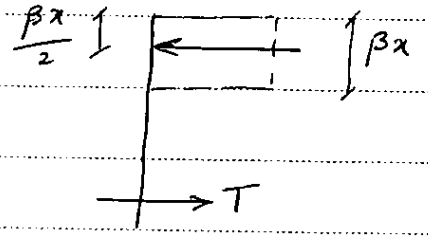
$$\rightarrow x = \frac{A_s \cdot f_{yd}}{\alpha\beta\, b\, f'_{cd}}$$

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 اسمی مقطع ← نباید $۰/۸۵ f'_c$ و $۰/۸۵ f_y$ بگیریم.



$\rightarrow$ فشار $= \alpha f'_{cd}$



$$M = T * \left(d - \frac{\beta x}{2}\right) \quad -2$$

$$M = (A_s f_{yd})\, d\left(1 - \frac{A_s \cdot f_{yd}}{2\alpha b \cdot f'_{cd} \cdot d}\right)$$

$$M = A_s \cdot f_{yd} \cdot d\left(1 - \underbrace{0/59\, \rho \frac{f_{yd}}{f'_{cd}}}_{0/1 \text{ تا } 0/2}\right)$$

نکته: ظرفیت خمشی مقطع = ؟ ← $\begin{cases} f_y \to 0/85 f_y \\ f_c \to 0/65 f_y \end{cases}$

ظرفیت خمشی مقطع با فرض ← $\phi_s = \phi_c = 1$ $\begin{cases} f_y \to f_y \\ f_c \to f_c \end{cases}$

مقاومت نهایی خمشی مقطع ← از $0/85 f_y$ و $0/65 f_y$ استفاده می‌کنیم.

نکته: ظرفیت خمشی مقطع = ؟ ← $\begin{cases} f_y \to 0/85 f_y \\ f_c \to 0/65 f_y \end{cases}$

ظرفیت خمشی مقطع با فرض ← $\phi_s = \phi_c = 1$ $\begin{cases} f_y \to f_y \\ f_c \to f_c \end{cases}$

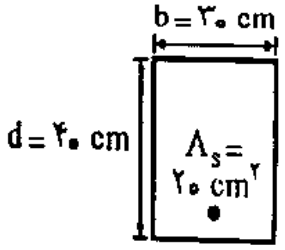
مقاومت نهایی خمشی مقطع ← از $0/85 f_y$ و $0/65 f_y$ استفاده می‌کنیم.

ظرفیت اسمی مقطع ← M_n (ضرایب نباید ضرب شود).

مرسول رفیق $M_n = A_s f_{yd} d\left(1 - 0/59 \rho \frac{f_{yd}}{f_{cd}}\right)$

مرسول قدیمی $M_n = 0/9\, A_s f_y d$

۱۶ـ تیر بتن مسلح به عرض ۳۰cm و عمق مؤثر ۴۰cm را در نظر بگیرید. اگر تنش جاری شدن فولاد $f_y = 3000 kg/cm^2$ فرض شود، و مقاومت فشاری بتن $f'_c = 210 kg/cm^2$ 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؟



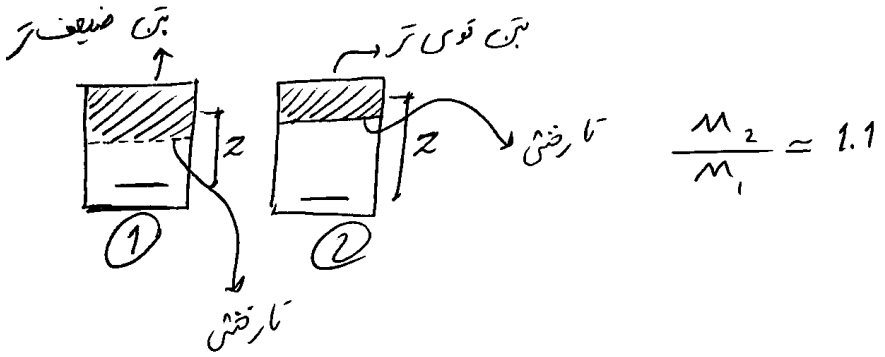
۱) $2/6 M_u$

۲) $2 M_u$

۳) $1/5 M_u$

۴) $1/1 M_u$

گزینه ۴. با توجه به فرمول M=(As)(Fy)(Z) مقاومت خمشی بستگی به سه پارامتر اصلی دارد: ۱-As ۲-Fy ۳-Z در تست فوق پارامتر های 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 در صد افزایش می یابد.

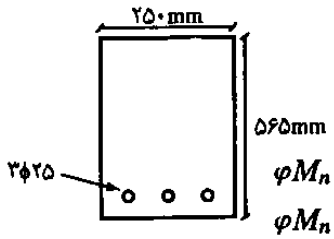


ظرفیت خمشی تیر زیر چقدر است؟ (مهندسی عمران آزاد ۸۴)

$d = ۵۰۰\ mm$

$f_x = ۲۰\ Mpa$

$f_y = ۴۰۰\ Mpa$



۱) $\varphi M_n = ۲۰۴\ kN.m$

۲) $\varphi M_n = ۱۰۵\ kN.m$

۳) $\varphi M_n = ۱۸۴\ kN.m$

۴) $\varphi M_n = ۲۲۵\ kN.m$

$\rho = \frac{3 \times 12.5^2 \times \pi}{500 \times 250} = 0.0117$ ← کم فولاد است! نرمال است

روش دقیق ←

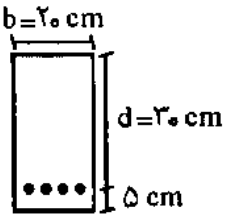
$$M_r = A_s(\varphi_s f_y)d\left(1 - \frac{1}{2\alpha}\gamma\frac{\varphi_s f_y}{\varphi_c f_c}\right)$$

$$= 3 \times 12.5^2 \times \pi \,(0.85 \times 400) \times 500\left(1 - \frac{1}{2 \times 0.85} \times 0.0117 \frac{0.85 \times 400}{0.65 \times 20}\right) = 205288349 = 205\ kN.m$$

روش تقریبی

$M_r = A_s(\varphi_s f_y)d \times 0.85 = 212793819\ N.mm = 212\ kN.m$

اگر مقاومت تسلیم کششی فولاد $f_y = ۴۲۰۰\ kg/cm^2$ مقاومت فشاری ۲۸ روزه سیلندری بتن $f'_c = ۲۱۰\ kg/cm^2$ و مقدار فولاد کششی برابر با $\rho = ۰/۰۰۵$ باشد، در آن صورت ظرفیت نهایی اسمی خمشی مقطع شکل روبرو برابر است با چه مقداری؟ (مهندسی عمران آزاد ۸۰)



۱) نزدیک به ۲ تن ـ متر

۲) نزدیک به ۴ تن ـ متر

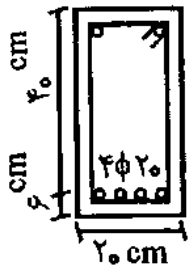
۳) نزدیک به ۵ تن ـ متر

۴) نزدیک به ۲/۵ تن ـ متر

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

دقیق $M_n = A_s f_y d\left(1 - \frac{1}{2 \times 0.85} \times 0.005 \frac{400}{20}\right) = 35576470 = 3.6\ t.m.$

400 300



مقاومت خمشی مقطع مقابل برابر است با: ($f_y = ۳۰۰۰ kg/cm^۲$ و $f'_c = ۲۵۰ kg/cm^۲$)

(مهندسی عمران آزاد ۸۱)

۱) ۱۲/۰۶ تن‌متر
۲) ۱۰/۰۶ تن‌متر
۳) ۱۴/۰۶ تن‌متر
۴) ۱۶/۰۶ تن‌متر

روش دقیق ←

$\rho = \frac{4 \times 3.14}{400 \times 200} = 0.0157$ → درصد آرماتور کششی (کم فولادی است)

$\rightarrow M_r = A_s (\varphi_s f_y) d \left(1 - \frac{1}{2\alpha} \rho \frac{\varphi_s f_y}{\varphi_c f'_c}\right)$ ($\alpha = 0.85$)

$= 4 \times 3.14 \times 0.85 \times 300 \{ \times 400 \times \left(1 - \frac{1}{2 \times 0.85} \times 0.0157 \times \frac{0.85 \times 300}{0.65 \times 25}\right) = 10954615\ N.mm = 11\ t.m.$

روش تقریبی ←

$M_r = A_s (\varphi_s f_y) \times 0.85 d = 10889200\ N.mm$

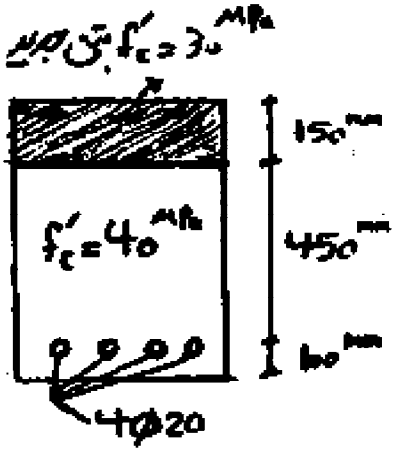
(4×3.14، 0.85، 300، 400)

ACI ←

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

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

آزاد ۸۸



۱۳۱- مقطع تیر بتن آرمه با ابعاد ۴۰۰×۵۵۰ میلیمتر موجود می باشد. برای تقویت مقاومت خمشی آن به ضخامت ۱۵ سانتیمتر بتن با مقاومت فشاری ۳۰ مگاپاسکال ($f'_c = 30$ Mpa) روی آن اجرا شده است. نسبت مقاومت خمشی مقطع در حالت جدید به حالت قدیم نزدیک به کدام گزینه است؟ (تنش فشاری بتن به صورت بلوک مستطیلی فرض شود. $f_y = 400$ Mpa)

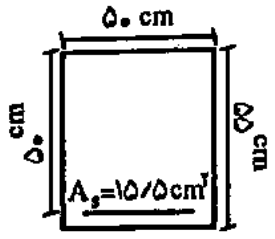
۱) ۱/۰
۲) ۱/۱
۳) ۱/۳
۴) بسته به ضرایب اطمینان دارد.

ارتفاع مؤثر مقطع $\frac{600}{450}$ برابر شده است → $d \rightarrow \times 1.33$

مقاومت بتن $\frac{30}{40}$ برابر شده است → $f'_c \rightarrow \times 0.75$

$\Rightarrow M \rightarrow \times 1.3$

اگر مقطع مقابل تحت لنگر خمشی معادل $3200\ kg.m$ قرار گیرد و در آن $f_y=3000\ kg/cm^2$ و $f'_c=250\ kg/cm^2$ باشد، مقطع: (مهندسی عمران آزاد ۷۹)



۱) ترک خواهد خورد

۲) ترک نخواهد خورد

۳) منهدم خواهد شد

۴) مقطع مناسب عمل خواهد کرد

$\rho=\frac{1550}{500\times500}=0.0062$

$\rho_{min}=Max\left\{\begin{matrix}\frac{1.4}{300}=0.0047\\ \frac{\sqrt{25}}{4\times300}=0.0042\end{matrix}\right\}\longrightarrow$ مقطع است

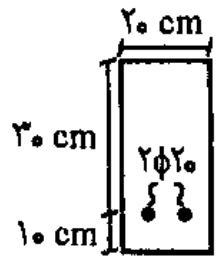
$M_{cr}=\frac{(0.6\sqrt{25})\times I}{c}=0.6\sqrt{25}\times\frac{55^2\times55}{6}=8.32\times10^7\ N.mm=8318\ kg.m$

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

۵۰ ـ ظرفیت نهایی خمشی مقطع شکل روبرو چه مقدار است؟ (مهندسی عمران آزاد ۸۶)

$f_y=4000\ kg/cm^2$ (تنش تسلیم فولاد)

$f'_c=200\ kg/cm^2$ (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

$\rho=\frac{2\times314}{300\times200}=0.01\longrightarrow$ رد نرمال است گفته شود در آینده از روش تقریبی استفاده می کنیم

$\longrightarrow M=0.85\times2\times314\times400\times0.9\times300=57650000\ N.mm=\boxed{5.765\ t.m}$

$M_n=A_s\,0.85\times f_y\,d\left(1-\frac{1}{2\times0.85}\times\frac{0.85\times400}{0.65\times20}\times0.01\right)=54201230\ N.mm$ روش دقیق

2×314 ، 400 ، 300

آزاد ۸۸

۱۳۲- در شرایط یکسان بودن سطح مقطع، ارتفاع و عمق مؤثر مقاطع نشان داده شده و با فرض استفاده از روش ویتنی (پلاک تنش معادل) مقدار فولاد کدام مقطع تحت لنگر خمشی مثبت بیشتر می باشد؟ (کلیه خصوصیات مصالح مقاطع یکسان است)

۱) ۲) ۳) ۴)

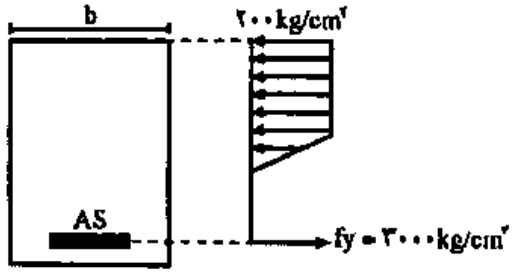
بهتر است ابتدا این سوال را مطرح کنیم که اگر مقدار مساحت فولاد در تمام مقاطع برابر باشد(ثابت=As)، کدام مقطع لنگر بیشتری را تحمل می کند؟ از آنجا که $M=A_sF_yZ$، تنها عامل تعیین کننده Z است یعنی وقتی فولاد مقاطع مختلف برابر باشد، هر مقطعی که Z (بازوی) بزرگتری داشته باشد قوی تر است. گزینه ۱ بیشترین Z را خواهد داشت. چون مساحت بتن فشاری آن از همه بیشتر است و در نتیجه:

مساحت بتن فشاری↑ ⟸ تار خنثی بالا میرود (به سمت بتن فشاری می رود) ⟸ Z افزایش می یابد.

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، ۴ و ۳ قوی هستند). در واقع در مقطع ۳ از آنجا که قسمت پایین (کششی) ترک می خورد ***بیخودی*** در پایین بتن قرار دادیم و قسمت بیشتر بتن هدر می رود!

حال برگردیم به تست!: از آنجا که وضعیت مقطع ۱ از همه بهتر است، برای تحمل یک لنگر ثابت نسبت به بقیه مقاطع می توان 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).

۲۴- در یک مقطع مستطیلی بتن آرمه متعادل با فولاد کششی تنها، توزیع تنش فشاری بتن به صورت ذوزنقه‌ای با حداکثر مقدار تنش $200\ kg/cm^2$ مطابق شکل می‌باشد. اگر سطح مقطع فولاد کششی دو برابر و عرض مقطع (b) نیز دو برابر شود، مقاومت خمشی مقطع: **(مهندسی عمران ۷۵)**



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 ما گفته)

$\rho_{اولیه} = \frac{A_s}{bd}$

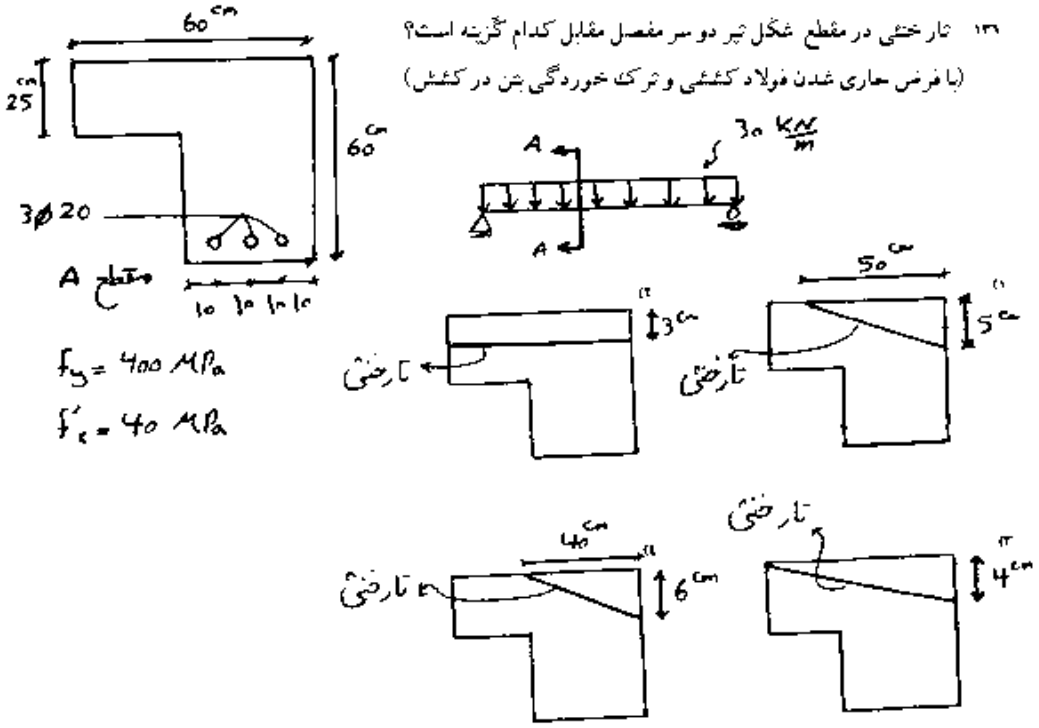
$\rho_{جدید} = \frac{2A_s}{(2b)d} = \rho_{اولیه}$ → با تغیرات اعمال شده، مقطع جدید نیز متعادل خواهد بود پس فولاد جاری می‌شوند

$A_s \uparrow^{\times 2} \rightarrow M \uparrow^{\times 1.9}$

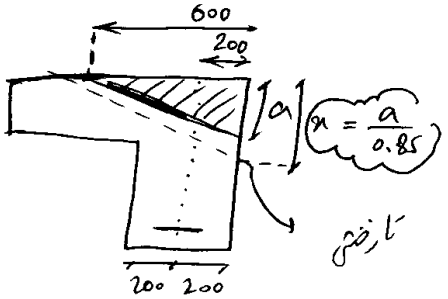
$b \uparrow^{\times 2} \rightarrow M \uparrow^{\times 1.1}$ → 2 برابر می‌شود

آزاد ۸۸

۱۳۶ تار خنثی در مقطع شکل تیر دو سر مفصل مقابل کدام گزینه است؟
(با فرض جاری شدن فولاد کششی و ترک خوردگی بتن در کشش)



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



$\frac{a \times 600 \times (0.85 \times 40)}{2} = 3 \times 314 \times 400 \longrightarrow a = 36.9\,mm$

$\longrightarrow a = \frac{a}{0.85} = 43.46\,mm$

$\rho = \frac{3 \times 314}{(600-50) \times 400} = 0.0043$

اگر گزینه خمش را خواسته بود سه

ممکن است مقطع غیرمسلح باشد و حول خود را گفته با فرض جاری نکردن و ترک خوردن بتنی به کنترل

$M_n = A_s f_y (d - \frac{a}{2}) = 3 \times 314 \times (550 - \frac{37}{2}) = 506482\,N.mm = 0.05\,t.m.$

آزاد ۸۸

۱۳۱- مقاومت خمشی متوازن نهایی یک مقطع مستطیلی با فولاد کششی تنها 4.8 ton.m می باشد. در صورتیکه عرض مقطع 250 mm باشد، ارتفاع مؤثر مقطع چه مقدار است؟ $(\beta_1 = 1)$

$0.85\phi_c f'_c = 20\,MPa$

$\phi_s f_y = 400\,MPa$

۱) 200 mm ۲) 400 mm ۳) 300 mm ۴) 630 mm

با توجه به اینکه گفته حالت متوازن ← مرای یابیم

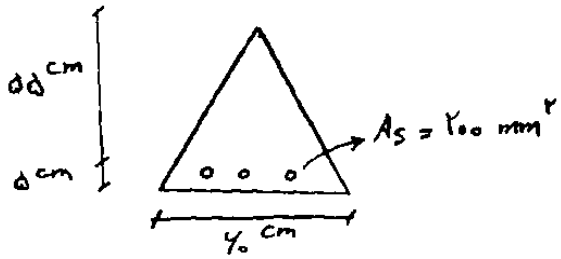
$$x = \frac{700}{700+f_y} d = \frac{700}{700+\frac{400}{0.85}} d = 0.598d$$

$$C = T \longrightarrow x \times 250 \times (0.85\,\phi_c f_c) = A_s\,\phi_s f_y \longrightarrow \boxed{7.475\,d = A_s}$$

$$4.8\times10^7 = A_s(\phi_s f_y)\,d\left(1-\frac{1}{0.85\times2}\times\frac{\phi_s f_y}{\phi_c f_c}\times\frac{A_s}{bd}\right) = 2990\,d\,(d-0.299\,d) \Rightarrow d = 150\,mm$$

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

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

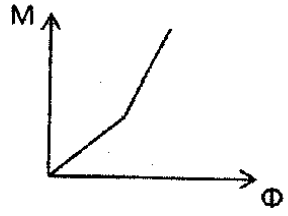


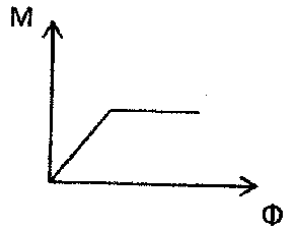
۱) بیش از ۵۰ درصد ۲) کمتر از ۵۰ درصد ۳) ۵۰ درصد ۴) تقریباً ثابت می ماند.

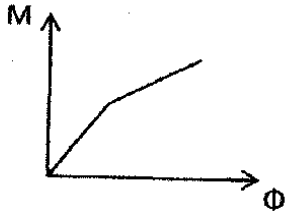
$A_s \uparrow \xrightarrow{\times 0.5} M \uparrow \xrightarrow{\times 0.55}$ ٪۴۵ کاهش می یابد

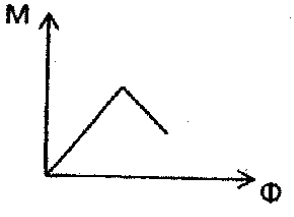
سراسری ۸۹

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

۱) 

۲) 

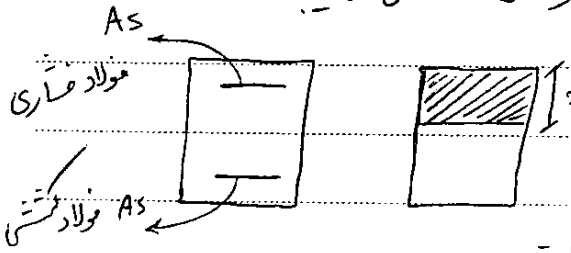
۳) 

۴) 

گزینه ۲

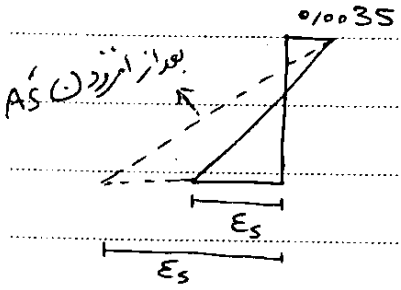
۳-۵- تاثیر فولاد فشاری

فولاد فشاری : با افزودن فولاد فشاری ← عمق تار خنثی کاهش می‌یابد



با افزایش فولاد فشاری ← شکل پذیری مقطع افزایش می‌یابد.

علت : با افزایش A'_s تار خنثی به سمت بالا حرکت کرده و مطابق شکل کرنش فولادهای کششی در لحظه خرابی افزایش می‌یابد. بنابراین مقطع شکل پذیرتر می‌شود.



نکته : فراموش نشود که معیار شکل پذیری ماده فولاد بستگی به ε_y آن تحت بارگذاری محوری دارد

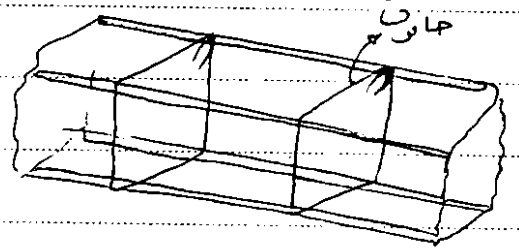
پس برای کم فولاد کردن مقطع می‌توان :

- ✓ مقدار مساحت A_s را کاهش داد
- ✓ می‌توان A'_s افزود و یا مساحت بتن فشاری را افزایش داد و یا f'_c را افزایش داد.

با افزودن فولاد فشاری ← خزش ↓ (خزش فشاری بتن ها کاهش می‌دهد چون در ملزمات خزش ناچیز است)

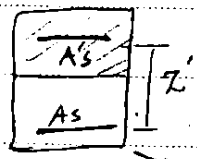
" " ← تغییر شکلهای بلند مدت ↓

نکته : فولاد فشاری می‌تواند به عنوان تکیه‌گاه آرماتورهای عرضی (خاموت) استفاده شود.

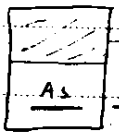


* تأثیر آرماتور فشاری بر مقاومت خمشی مقطع :

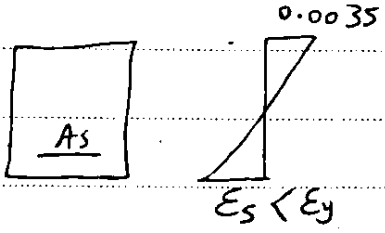
۱- مقطع کم فولاد (شکل پذیر) (مقدار لنگر حدوداً ۱۰٪ افزایش می‌یابد)



$M = A_s F_y \times 1.1 Z$



۲- مقطع پر فولاد (تردشکن)



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

همانطوریکه مشاهده می‌شود در مقطع پر فولاد، فولادهای کششی جاری نمی‌شوند و در عمل ظرفیت کامل آنها ($A_s f_y$) مورد استفاده قرار نمی‌گیرد، برای رفع این مشکل دو راه حل داریم :

(۱) افزایش ابعاد مقطع (قوی‌تر شدن بتن به علت افزایش مساحت آن و بالا رفتن تاریخچه و رفع مشکل)

(۲) افزودن فولاد فشاری ← با افزودن فولاد فشاری تاریخچه بالا رفته و فولاد کششی جاری می‌شود. لنگر مقاوم از مقدار $A_s F_s Z$ افزایش یافته تبدیل به $A_s f_y Z$ می‌شود.

نتیجه: (۱) با افزودن فولاد فشاری به مقطع کم فولاد، لنگر مقاوم آن کمی افزایش می‌یابد.

(۲) " " " پر فولاد " مقدار زیادی "

(۳) " " " " مقدار ρ_b (درصد آرماتور متعادل) افزایش می‌یابد.

(۴) طبق الزامات آیین نامه فولادگذاری حتماً باید در تکیه گاهی جاری شود ولی فولاد فشاری می تواند جاری شود یا نشود.

(۵) مقدار آرماتور حداقل ربطی به مقدار فولاد فشاری ندارد.

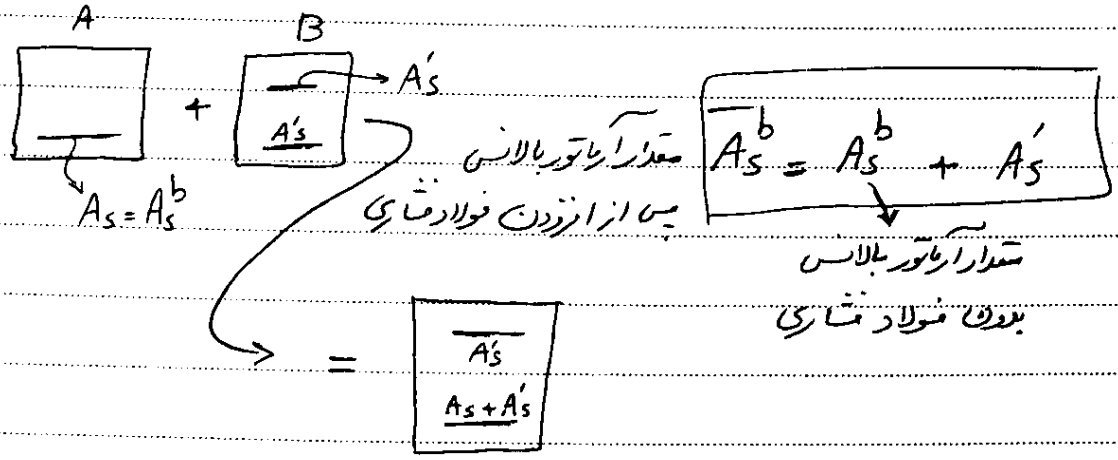
$$\rho_{min} = \left\{ \frac{1.4}{f_y} \;,\; \frac{\sqrt{f'_c}}{4 f_y} \right\}$$

$\bar{\rho}_b$: (درصد آرماتور مجاز) به اندازه این مقدار افزوده می شود.

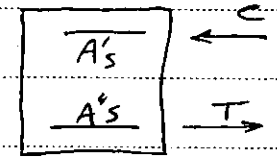
$$\bar{\rho}_b = \rho_b + \frac{f_s}{F_y}\rho' \qquad \rho' = \frac{A'_s}{b_w d}$$

(f_s: تنش فولاد فشاری)

* فرض کنید در مقطع A مساحت فولادکششی برابر حداکثر مقدار مجاز آن ($A_s = A_s^b$) باشد. اگر به این مقطع طابق مقطع B، آرماتور به مقدار A'_s به هر دو قسمت فشاری و کششی افزوده شوند می توان ادعا کرد که با شرط جاری شدن فولاد فشاری، فولادهای کششی در هر دو مقطع جاری می شوند، بنابراین:



* اگر فولاد فشاری جاری نشود در اینصورت در مقطع B خواهیم داشت:



$$C = T \rightarrow A'_s \times f_s = A''_s \times f_y$$

$$A''_s = \frac{f_s}{f_y} A'_s$$

$$\bar{A}_s^b = A_s^b + \frac{f_s}{f_y} A'_s$$

($\bar{A}_s^b$: جدید پس از افزودن A'_s ; A_s^b: مقدار مجاز کششی قبل از افزودن A'_s ; f_s: تنش فولاد فشاری ; f_y: تنش تسلیم)

۱۱ـ افزایش فولاد فشاری به یک مقطع خمشی بتن آرمه که با فولاد کم *(under reinforced)* طراحی شده است، ..... را ..... می‌دهد. **(مهندسی عمران ۷۹)**

۱) شکل‌پذیری تیر ـ کاهش

۲) مقاومت خمشی مقطع ـ کمی افزایش

۳) کرنش نهایی فشاری بتن ـ کمی کاهش

۴) مقاومت خشمی تیر ـ 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.

۳۰ـ 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 می‌توان کرد؟ **(مهندسی 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

۲ـ افزایش فولاد فشاری در یک مقطع خمشی بتن آرمه که با فولاد کم *(under reinforced)* طراحی شده است. **(مهندسی عمران ۸۲)**

۱) شکل‌پذیری تیر را کاهش می‌دهد.

۲) کرنش نهایی فشار بتن را کمی کاهش می‌دهد.

۳) مقاومت خمشی مقطع را کمی افزایش می‌دهد.

۴) مقاومت خمشی مقطع را به میزان قابل توجهی افزایش می‌دهد.

گزینه ۳

۱۹ـ 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) **(مهندسی عمران 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) حداکثربه اندازه A' نسبت به مقطع بدون فولاد فشاری افزایش می‌یابد.

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

گزینه ۳

۲۰ـ وجود آهن فشاری در تیر بتن مسلح باعث کدام پدیده خواهد شد؟ (مهندسی عمران 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

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

(مهندسی عمران ۸۱)

۱) اگر $\rho < \rho_b$ 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 می آید.

۲) جاری شدن فقط میلگرد فشاری بدست می آید.

۳) جاری شدن فقط میلگرد کششی بدست می آید.

٤) جاری شدن میلگرد فشاری و کششی بدست می آید.

گزینه ۴

۲۵ـ در محاسبه خیز دراز مدت در تیر بتن مسلح کدام عبارت صحیح نیست؟ (مهندسی عمران آزاد 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

در یک مقطع دوبله 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 دوبله آرمه $(\rho_{max})_2$ باشد، ظرفیت خمشی نهایی مقطع دوبله آرمه در کدام یک از حالات زیر تقریباً برابر با ظرفیت خمشی نهایی همان مقطع بدون فولادهای فشاری است؟ (مهندسی عمران ۷۴)

۱) $\rho < (\rho_{max})_2$

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

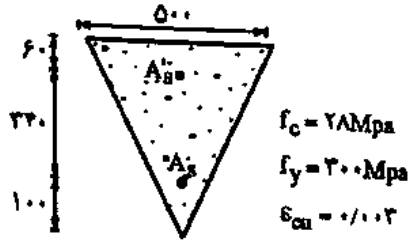
۳) $\rho < (\rho_{max})_1$

۴) $\rho > (\rho_{max})_1$

گزینه ۳

شرط حدی جاری شدن فولاد فشاری، A'_s، برای مقطع نشان داده شده در شکل زیر توسط کدامیک از گزینه‌های زیر بطور کامل بیان شده است. **(مهندسی عمران آزاد ۸۴)**

(بر اساس آیین نامه آبا)



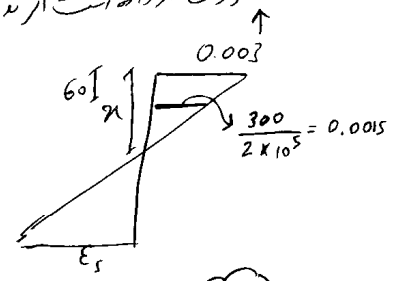
۱) $A_s - A'_s \geq ۲۱۸۰\ mm^۲$

۲) $A_s - A'_s \geq ۳۰۱۷\ mm^۲$

۳) $A_s - A'_s \geq ۱۸۵۳\ mm^۲$

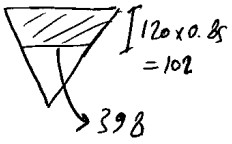
۴) $A_s - A'_s \geq ۲۵۶۵\ mm^۲$

خوبی کار راه است اگر ندهد باید 0.003 بگیریم



$\frac{0.0015}{x-60} = \frac{0.003}{x} = \frac{\varepsilon_s}{400-x} \Rightarrow \varepsilon_s = 0.007$

$x = 120$

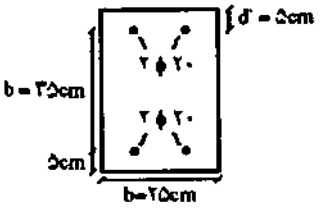


بنابراین فولاد کششی تسلیم می‌شود

آیین نامه قبل 0.6

$\longrightarrow C = T \Rightarrow \left[102\times\left(\frac{398+500}{2}\right)\times0.85\times0.65\times28\right] + A'_s\times(0.85\times300) = A_s\times(0.85\times300) \longrightarrow A_s - A'_s = 2778$

در مورد مقطع مستطیلی شکل روبرو، اگر تنش تسلیم میلگردها برابر با $f_y = ۴۰۰۰ kg/cm^۲$ و تنش مقاومت ۲۸ روزه سیلندری بتن برابر با $f'_c = ۴۰۰ kg/cm^۲$ باشد، در آن صورت اگر تار بالای بتن در فشار قرار گیرد. **(مهندسی عمران آزاد ۸۰)**



۱) فولادهای فشاری در محاسبهٔ مقاومت اسمی خمشی نهایی مقطع در نظر گرفته نمی‌شوند و عملاً بی‌اثر می‌باشند.

۲) بایستی فولادهای فشاری در محاسبهٔ مقاومت اسمی خمشی نهایی مقطع در نظر گرفته شوند زیرا ممکن است نوع زوال را تغییر دهند.

۳) وجود فولادهای فشاری، باعث کاهش مقاومت اسمی خمشی نهایی مقطع شده است زیرا مقدار فولادهای کششی و فشاری هر دو یکسان است.

۴) وجود فولادهای فشاری سبب افزایش قابل توجه مقاومت اسمی خمشی نهایی مقطع شده است.

$\rho = \frac{2\times314}{350\times280} = 0.0072 \rightarrow$ کم فولاد است $\Rightarrow$ وجود فولادهای فشاری تاثیری در افزایش M_n دارد (ناچیز)

۳۸ـ کدامیک جزء فواید استفاده از میلگرد فشاری نمی‌باشد؟ **(مهندسی عمران آزاد ۸۴)**

۱) افزایش شکل‌پذیری تیر
۲) تغییر نوع گسیختگی تیر
۳) راحتی ساخت و اجرا
۴) افزایش خیز دراز مدت تیر

گزینه ۴

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؟ (مهندسی عمران آزاد ۸۲)

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

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 می‌دهد.

۲) شکل‌پذیری تیر را کاهش می‌دهد.

۳) کنش نهایی فشاری بتن را کمی کاهش می‌دهد.

۴) مقاومت خمشی مقطع را به میزان قابل توجهی افزایش می‌دهد.

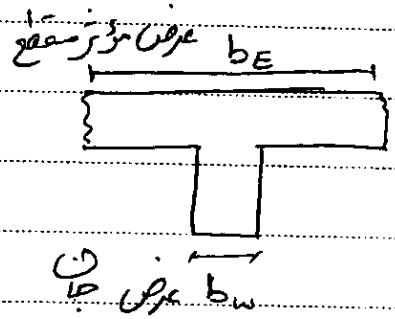
114

در مقاطع کم فولاد، با افزودن فولاد فشاری تنها تا رضی کمی به سمت بالا حرکت می‌کند و در نتیجه z به مقدار کمی (مثلاً ۱۰٪) افزایش می‌یابد و در نتیجه لنگر خمشی مقطع ($M = A_s f_y z$) افزایش می‌یابد. بالا رفتن تار خنثی همچنین باعث افزایش کرنش در فولاد کششی می‌شود و شکل‌پذیری افزایش می‌یابد. در مقاطع پرفولاد که کرنش نهایی بتن ثابت فرض می‌شود و افزودن فولاد فشاری تأثیری بر آن ندارد.

گزینه ۴ صحیح است

۳-۶- مقاطع T شکل

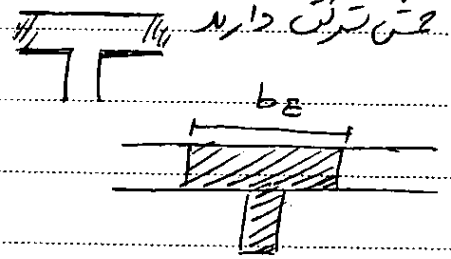
مقاطع T شکل:



- شکل پذیری ↑
- ρ_b ↑ ترک
- مقطع کم فولادتر
- عمق تار خنثی ↓ (بالا می رود)
- خنثی بلند مدت تغییر می کند.

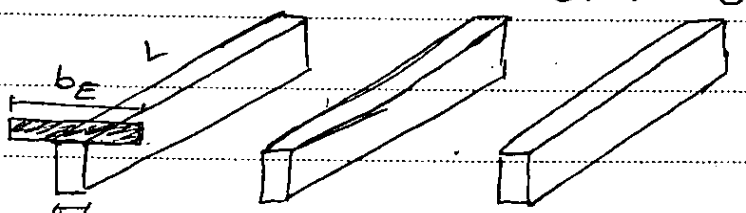
* در تیرهای T شکل باید جان و بال بصورت یکپارچه ریخته شود وگرنه باید ارتباط آنها به نحوی تأمین شود.

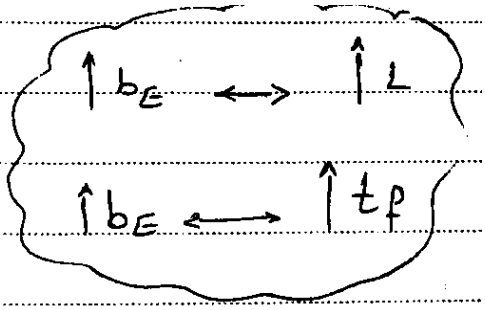
نحوه تعیین عرض موثر b_E: چون بتن های کناری کمتر در تحمل خمش شرکت دارند باید قسمتی از عرض بال را بعنوان عرض موثر در نظر بگیریم.



$$b_E = \text{Min}\left\{ \frac{L}{4} \text{ (طول آزاد تیر)},\ b_w + 16 t_f \text{ (ضخامت بال)},\ \text{مرکز به مرکز تیرها} \right\}$$

(b_w: عرض جان)

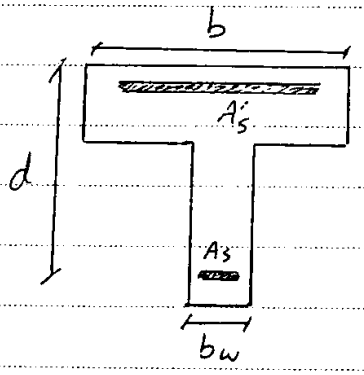




نحوه تعیین آرماتور حداقل در T شکل:

برای خمش +: $\frac{A_s \text{ پایین}}{b_w \cdot d} > \text{Max}\left\{ \frac{1.4}{f_y}, \frac{\sqrt{f_c}}{4 f_y} \right\}$

برای خمش -: $\frac{A_s \text{ بالا}}{b_E \cdot d} > \text{Max}\left\{ \frac{1.4}{f_y}, \frac{\sqrt{f_c}}{4 f_c} \right\}$



① $\frac{A_s}{b_w \cdot d} > \frac{1.4}{F_y}$?

② $\frac{A'_s}{b \cdot d'} > \frac{1.4}{F_y}$?

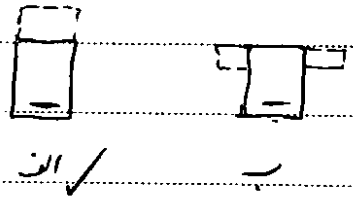
برای لنگر مثبت + ← ①

برای لنگر منفی − ← ②

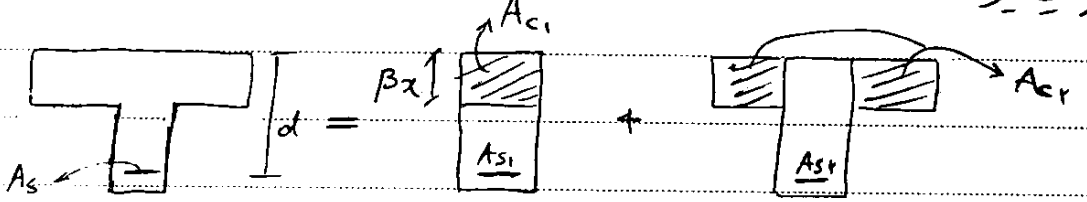
مثال ۲: در مقطع زیر برای افزایش شکل پذیری کدام راه بهتر است؟

الف) افزایش ارتفاع به اندازه A_c

ب) " عرض " A_c



* نحوه محاسبه لنگر نهایی تیرهای T شکل:



$$M = A_{c1}(\alpha f_{cd})\left(d - \frac{\beta x}{2}\right) + A_{c2}(\alpha f_{cd})\left(d - \frac{t_f}{2}\right)$$

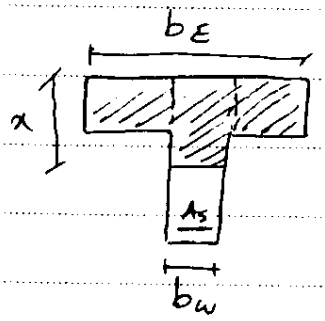
$M = T \cdot Z$ ← c

$M = A_s f_y \cdot Z$ → T

* در روش های قبلی مقدار $A_s f_y$ را در بازوی Z ضرب می کردیم

در محاسبه T شکل چون مقادیر A_{s1} و A_{s2} نامعلوم است مقدار نیروی فشاری بتن را در بازوی Z ضرب می کنیم.

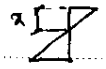
$M = C \cdot Z = (A_c \cdot \alpha f_c) \cdot Z$



نحوه بدست آوردن x :

$$\left\{\beta x \cdot b_w + (b_E - b_w)\, t_f\right\} \times \left(\underset{0.85}{\alpha} f_{cd}\right) = A_s f_{yd}$$

$\Leftarrow$ x بدست می آید.



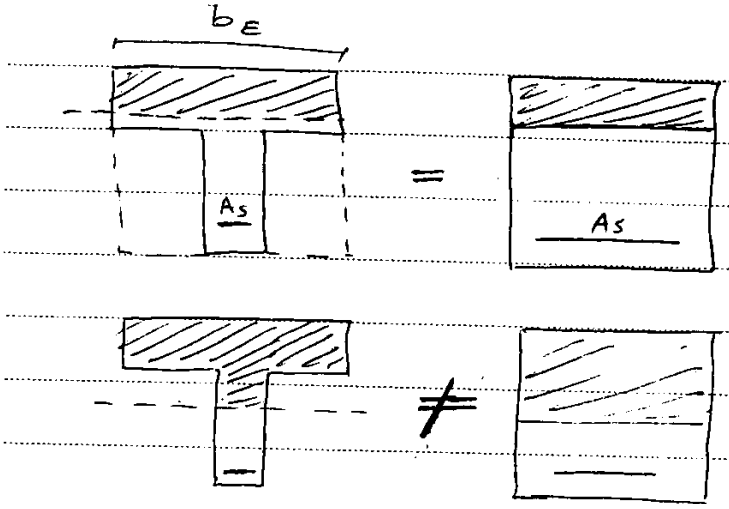
$\leftarrow$ کرنش ها را داده باشند

تعادل نیروها $\Leftarrow \frac{t_f}{2} > \frac{x}{2}$

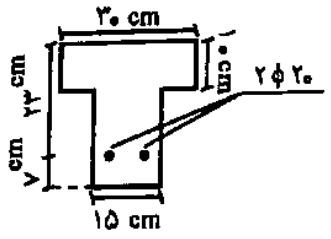
* نحوه تعیین اینکه آیا مقطع مستطیلی عمل می کند یا T شکل :

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

اگر $\beta x < t_f \longleftarrow$ مستطیلی است.



ظرفیت نهایی اسمی *(nominal)* خمشی مقطع شکل روبرو چه مقدار است؟ ویژگی‌های مصالح عبارتند از: $f_y = 4100 kg/cm^2$ و $f_c = 250 kg/cm^2$ (مهندسی عمران آزاد ۸۱)



۱) حدود ۵/۵ تن‌متر ۲) حدود ۱۰/۵ تن‌متر

۳) حدود ۷/۵ تن‌متر ۴) حدود ۳/۵ تن‌متر

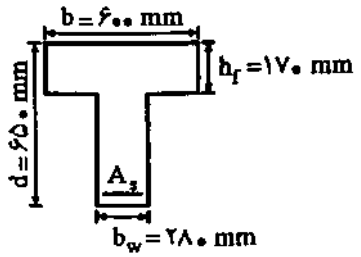
از آنجایی که گفته حدوداً $\Leftarrow$ با روش تقریبی محاسبه می کنیم

$\rho = \frac{2 \times 314}{300 \times 230} = 0.009 \longrightarrow$ نرمال است

$$M = A_s f_y \times 0.9d = 2 \times 314 \times 410 \times 0.9 \times 230 = 53278360\ N.mm = 5.3\ t.m.$$

۴ در مقطع T شکل مقابل چنانچه در لحظهٔ گسیختگی نهایی، توزیع تنشی مستطیلی با شدت $0/85f'_c$ و در ارتفاعی معادل ۰/۸۵ ارتفاع تار خنثی فرض گردد، فولاد متوازن مقطع A_{sb} چند میلی‌مترمربع (mm^2) می‌باشد؟ ($\phi_c = \phi_s = 1/0$ فرض شود.) (مهندسی عمران ۸۱)

$f'_c = 30Mpa$ و $f_y = 400Mpa$ و $\varepsilon_{cu} = 0/003$ کرنش بین در لحظه نهایی و $E_s = 200000Mpa$

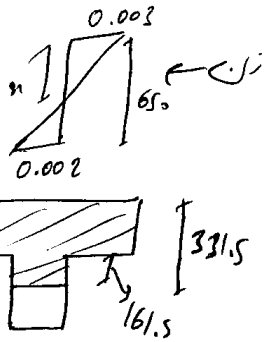


۱) ۸۵۳۵

۲) ۹۳۸۵

۳) ۹۸۷۵

۴) ۱۰۱۱۵



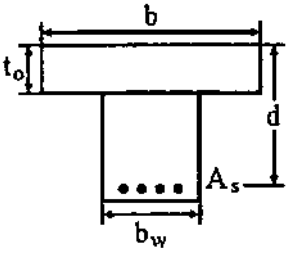
فولاد متوازن

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

$C = T \Rightarrow (170 \times 600 + 161.5 \times 280) \times 0.85 \times 30 = A_s \times 400$

$\longrightarrow A_s = 9385\,mm^2$

۱۲ـ مقطع تیر T شکل، چه وقتی به حالت بالانس (متعادل) می‌رسد؟ (مهندسی عمران ۷۹)



۱) فولاد نظیر جان مساوی فولاد بالانس شود.

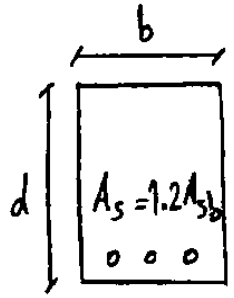
۲) فولاد فشاری و کششی هر دو همزمان جاری شوند.

۳) بتن فشاری و فولاد کششی همزمان به تغییرشکل نهایی خود برسند.

۴) نیروی فشاری بتن بال با نیروی کششی فولاد تعادل برقرار کند.

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؟



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

۱) $0.2\beta \frac{6100}{6100+f_y} bd$ ۲) $0.2\beta \frac{6100}{6100+f_y} \frac{f'_c}{f_y} bd$ ۳) $0.17\beta \frac{6100}{6100+f_y} \frac{f'_c}{f_y} bd$ ۴) $0.17\beta \frac{6100}{6100+f_y} bd$

حالت بالانسی

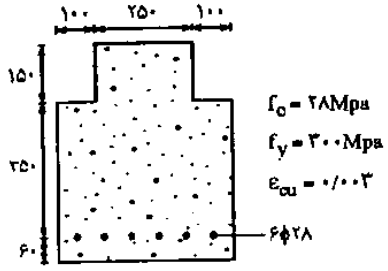
$A_c \times \alpha f_c = 0.2 A_{sb} F_y$ به اندازه $0.2 A_{sb} \times F_y$ باید بتن اضافه شود

$\longrightarrow A_c = \frac{0.2 A_{sb} F_y}{\alpha f_c}$ $\longrightarrow$ باید A_{sb} را حساب کنیم و بعد جایگذاری کنیم

$\longrightarrow A_{sb} \times F_y = (\alpha\beta)\left(\frac{6100}{6100+F_y} d\right)(b) f_c \longrightarrow A_c = 0.2\beta \left(\frac{6100}{6100+F_y}\right) bd$

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

(مهندسی عمران آزاد ۸۳)



۱) ۳۰۳/۴ $kN.m$

۲) ۳۵۶/۹ $kN.m$

۳) ۴۰۱/۸ $kN.m$

۴) ۴۱۹/۹ $kN.m$

ابتدا درصد آرماتور را چک می کنیم ←

$$\rho = \frac{6\times 14^2\times \pi}{250\times 500} = 0.029$$

ارجدر زال نیست ← یعنی ابتدا فرض می کنیم فولادها جاری می شوند و بعد از حل باید این فرض را کنترل کنیم

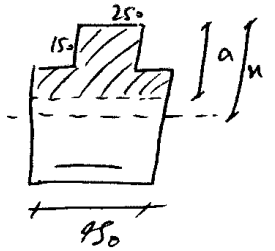
نکته: آیین نامه جدید گفته حداکثر ρ برای اعضای خمشی برابر 0.025 است

باز فرض جاری شدن فولادها ← ابتدا چک می کنیم که تا رخش تسلیم ضخیم تر حرکت می کند یا نازک تر!

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

آیین نامه قبلی 0.6

a را $150mm$ در نظر می گیرد



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

$$\rightarrow a = 202mm \rightarrow n = \frac{a}{0.85} = 238mm$$

0.6 با $\rightarrow a = 213mm$

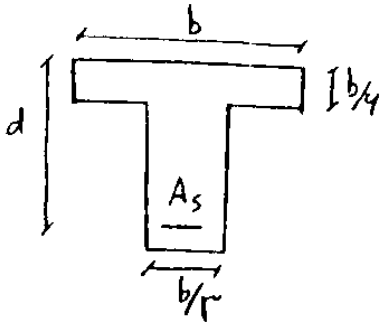
$$M_r = (250\times 202)\times(0.85\times 0.65\times 28)\times\left(500-\frac{202}{2}\right)$$
$$+(200\times 52)\times(0.85\times 0.65\times 28)\times\left(500-150-\frac{52}{2}\right) = 364\times 10^6 N.mm = 364kN.m$$

با آیین نامه قبلی:

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

آزاد ۸۷

۱۳۳- در یک تیر بتن آرمه با مقطع نشان داده شده در شکل، با فرض جاری شدن کلیه آرماتورهای کششی، ارتفاع بلوک فشاری تنش چقدر خواهد بود؟ ($A_s = 1/7\times10^{-1}b^2$ ، $\frac{f_y}{f'_c}=10$)



۱) $\frac{b}{5}$ ۲) $\frac{4}{15}b$

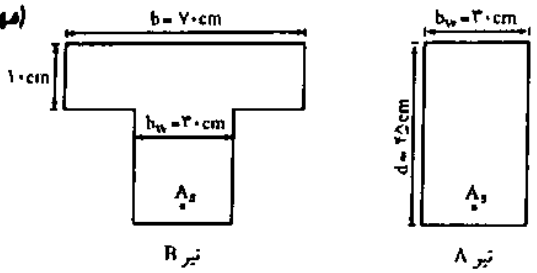
۳) $\frac{2}{15}b$ ۴) $\frac{b}{3}$

ابتدا فرض می‌کنیم مستطیل است $\leftarrow a=0.85x$ را خواسته

$$C=T \Rightarrow (b\times a)\times 0.85 f'_c = A_s f_y \rightarrow a = \frac{1.7\times10^{-2} b^2 f_y}{b\times 0.85 f_c} = \frac{2}{10}b = \frac{b}{5}$$

$1.7\times10^{-2}b^2$

۱۵- تیر بتن آرمه با مقطع شکل (A) را در نظر بگیرید، چنانکه بدون تغییر عرض b_w، عمق مؤثر d و مقدار فولادکششی (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؟ (مهندسی عمران ۷۹)



۱) ۱۰

۲) ۵۰

۳) ۷۵

۴) ۹۵

گزینه ۱ .با توجه به فرمول M=(As)(Fy)(Z) مقاومت خمشی بستگی به سه پارامتر اصلی دارد: ۱-As ۲-Fy 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 در صد افزایش می یابد.

عرض مؤثر در تیرهای بتن آرمه با مقطع T ـ شکل، اندازه‌ای است که در عملکرد.... تیر مورد استفاده مستقیم قرار می‌گیرد. (مهندسی عمران ۷۸)

۱) خمشی

۲) پیچشی

۳) خمشی و برشی

۴) برشی به همراه پیچشی

گزینه ۱

۱۸ـ 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 می‌شود که در عضو خمشی و در حالت حدی نهایی:

(مهندسی عمران ۷۷)

۱) بخشی از مقاومت بتن بدون استفاده باقی بماند.

۲) شکل‌پذیری مقطع اضافه شود.

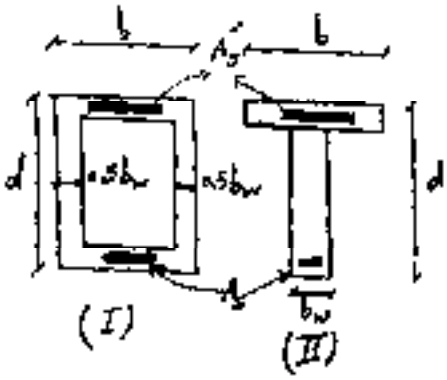
۳) عمق تار خنثی افزایش یابد.

۴) مقاومت برشی مقطع بزرگ شود.

گزینه ۲. هر عاملی که باعث شود تار خنثی بالاتر رود شکل پذیری را افزایش می دهد. می دانیم تارخنثی همیشه به هر سمتی که قوی تر کنیم حرکت می کند. مثلا اگر fc را افزایش دهیم در واقع قسمت فشاری را قوی کرده ایم و تار خنثی بالا رفته شکل پذیری افزایش می یابد. و یا اگر تعداد آرماتورهای کششی را افزایش دهیم تار خنثی 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 خنثی بالا رفته شکل پذیری افزایش می یابد.

آزاد ۸۶



۹ـ در مقطع T شکل و تیرهای شکل دوبرابر قوی، کلیه 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 برشی 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.

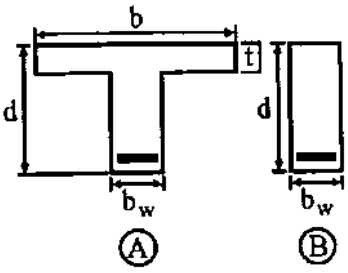
۳) ظرفیت خمشی هر دو مقطع در لنگر مثبت و منفی یکسان بوده و ظرفیت برشی آنها نیز یکسان است.

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.

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

(مهندسی عمران ۷۴)



۱) این مقدار در هر دو مقطع یکسان است.

۲) این مقدار در مقطع B همیشه بیشتر از مقطع A است.

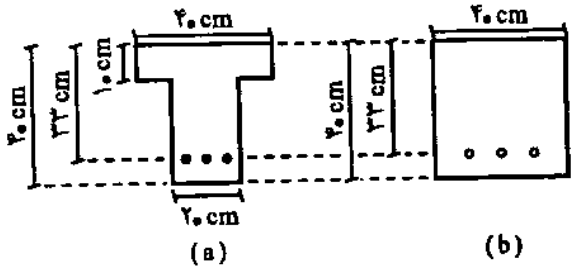
۳) این مقدار در مقطع A همیشه بیشتر از مقطع B است.

۴) بستـه 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، با افزودن آرماتور فشاری، با افزایش مقاومت فشاری بتن مقدار آرماتور بالانس (آرماتور مجاز کششی) افزایش می یابد.

برای مقاطع بتن شکل‌های a و b که هردو دارای مصالح یکسان بتن $f'_c=۴۰۰kg/cm^۲$ و فولاد با $f_y=۳۰۰۰kg/cm^۴$ می‌باشند و مساحت کل فولاد در هر دو مقطع نیز $۱۶cm^۲$ می‌باشد، کدام گزینه صحیح است؟

(مهندسی عمران آزاد ۸۱)



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.

برای مقطع (a) ← مقدار a = 0.85 x را محاسبه می‌کنیم:

$(a \times 400) \times 0.85 f'_c = A_s f_y \rightarrow a = 35\ mm$ ← مقطع a ستطیل است

b ↙ 40 ↙ 1600 ↙ 300

بنابراین هر دو مقطع یکسان هستند.

۳-۷- شکل پذیری

شکل‌پذیری اعضای خمشی بتن آرمه تابعی است از مقاومت بتن و .....

(مهندسی عمران ۷۵)

۱) درصد فولادهای عرضی

۲) درصد فولادهای طولی، درصد فولادهای عرضی، شرایط تکیه‌گاهی

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. مثلا اگر fc 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 بعدا خواهیم خواند)

۶۰- شکل‌پذیری یک عضو خمشی بتن مسلح در حالت بالانس چقدر می‌باشد؟ (مهندسی عمران آزاد ۸۱)

۱) برابر ۲
۲) کوچکتر از ۲
۳) بزرگتر از ۱
۴) برابر ۱

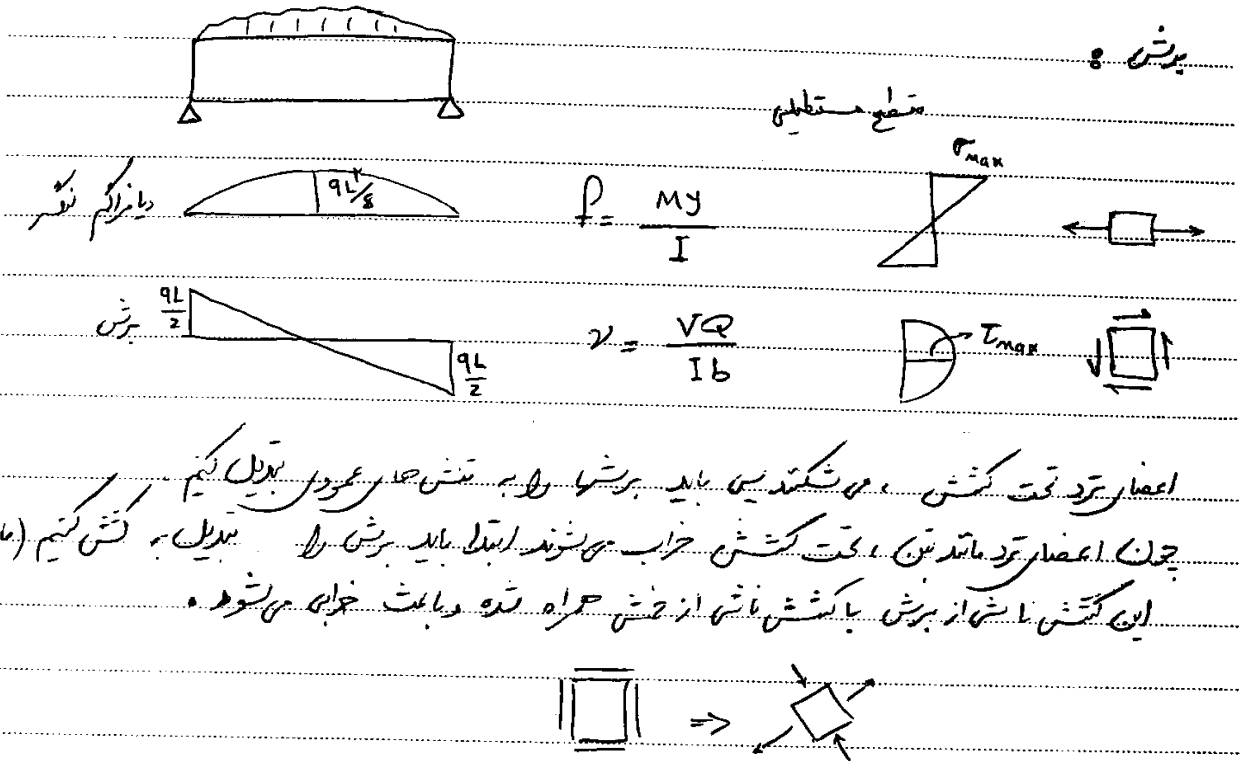
گزینه ۴

زمانی که در یک تیر بتن مسلح مستطیلی، بتن ترک‌خورده باشد اما کرنش حداکثر فشاری در بتن محدود به ۰/۵ در هزار و کرنش حداکثر در فولاد محدود به حد تسلیم باشند، می‌توان گفت که: (مهندسی عمران آزاد ۸۹)

۱) محل محور خنثی تابع تغییرات لنگر خمشی نیست و ثابت است.
۲) هرچه لنگر خمشی بیشتر باشد، محل محور خنثی به تارهای فشاری نزدیک‌تر است.
۳) هرچه لنگر خمشی بیشتر باشد، محل محور خنثی به فولادهای کششی نزدیک‌تر است.
۴) در مورد تغییر محل محور خنثی نمی‌توان 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 می‌باشد.

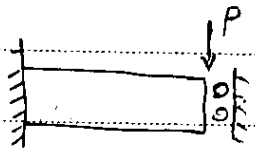
گزینه ۱

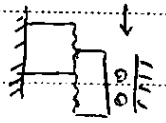
٤-برش



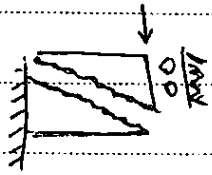
اعضای تردتحت کشش، می‌شکنند پس باید برشها را به تنش‌های عمودی تبدیل کنیم.
چون اعضای تردمانند بتن، تحت کشش خراب می‌شوند ابتدا باید برش را تبدیل به کشش کنیم (مانند شکل)
این کشش ناشی از برش باکشش ناشی از خمش جمع شده و باعث خرابی می‌شود.

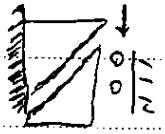
چگونه برش به کشش تبدیل می‌شود؟



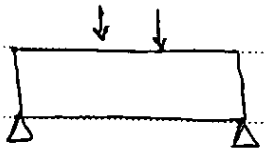


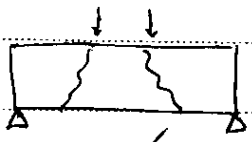
نادرست

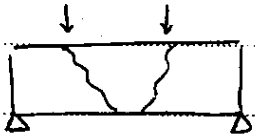




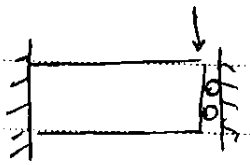
درست

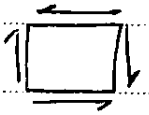


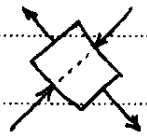




نحوه تشخیص جهت ترک و مقطع طره‌ای ترک می‌خورد که جسم بتواند در جهت اعمال نیرو حرکت کند.





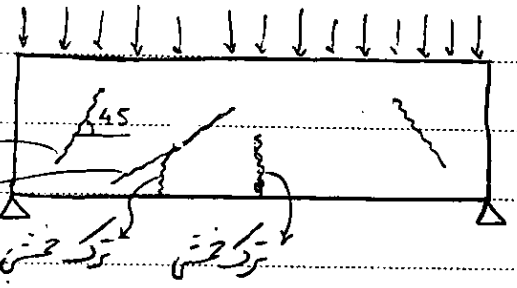


در راستای عمود بر تنش کششی ترک می‌خورد

انواع ترک در تیرهای تحت اثر خمش و برش:

- یکی ترک خمشی ایجاد می‌شود. این ترک‌ها عمود هستند و مطابق شکل در ناحیه‌ای کششی مقطع ایجاد می‌شوند و حدوداً تا نصف ارتفاع مقطع حرکت می‌کنند.
- ترک قطری یا ترک جان یا ترک مایل یا ترک برشی با زاویه (معمولاً) 45° و در محل نزدیک تکیه‌گاه (تقریباً میانه مقطع) ایجاد می‌شود که ناشی از برش هستند.

(در تیرهای عادی اول ترک خمشی ایجاد می‌شود سپس ترک‌های خمشی برشی)



- ترک خمشی برشی: پس از ایجاد ترک‌های خمشی این ترک‌ها به صورت مایل در میانه مقطع تحت اثر برش توسعه یافته تبدیل به ترک خمشی برشی می‌شوند.

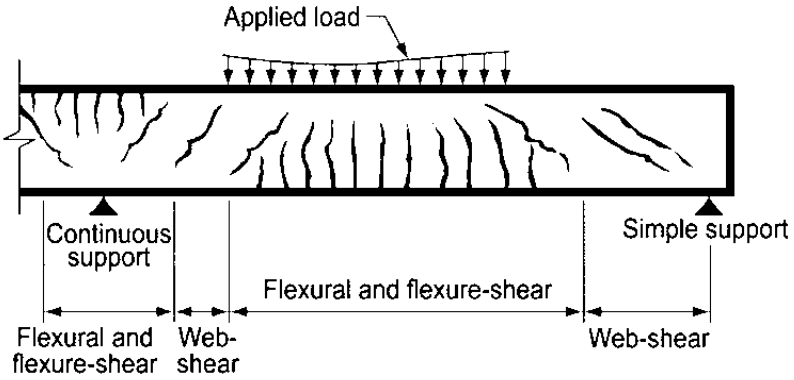


Fig. R11.3.3—Types of cracking in concrete beams.

آزاد ۸۵

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.

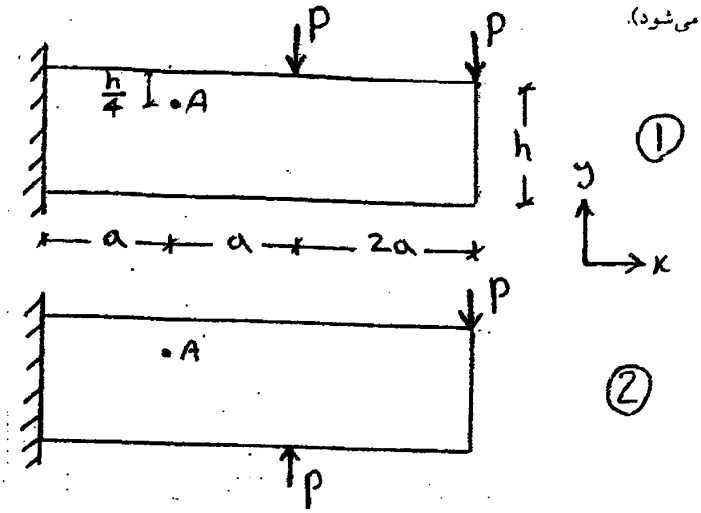
۴) ترکهای برشی ابتدا در $\frac{1}{3}$ دهانه اتفاق می افتند.

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

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 نقطهٔ A در عمق $\frac{h}{4}$ ، زاویهٔ 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 می‌شود).



۱) $\frac{\theta_{A1}}{\theta_{A2}} > 1$

۲) $\frac{\theta_{A1}}{\theta_{A2}} = 1$

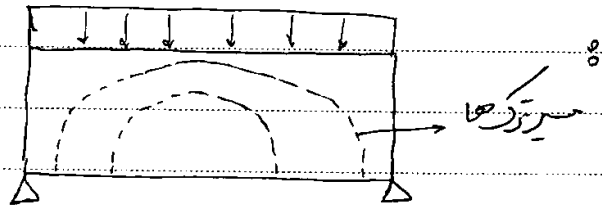
۳) $\frac{\theta_{A1}}{\theta_{A2}} < 1$

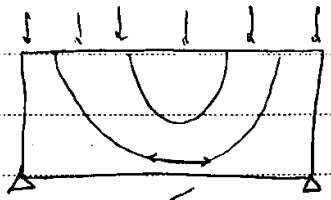
۴) مقدار عددی P و a لازم می‌باشد

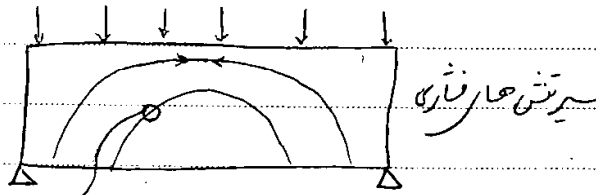
گزینه ۳. در تیر ۱ مقدار برش در تیر در نقطه A برابر 2P و مقدار لنگر نیز برابر 4Pa می باشد. بنابراین در نقطه A ترک برشی – خمشی داریم. ترک خمشی با راستای x زاویه ۹۰ درجه می سازد و ترک برشی با راستای x زاویه ۴۵ درجه می سازد و ترک خمشی برشی در نقطه A در تیر ۱ با راستای x زاویه ای بین ۴۵ تا ۹۰ درجه می سازد.

در تیر ۲ مقدار برش در تیر در نقطه A برابر صفر و مقدار لنگر نیز برابر 2Pa می باشد. بنابراین در نقطه A ترک خمشی داریم که زاویه آن با راستای x برابر ۹۰ درجه است.

مسیرهای تنش های کششی و فشاری و ترک ها:

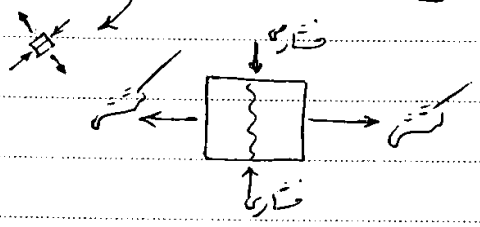






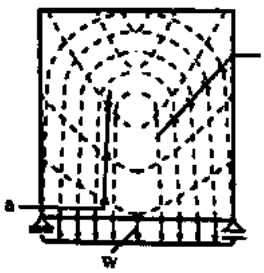
✓ جهت ترک ها همیشه عمود بر جهت تنش کششی است

✓ " " " موازی تنش فشاری است.



نکته: در تیرهای عادی ابتدا ترک خمشی و پس از افزایش بار، ترک خمش برشی ایجاد می شود

۱۲ـ در تیر ـ دیوار بتن آرمه منحنی‌های تنشهای کششی اصلی و فشاری کدامند؟ **(مهندسی عمران ۷۷)**



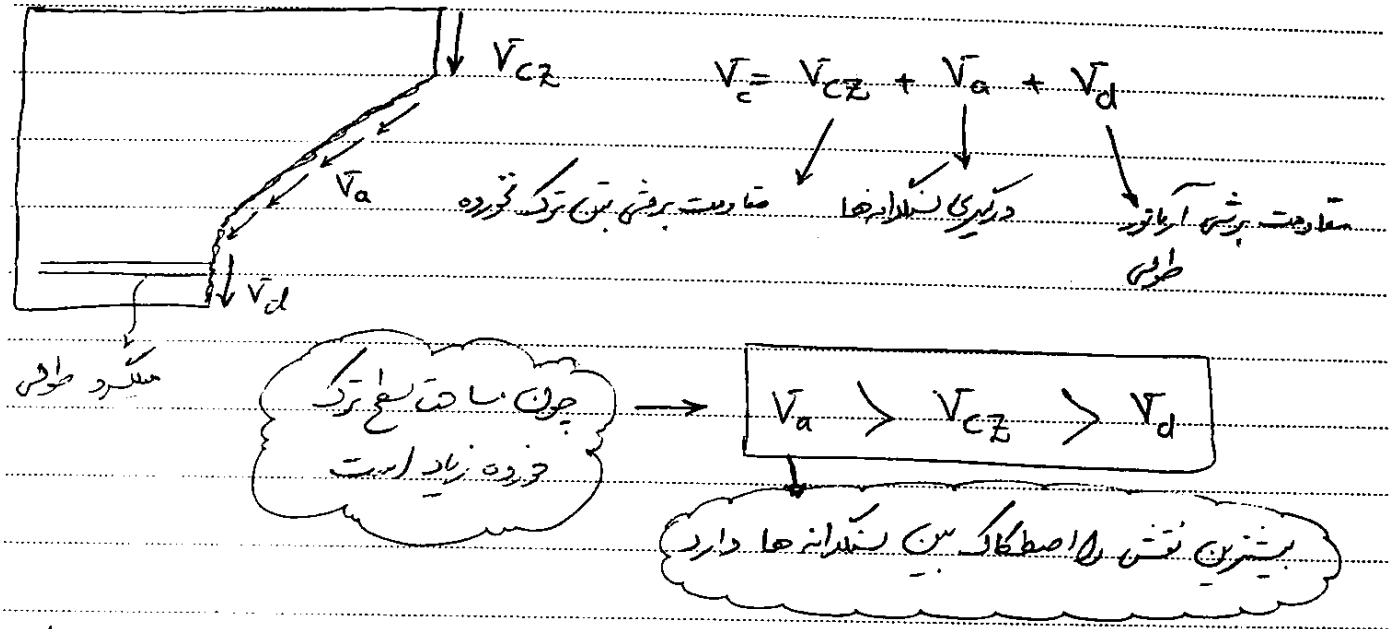
۱) منحنی‌های a کششی اصلی و منحنی‌های b فشاری اصلی هستند.

۲) منحنی‌های a فشاری اصلی و منحنی‌های b کششی اصلی هستند.

۳) منحنی‌های b و a با توجه به بارگذاری w در لبه پایین کششی هستند.

۴) منحنی‌های کششی اصلی و فشاری اصلی نشان داده نشده است.

مقاومت برشی بتن پس از ایجاد ترک خمشی برشی:



میزان مقاومت برشی مقطع و به ویژه میزان V_c بستگی به عرض ترک دارد ؛ عرض ترک ↑ ⟸ V_c ↓ (بازشدگی ترک)

* عواملی که بر میزان عرض ترک تأثیر دارند ؛

① با افزایش ρ ⟵ کمتر ⟵ تا رخ‌دهی پایین آمده و برش‌های کششی کاهش یافته و عرض ترک کاهش می‌یابد

* پس با افزایش درصد فولاد کششی ⟸ ρ_w ↑ ⟷ V_c مقاومت برشی مقطع افزایش می‌یابد.

② هرچه بتن $\frac{f}{\tau} = \frac{\text{تنش خمشی}}{\text{تنش برشی}}$ ↑ ⟷ V_c ↓ چون ترک‌های خمشی افزایش می‌یابد. (افزایش تنش برشی به تنهایی نمی‌تواند ترک ایجاد کند)

(هرچه M ↑ ⟵ عمق ترک‌ها و عرض ترک بیشتر شده ، V_c ↓)

نحوه تعیین مقاومت برشی بتن ؛ (روش تقریبی) در این روش فرض می‌شود که مقطع تا لحظه ترک خورده است. (در این روش از τ_{ave} استفاده می‌شود)

$$\frac{V_c}{b_w \cdot d} \leq 0.2 \phi_c \sqrt{f_c} \quad (f_c \text{ بر حسب MPa}) \longrightarrow V_c = \text{مجاز} = \left[0.2(\phi_c = 0.6)\sqrt{f_c}\right] b_w \cdot d$$

$$\boxed{V_c = 0.2 \phi_c \sqrt{f_c}}$$

بنابراین تنش برشی مجاز برابر است با ؛

مرحله دقیق ؛

$$\boxed{V_c = \left(0.95 V_c + 12 \rho_w \frac{V d}{M}\right) b_w \cdot d}$$

مقاومت تقریبی

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

$$\frac{f}{\tau} = \frac{\frac{6M}{bd^2}}{\frac{V}{bd}} \propto \frac{M}{Vd}$$

نکته ① مقدار $\frac{Vd}{M}$ نباید بزرگتر از یک شود. اگر $\frac{Vd}{M} > 1$ شد ⟵ مقدار یک را قرار می‌دهیم

نکته ۲) $V_c = 0.2 \phi_c \sqrt{f'_c}$ ← مقاومت تیر

نکته ۳) واحد تنش‌ها N/mm^2 ← Mpa ← $V_c \rightarrow Mpa$

واحد طول‌ها mm است ← $b_w \cdot d \rightarrow mm$

واحد نیروها ← $V_c \rightarrow N$

نکته ۴) V_c نباید از $[1.75 V_c] b_w \cdot d$ بیشتر در نظر گرفته شود.

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

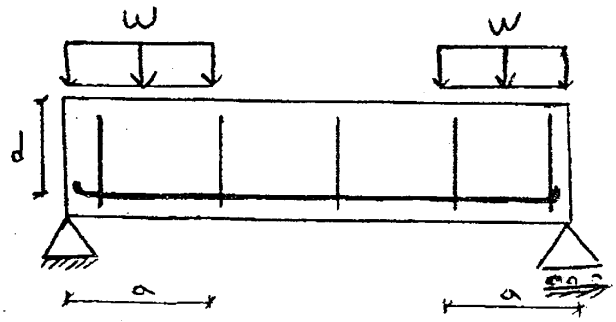
نکته ۵) از آنجا که شکست برشی خطرناک‌تر از شکست خمشی است (شکست خمشی شکل‌پذیری بیشتری دارد و نرم‌تر است) آیین‌نامه ضرایب اطمینان را طوری در نظر گرفته که مقاومت برشی اعضا بسیار بالاتر از مقاومت خمشی آنها باشد.

مثلاً اگر در یک تیر تحت بارگذاری مقدار $V_u = 15\ ton$ و $M_u = 10\ ton_m$ شود، آیین‌نامه طوری ضرایب را تعیین می‌کند که $M_n = 20\ ton_m$ شود و $V_n = 40\ ton$ شود.

لازم لازم

آزاد ۸۹

۱۳۶- برای تیر بتنی نشان داده شده با ابعاد و آرماتورهای طولی و عرض ثابت، مقاومت برشی تیر در نواحی نزدیک تکیه‌گاه نسبت به وسط دهانه ...



۱) بیشتر است

۲) کمتر است

۳) تفاوتی ندارد

۴) نمی‌توان 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 دارد (فرمول دقیق محاسبه برش در جزوه را ببینید):

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 گه لنگر کمتر است مقاومت برشی نیز بیشتر است.

۱۷- مقاطع خمشی بتن آرمه را باید طوری طراحی کرد که: **(مهندسی عمران ۷۲)**

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

۱ـ مقاطع بتن آرمه را باید طوری طراحی کرد که: (مهندسی عمران ۸۲)

۱) گسیختگی برشی و خمشی باهم اتفاق نیفتند.

۲) گسیختگی برشی قبل از گسیختگی خمشی اتفاق بیفتد.

۳) گسیختگی خمشی قبل از گسیختگی برشی اتفاق بیفتد.

۴) گسیختگی خمشی و برشی باهم اتفاق بیفتد تا طرح، اقتصادی باشد.

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 می شوند، در لحظه خرابی آرماتورهای کششی مثل آدامس! کش آمده و تغییرشکلهای بزرگ داریم و تیر ابتدا کلی خم میشود و بعد خراب می شود. بنابراین آیین نامه ضرایب اطمینان را طوری تعیین می کند که همیشه مقاطع تیرها قبل از شکست برشی شکست خمشی داشته باشند.

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

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

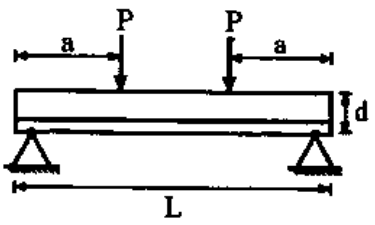
۲) بله، مقدار آرماتور طولی در روابط دقیق محاسبات مقاومت برشی آمده‌اند.

۳) خیر، مگر اینکه قطر آرماتور طولی کمتر از ۲۰ میلی‌متر باشد.

۴) خیر، برش در تیرهای بتن آرمه توسط آرماتورهای عرضی کنترل می‌شود.

گزینه ۲. به فرمول محاسبه دقیق برش مراجعه کنید. علت اینکه آرماتورهای طولی در مقاومت برشی وارد شده اند؟:
آرماتورهای کششی در پایین مانع از بازشدن بیش از حد ترک ها می شوند (آنها را می دوزند). اگه ترکها بیش از اندازه باز شوند، عامل اصلی مقاومت برشی بتن (یعنی اندرکنش و یاگیرکردن 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 است؟ (مهندسی عمران ۸۰)



۱) $\frac{a}{d}=۲$

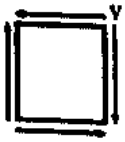
۲) $\frac{a}{d}=۳/۵$

۳) $\frac{a}{d}=۵$

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 تنیجه 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 می‌گیرد. مطلوب است تعیین v_{max} بدون به وجود آمدن ترک برشی (مدول گسیختگی بتن: $f_r = ۳۰ kgf/cm^۲$) **(مهندسی عمران ۷۶)**



۱) $\frac{۱۵\sqrt{۲}}{۲} kgf/cm^۲$

۲) $\frac{۳۰\sqrt{۲}}{۲} kgf/cm^۲$

۳) $۶۰ kgf/cm^۲$

۴) $۳۰ kgf/cm^۲$

گزینه ۴.

۳۲ـ وجود نیروی محوری در بتن چه تأثیری بر مقاومت برشی مقطع دارد؟ **(مهندسی عمران آزاد ۸۲)**

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

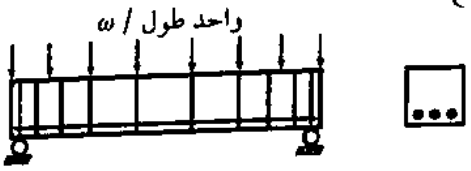
۲) اثری بر روی مقاومت برشی ندارد.

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.

با افزایش بار گسترده ثابت ω در واحد طول تیر شکل روبرو که دارای فولادی به میزان ρ، برابر با $\frac{۱}{۳}$ مقدار فولاد متوازن است، $\left(\rho = \frac{۱}{۳}\rho_b\right)$ **(مهندسی عمران آزاد ۸۰)**



۱) ابتدا ترک‌های خمشی در پایین و وسط تیر ایجاد می‌شود و با افزایش بار ترکها به داخل تیر نفوذ می‌کنند اما وجود فولادهای برشی از نفوذ ترک‌ها تا اندازه زیادی جلوگیری می‌کنند. در نتیجه نهایتاً فولاد پاره می‌شود و تیر دچار زوال کششی می‌شود.

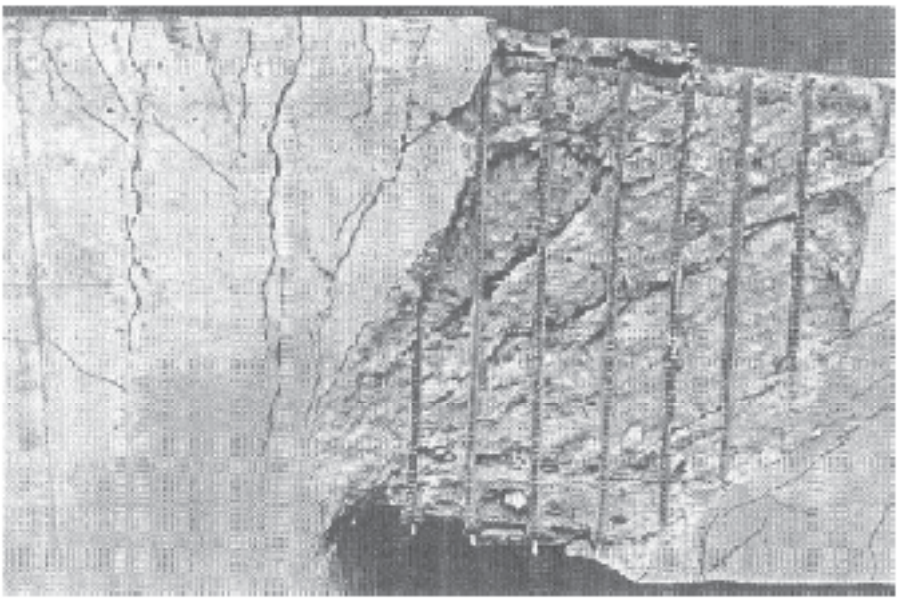
۲) ابتدا ترکهای خمشی در پایین و وسط تیر ایجاد می‌شود و با افزایش بار ترک‌ها به داخل تیر نفوذ می‌کنند. محور خنثی به سمت بالای تیر حرکت می‌کند و در نهایت فولاد تسلیم شده و با افزایش بار بتن نیز خرد می‌شود و تیر دچار زوال ثانوی فشاری می‌شود.

۳) ابتدا ترک‌های خمشی در پایین و وسط تیر ایجاد می‌شود و با افزایش بار تعداد ترک‌های در طول تیر افزایش می‌یابند. در نتیجه ترک‌ها در اثر فروکش بار به هم می‌پیوندند و بخش زیرین تیر به تدریج خرد می‌شود و فرو می‌ریزد. سپس در اثر تمرکز تنش کششی، فولاد نیز پاره می‌شود و بتن به دنبال آن خرد می‌شود و تیر به کلی فرو می‌ریزد.

۴) ابتدا ترک‌های خمشی در پایین و وسط تیر ایجاد می‌شود و با افزایش بار، ترک‌ها به داخل تیر نفوذ می‌کنند به طوری که سطح مقاوم برشی در تیر کاهش می‌یابد و اگر فولاد فشاری در بالای تیر تعبیه شود، تیر هم در برابر برش و هم در برابر لنگر خمشی مقاومت نشان می‌دهد وگرنه تیر در برش زوال می‌یابد.

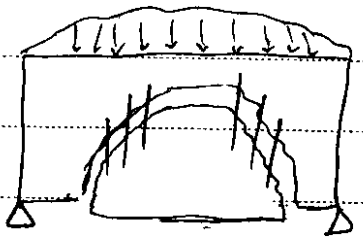
گزینه ۲

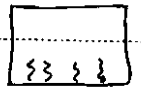
٤-١ - آرماتورهای عرضی



مقاومت برشی آرماتورهای عرضی :

اگر بتن حالی مقاومت کافی در برابر برش وارد شده نداشته باشد ، بوسیله آرماتورهای عرضی قائم آنرا مطابق شکل تقویت می‌کنیم . (خاموتها (خاموتهای برشی) عمدتا کشش تحمل می‌کنند)



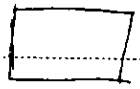


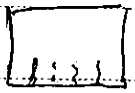
✓ قبل از تشکیل ترک قطری آرماتورهای عرضی فاقد نیروی کشش هستند .

✓ پس از ایجاد ترک قطری (ادامه ترک خمشی برشی) خاموتها قسمتی از برش را تحمل می‌کنند .

ترک قطری خمشی (خمشی برشی)

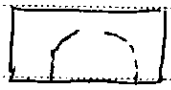
در مقاومت برشی ← ابتدا فقط V_{cz} را داریم ← $V_c = V_{cz}$





$V_c = V_{cz} + V_a + V_d$ $\quad V_{cz} > V_a > V_d$

سهم بیشتری دارد



$V_{total} = V_{cz} + V_a + V_d + V_s$ $\quad V_a > V_{cz} > V_d$

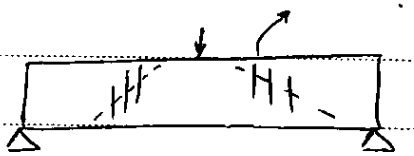
اثر فولاد طولی

V_c سهم بتن

سهم فولاد عرضی

تأثیر آرماتور برشی در مقاومت برشی :

پس از ترک خوردن، آرماتور برشی با تحمل نیروی کوری قسمتی از برش را تحمل می‌کند



توجه شود که مقاومت برشی آرماتورهای طولی که با V_d نشان می‌دهیم در مقاومت برشی بتن در نظر گرفته می‌شود.

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

مقاومت برشی بتن — مقاومت برشی فولاد

$$V_c = (0.95\sqrt{f_c} + \rho_w \frac{V_d}{M_n})$$

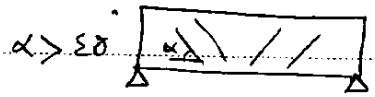
انواع آرماتور برشی :

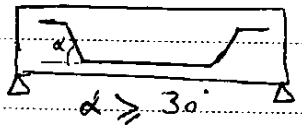
۱- تنگ یا حلقه قائم

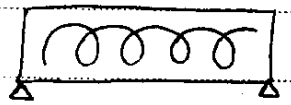
۲- تنگ یا حلقه مایل

۳، آرماتور طولی خم شده (مایل)

۴- آرماتور مارپیچ

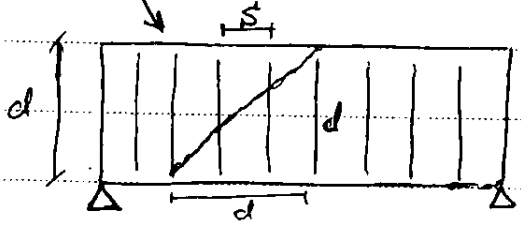






نحوه محاسبه V_s برای حلقه قائم :

چون ترک ۴۵ درجه فرض می‌شود



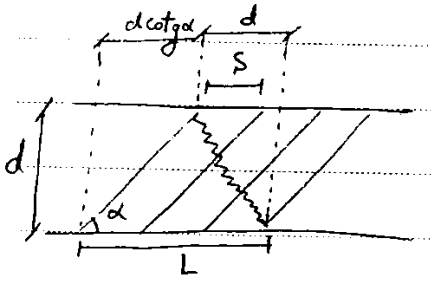
$n = \frac{d}{s}$ تعداد آرماتورهایی که یک ترک می‌دوزند

$$V_s = (\frac{d}{s}) \times A_{vs} \times (\phi_s F_y) = \frac{A_{vs}}{s} d f_{yd}$$

تنگ ↑ s ← A_v ↑ ← F_y ↑ ← V_s ↓ (×۱/۲) ← V_s ↑ (×۴)

V_s ← ↑ d

V_s ← ↑ b_w



نحوه محاسبه مقاومت برشی خاموتهای مایل:

تعداد آرماتورهای قطع شده $= \frac{L}{s} = \frac{d(1+\cot g\alpha)}{s}$

$$V_s = \frac{A_v}{s}[d(1+\cot g\alpha)]\sin\alpha\, f_y$$

مولفه قائم نیروی کششی در خاموتها

$$V_s = \frac{A_v}{s}(\sin\alpha + \cos\alpha)\, d.F_y$$

تأثیر نیروی محوری بر مقاومت برشی بتن ← نیروی فشاری ↑ ← V_c ↑

$$V_c = \gamma_c\left(1+\frac{N_u}{12A_g}\right)b_w.d$$

بر مقاومت خاموتها تأثیری ندارد ← نیروی کششی ↑ ← V_c ↓

$$V_c = \gamma_c\left(1-\frac{N_u}{3A_g}\right)b_w.d$$

۱۵ـ آرماتورهای عرضی در تیرهای بتن آرمه قبل از تشکیل ترکهای قطری: **(مهندسی عمران ۷۵)**

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

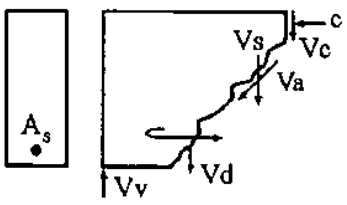
۲) مقدار قابل توجهی تنش تحمل می‌کنند و پس از تشکیل ترکهای قطری مقاومت برشی تیر بتن آرمه را افزایش می‌دهند.

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

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

گزینه ۴

۱۶ـ در تیر بتن مسلح نشان داده شده پس از آنکه ترکهای قطری اتفاق افتاد، مجموع نیروهای برشی عبارتند از: **(مهندسی عمران ۷۳)**



۱) $V_c + V_{ay} + V_d$

۲) $V_c + V_d$

۳) $V_c + V_{ay} + V_d + V_s$

۴) V_c

گزینه ۳. Vc مقاومت برشی بتن ترک نخورده می باشد. Va: مقاومت برشی ناشی از درگیری سنگدانه ها در ناحیه بتن ترک خورده (Vay مولفه قائم آن) است. Vd: 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. Vs: 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 Vc نشان می دهند و عامل چهارم را مقاومت برشی آرماتورهای عرضی (یا مقاومت برشی فولاد) می نامند و با Vs نشان می دهند.

۵ـ در ارتباط با بررسی مقاومت برشی مقاطع بتن آرمه، کدام عبارت صحیح است؟ (مهندسی عمران ۸۱)

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

۲) حضور فولاد طولی خمشی باعث می‌شود 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 می‌باشد، در اثر بارگذاری، ترکهای ناشی از خمش به وجود آمده‌اند، ترک عرضی برشی مشاهده نمی‌شود. در چنین وضعیتی، کدام عوامل زیر، عوامل اصلی ایجاد مقاومت برشی معادل می‌باشند؟ (مهندسی عمران آزاد ۸۱)

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

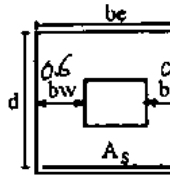
۴) فقط بتن و فولاد طولی

گزینه ۲. 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!

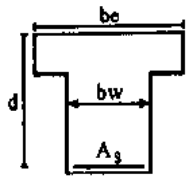
علت: خاموتها زمانی نیرو تحمل می کنند که ترک های مایل تشکیل شده و بخواهند باز و باز تر شوند و در این حالت است که خاموتها به کار افتاده و با تحمل کشش این ترک ها می دوزند. دقت شود که ترک های خمشی ترکهای مایل نیستند بلکه به صورت قائم (عمود بر محور تیر) تشکیل می شوند و چون خاموتها این ترک ها را قطع نمی کنند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

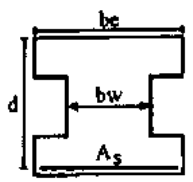
نتیجه: تا وقتی که بتن ترک مایل نخورده تنها عامل مقاوم در برابر برش خود بتن است و به محض ایجاد ترک مایل خاموتها به کمک بتن می شتابند!

۲ـ مقطع تیر بتن ارمه 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؟ $d=۴۵cm$ و $be=۶۰cm$ و $bw=۳۰cm$ (مهندسی عمران ۸۱)

۱)


۲)

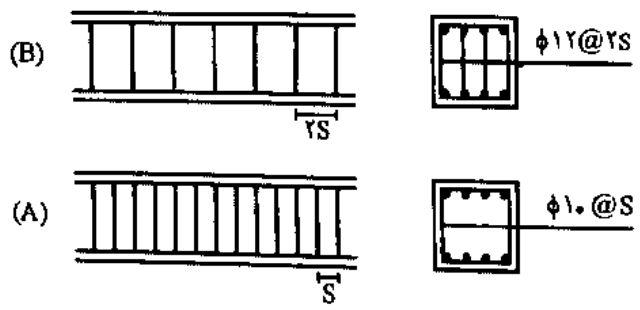
۳)


۴)


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

۳ـ 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؟

(مهندسی عمران ۸۱)



۱) $\frac{V_{SB}}{V_{SA}} = ۱/۰$

۲) $\frac{V_{SB}}{V_{SA}} = ۱/۳۱$

۳) $\frac{V_{SB}}{V_{SA}} = ۱/۴۳۹$

۴) $\frac{V_{SB}}{V_{SA}} = ۰/۶۹۴$

گزینه ۳

B ج‌ظ $\longrightarrow V_S = \frac{4 \times \pi \times 6^2}{2S} d f_y = 72 \frac{\pi d}{S} f_y$

A ج‌ظ $\longrightarrow V_S = \frac{2 \times \pi \times 5^2}{S} d f_y = 50 \frac{\pi d}{S} f_y$

$\frac{V_{SB}}{V_{SA}} = \frac{72}{50} = 1.44$

۷ـ 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؟

(مهندسی عمران ۸۰)

۱) ۰/۵ ۲) ۰/۷۵ ۳) ۲ ۴) صفر

حالت اول $\rightarrow V = \frac{V_S}{3} + V_S = \frac{4V_S}{3}$

حالت دوم $\rightarrow V = \frac{V_S}{3} + \frac{V_S}{3} = \frac{2V_S}{3}$

$\frac{V_2}{V_1} = \frac{1}{2}$

۸ـ 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؟

(مهندسی عمران ۷۹)

۱) ۱/۳ ۲) ۱/۷ ۳) ۲ ۴) بدون تغییر

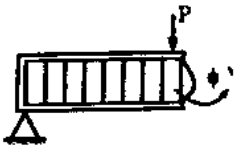
حالت اول $\rightarrow V_1 = \frac{V_S}{2} + V_S = \frac{3}{2} V_S$

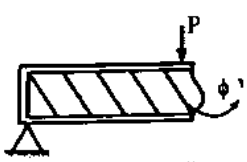
حالت دوم $\rightarrow V_2 = \frac{V_S}{2} + 2V_S = \frac{5V_S}{2}$

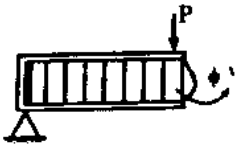
$\rightarrow \frac{V_2}{V_1} = \frac{\frac{5}{2}}{\frac{3}{2}} = \frac{5}{3} = 1.67$

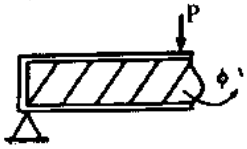
۹ـ اگر در تیرهای موجود تنها جهت آرماتور برشی تغییر کرده باشد، مقاومت برشی کدامیک بیشتر است؟

(مهندسی عمران ۷۹)

۱) 

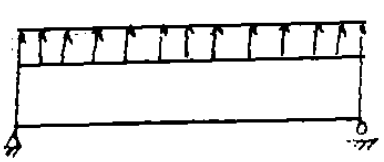
۲) 

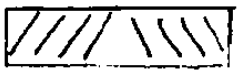
۳) 

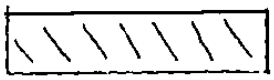
۴) 

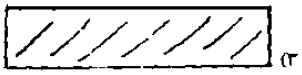
گزینه ۲

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



۱) 

۲) 

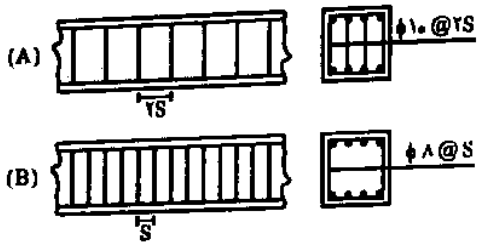
۳) 

۴)

گزینه ۴

۱۰ـ دو طرح (A) و (B) برای خاموت‌گذاری 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؟

(مهندسی عمران ۷۸)



۱) $\frac{(V_s)A}{(V_s)B} = ۰/۶۴$

۲) $\frac{(V_s)A}{(V_s)B} = ۱/۰$

۳) $\frac{(V_s)A}{(V_s)B} = ۱/۲۵$

۴) $\frac{(V_s)A}{(V_s)B} = ۱/۵۶۲۵$

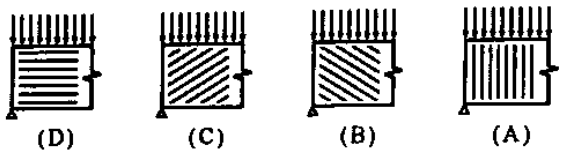
$$(A) \rightarrow V_s = \frac{4 \times \pi \times 5^2}{2S} d \times f_y = 50 \frac{\pi}{S} d f_y$$

$$B) \rightarrow V_s = \frac{2 \times \pi \times 4^2}{S} d \times f_y = 32 \frac{\pi}{S} d f_y$$

$$\frac{V_{sA}}{V_{sB}} = \frac{50}{32} = 1.5625$$

۱۱ـ آرایش کدامیک از جزئیات میلگردگذاری شکل‌های مقابل به لحاظ تئوریک برای مقاومت در برابر نیروی برشی مناسب‌تر است؟

(مهندسی عمران ۷۸)



۱) A

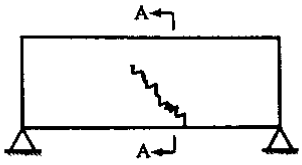
۲) B

۳) C

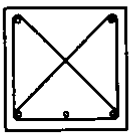
۴) D

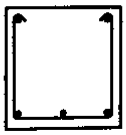
گزینه ۲

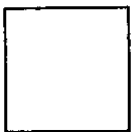
۲۴ـ برای کنترل ترک خمشی برشی تیر روبرو کدام نوع میلگرد برشی در مقطع مناسب‌تر است؟ (مهندسی عمران آزاد ۸۴)



۱) مقطع A-A

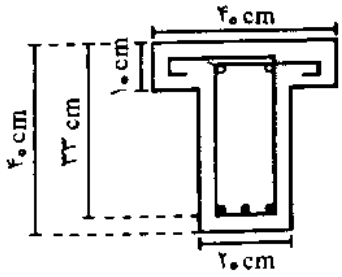
۲) مقطع A-A 

۳) مقطع A-A 

۴) هر سه گزینه یکسان است. 

گزینه ۲

۳۳ـ برای تیرهای شکل‌های a و b زیر، که در آنها از فولاد آ جدار ۱۰ ϕ به عنوان فولاد برشی استفاده شده است و مساحت فولاد طولی در هر دو مقاطع $16cm^2$ می‌باشد و $f'_c=250kg/cm^2$ و $f_y=3000kg/cm^2$ می‌باشد، کدام عبارت صحیح است؟ (مهندسی عمران آزاد ۸۱)



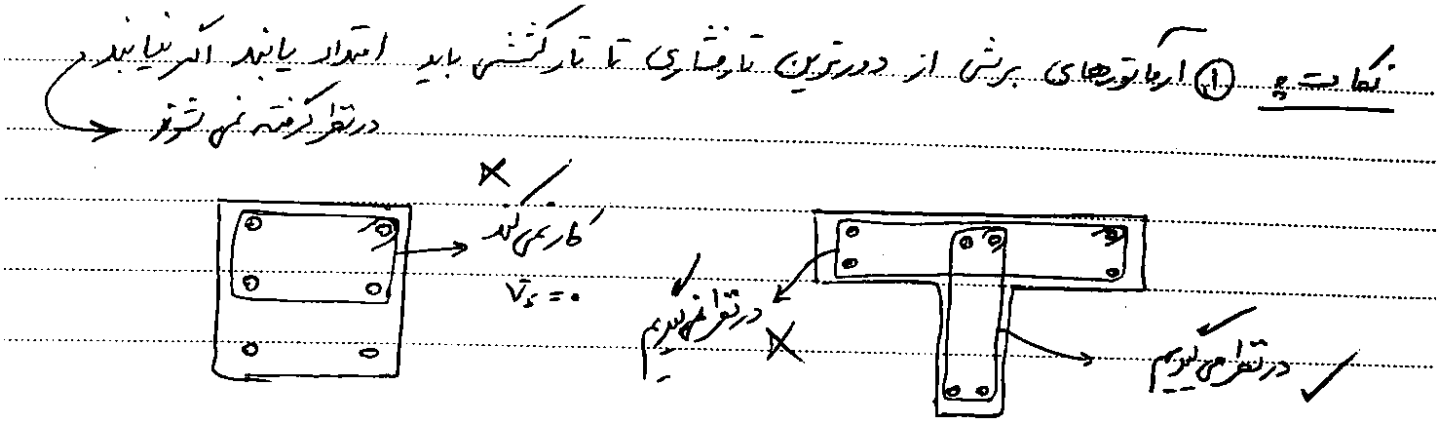
۱) مقاومت برشی نهایی اسمی *(nominal)* هر دو مقطع یکسان است.

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.

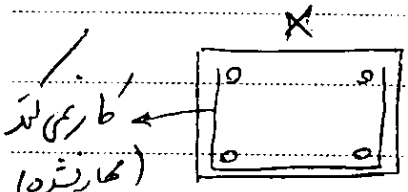
۴) مقاومت برشی نهایی اسمی *(nominal)* مقاطع بستگی به میزان بار وارده بر آنها دارد.

گزینه ۲



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

(۲) خاموت باید در بالا و پایین مهار شود وگرنه کار نمی‌کند.



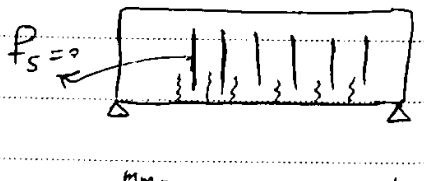
(۳) مقدار f_y خاموت نباید از 400 Mpa بیشتر باشد. (علت اجرایی)

علت * اگر از فولاد قوی‌تری استفاده کنیم در لحظهٔ خرابی کرنش‌های بالاتری خواهد داشت و عرض ترک‌ها بیشتر خواهد بود و V_c کمتر از مقداری خواهد بود که آئین‌نامه فرض کرده.

$$\varepsilon_y = \frac{F_y}{E} = \frac{f_y}{2\times10^5}$$

معیار آئین‌نامه ← رسیدن خاموت به F_y معادل خرابی است تا قبل از خرابی (قبل از رسیدن به F_y، مقدار V_c با فرض کم عرض بودن ترک‌ها محاسبه می‌شود)

(۴) آرماتور حداقل: اگر مقدار آرماتور برشی از یک حدی کمتر باشد به محض پیدایش اولین ترک قطری و انتقال نیرو به آرماتور، به علت کم بودن مقدار آن و ضعیف بودن آن بلافاصله پاره می‌شود (شکست ترد)



اگر حداقل رعایت نشود — آرماتور با ایجاد ترک ناگهان پاره می‌شود.

$$\left(\frac{A_v}{s}\right)_{min} = 0.35\,\frac{b_w}{F_y}$$

mm² / mm — mm / Mpa

$$\frac{A_v}{s} \times F_y \cdot d > 0.35\, b_w \cdot d$$

نکته: طبق آئین‌نامه اگر V_u موجود $> \frac{V_c}{2}$ باید از آرماتور برشی (حداقل) استفاده شود

اگر V_u موجود $< \frac{V_c}{2}$ نیاز به آرماتور برشی نیست.

قانون فوق لازم نیست برای موارد زیر در نظر گرفته شود:

1. دال‌ها و پی‌ها
2. تیرهایی با $h \le 25$ cm
3. سقف تیرچه‌بلوک (تیرچه‌های یکپارچه ریخته شده با دال)

$V_u < V_c$ ← نیاز به آرماتور برشی نیست.

اگر آرماتور لازم برای برش مقاومی کمتر از مقدار حداقل بود باید مقدار حداقل را قرار دهیم که برای این کار می‌توان: ۱- A_v را بالا برد (از آرماتور با قطر بالاتر استفاده کرد)
۲- S را کاهش داد.
۳- F_y را افزایش داد.

آرماتور حداکثر: آیین نامه می خواهد که حتماً در لحظه نهایی شکست برشی، آرماتورهای برشی تسلیم شوند. تا شکست آن به صورت شکست ترد بتن نباشد.

علاوه بر آن اگر مقدار آرماتور برشی از یک حدی بالاتر رود اجرای آن (بتن ریزی) سخت می شود.

$$V_s < \min\left(\boxed{4V_c}\ (\text{مقاومت بتن}),\ 3b_w d\right)$$

$V_c = 0.2\phi\sqrt{f_c} = 0.2\times 0.6\sqrt{f_c} = 0.12\sqrt{f_c}$ تنش برشی بتن

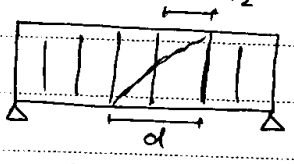
$4V_c = 0.48\sqrt{f_c}$

$$\boxed{V_c < 0.5\sqrt{f_c}}$$

آیین نامه جدید: مقدار $V_r(=V_c+V_s)$ نباید بیشتر از $0.25\phi_c f_c b_w d$ درنظر گرفته شود.

حداکثر فواصل آرماتورهای برشی:

$$\boxed{S < \frac{d}{2}}$$



برای اینکه ترک‌ها به تعداد کافی آرماتور برشی قطع کنند محدودیت فوق بیان شده است.

در شرایطی که مقدار V_s زیاد است باید $\left\{S < \frac{d}{4}\right\}$ باشد.

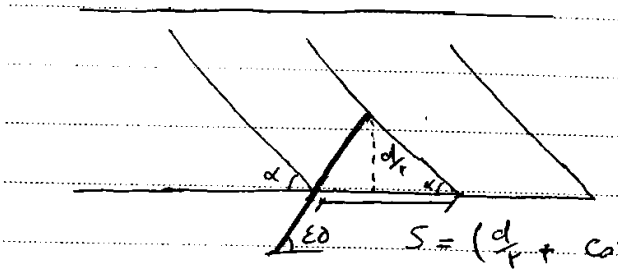
$$\begin{cases} V_s > 2V_c \Rightarrow S_{max} = \frac{d}{4} \\ V_s < 2V_c \Rightarrow S_{max} = \frac{d}{2} \end{cases}$$

آیین نامه جدید:

$$\begin{cases} V_u > 0.125\phi_c f_c b_w d \rightarrow S_{max} = \frac{d}{4} \\ V_u < 0.125\phi_c f_c b_w d \rightarrow S_{max} = \frac{d}{2} \end{cases}$$

حداکثر فواصل خاموتها برای خاموتهای مایل :

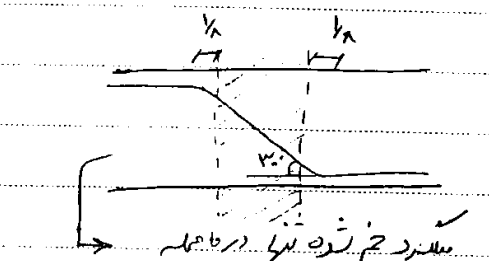
هر خط ۴۵ درجه که از وسط مقطع ($\frac{d}{2}$) در جهت عکس العمل به سمت میلگردهای کششی عمودی رسم شود حداقل یک خاموت قطع کند.



$$S = (\frac{d}{2} + \cot g \cdot \frac{d}{2})$$

$$S = \frac{d}{2}(1 + \cot g \alpha)$$

در رابطه با میلگردهای خم شده :



$$V_s = A_v \cdot f_y \cdot \sin\alpha$$

۲۶- چرا حداکثر فاصله خاموت باید رعایت شود؟ (مهندسی عمران آزاد ۸۴)

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

۳۴- علت اصلی محدودیت حداکثر آرماتور برشی در اعضای بتن مسلح چیست؟ (مهندسی عمران آزاد ۸۱)

۱) جلوگیری از شکست برشی ـ کششی

۲) جلوگیری از شکست برشی ـ فشاری

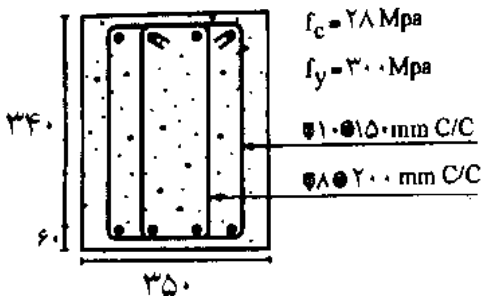
۳) جلوگیری از تراکم آرماتور برشی

۴) کاهش هزینه‌ها و ارائه طرح بهینه

گزینه ۲

مقاومت برشی طراحی مقطع نشان داده شده در شکل زیر چقدر می‌باشد: (براساس آیین نامه آبا)

(مهندسی عمران آزاد ۸۳)



۱) ۱۹۵/۴ kN

۲) ۱۸۲/۴ kN

۳) ۱۶۶/۴ kN

۴) ۲۱۶/۸ kN

آرایش $\Phi 8@200$ برش تحمل نمی‌کند ← فاصله آنها از $\frac{d}{2}$ بیشتر است

$$V_r = 0.2\varphi_c\sqrt{f_c} + \frac{A_v}{s} d \times (\varphi_t \times 300) = 172651\,N = 172\,kN$$

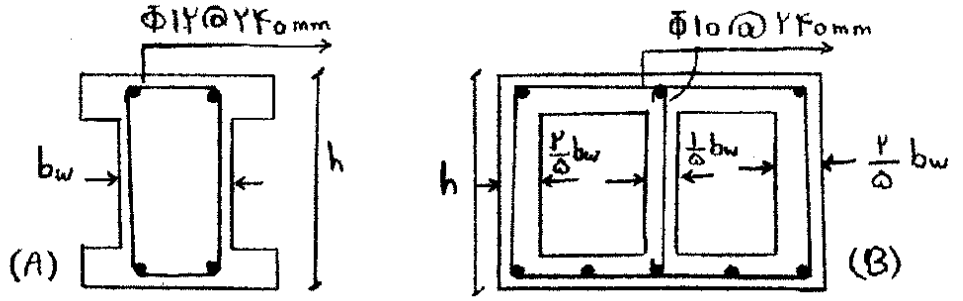
$2\times\pi\times 5^2$ ، $340\,mm$ ، 0.65 ، 28 ، 150 ، 0.85 ، $\times 340 \times 350$

آیین نامه قبل ← $\varphi_c = 0.6 \longrightarrow V_r = 166354\,N = 166.4\,kN$

سراسری ۸۹

۱۱۴- دو مقطع A و B به صورت زیر می‌باشند. مطلوبست تعیین نسبت ظرفیت برشی مقطع A به مقطع B در صورتی‌که مقاومت مشخصه فولاد و مقاومت مشخصه بتن در دو مقطع یکسان باشد؟

۱) $\frac{1}{2}$
۲) ۱
۳) ۲
۴) $\frac{2}{3}$



مقاومت بتن برش در دو مقطع یکسان است

مقطع A ← 0.2

$$0.94 = \frac{2\times\pi\times 6^2}{240} \Longleftrightarrow \frac{3\times\pi\times 5^2}{240} = 0.98$$

مقطع A — مقطع B

$$\Rightarrow \left(V_{rA} < V_{rB}\right)$$

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 سانتی‌مترمربع و تنش تسلیم فولاد برشی برابر با ۳۰۰۰ کیلوگرم بر سانتی‌مترمربع می‌باشد؟ (مهندسی عمران آزاد ۸۷)

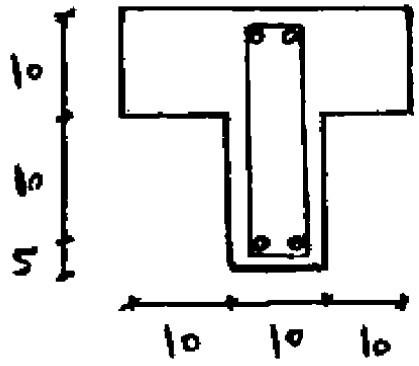
۱) $U\phi$۱۰ به فاصله ۱۵ سانتی‌متر
۲) $U\phi$۱۰ به فاصله ۲۰ سانتی‌متر
۳) $U\phi$۸ به فاصله ۶ سانتی‌متر
۴) $U\phi$۸ به فاصله ۲۲ سانتی‌متر

گزینه ۳

آزاد ۸۸

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 خاموتها از یکدیگر (محاسباتی) چقدر باید باشد؟ (واحدهای شکل برحسب cm می باشد)

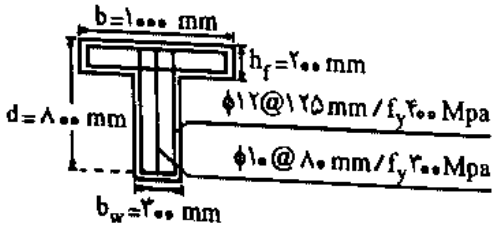
$f'_c = 100 kg/cm^2$ ، $f_y = 3000\ kg/cm^2$ ، $A_v = 0.5\ cm^2$ هر شاخه



۱) 60 cm ۲) 20 cm ۳) 30 cm ۴) 10 cm

$V_s = 0.5\sqrt{f'_c}\,b_w d + \frac{2A_v}{s} d\, f_y \Rightarrow s = 60\,cm$ ⇨ کمتر از $\frac{d}{2} = 10\,cm$ ⇨ گزینه ۴ صحیح است

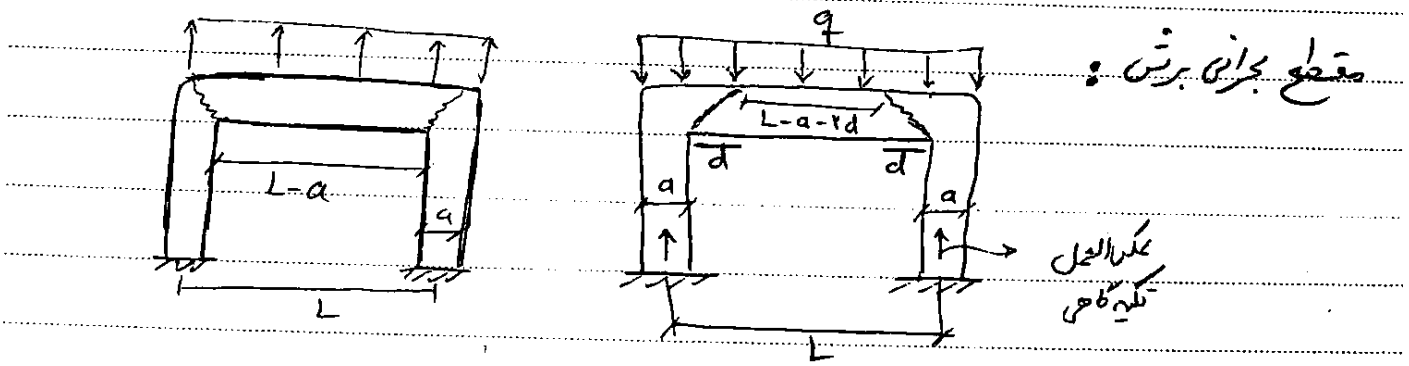
۴- در تیر مقابل با فولادگذاری برشی نشان داده شده، ظرفیت برشی فولادهای برشی به صورت تئوریک کدام است؟ ($\phi_s = 1/0$ منظور شود) (مهندسی عمران ۸۱)



۱) ۸۱۴kN
۲) ۵۷۸kN
۳) ۱۰۲۵kN
۴) ۱۹۴۰kN

$V_s = \sum \frac{A_v}{s} d f_y = \left[\frac{\pi \times 5^2}{80} \times 800 \times 300\right] + \left[\frac{2 \times \pi \times 6^2}{125} \times 800 \times 400\right] = 814678\ N = 814\ kN$

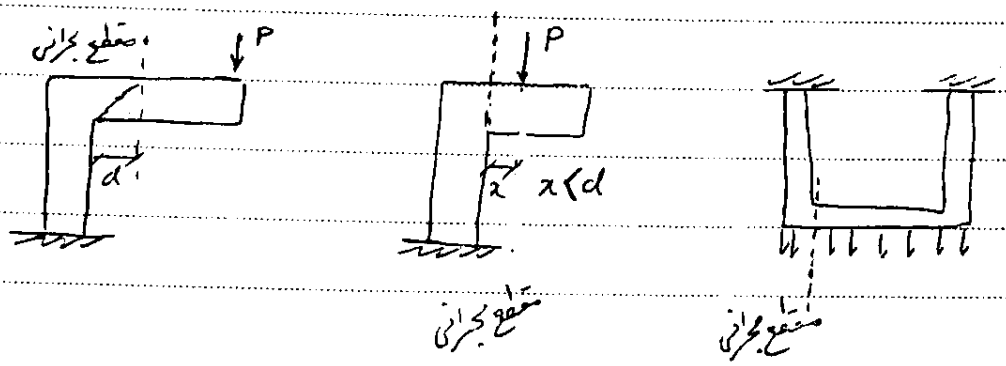
مقطع مجازی برش:



✓ اگر عکس العمل تکیه گاه در امتداد برش اعمال شده در نواحی انتهایی تیر ایجاد فشار کند

✓ و اگر هیچ بار متمرکزی در فاصله بر داخلی تکیه گاه تا مقطع بحرانی وارد نشود

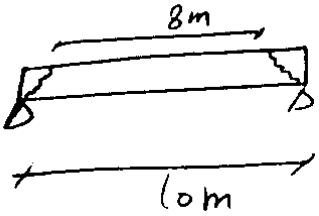
⟸ مقطع بحرانی برای برش نامعلوم d از بر داخلی تکیه گاه است



آزاد ۸۵

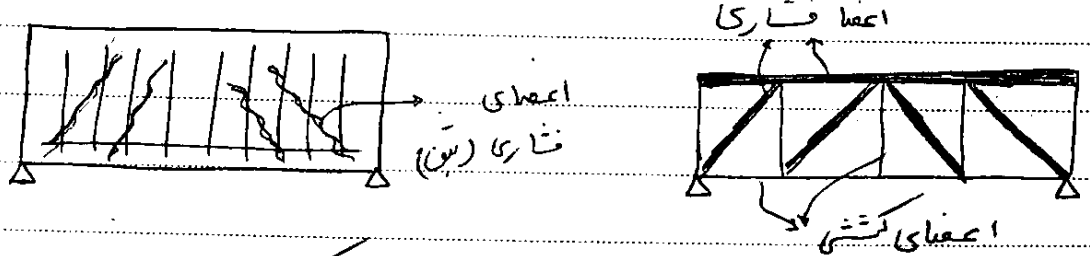
۱۱۸- در یک تیر ساده با طول ۱۰ متر و عمق مؤثر ۱۰۰ سانتیمتر و بار نهایی گسترده ۲۰ KN.m برش نهایی طراحی برابر است با:

۱) ۸۰ KN ۲) ۱۰۰ KN ۳) ۲۰۰ KN ۴) ۱۲۰ KN



$$\rightarrow V = \frac{qL}{2} = \frac{20 \times 8}{2} = 80kN$$

مکانیزم خرابی تحت برش:

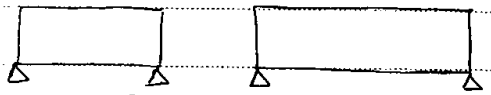


تحت اثر بارهای تمام، اعضای تمام آرماتور و نیز آرماتور طولی بصورت اعضای کششی خرپا و بتن فشاری بالای مقطع و نیز بتن فشاری قطری به صورت اعضای فشاری عمل می کنند.

اگر آرماتور برشی بیشتر از حد اکثر باشد قبل از تسلیم آرماتورهای برشی بتن قطری خراب می شود و شکست ترد

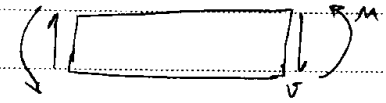
۴-۲- تیرهای عمیق

* تیر عمیق :

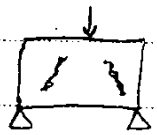


تیر عمیق تیر عادی

← در تیر عمیق مقدار لنگر و برش، مقدار بسیار بالایی دارد و از طرفی چون $V=\frac{2M}{L}$ با کاهش طول (تیر کوتاه) مقدار V بسیار افزایش می‌یابد پس در تیر عمیق مقدار V بسیار قابل توجه است.

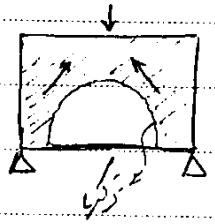


$$V=\frac{2M}{L}$$



✓ در تیر عمیق اول ترک قطری ایجاد می‌شود نه ترک خمشی ←

✓ پس از تشکیل ترکهای قطری، تیر تبدیل به قوس می‌شود ←

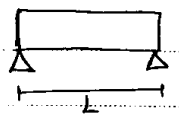


ترکها

✓ تیرهای عمیق با بوجود آمدن ترک قطری خراب نمی‌شود.

با افزایش بار ← (۱) بتن فشاری بالا خراب شود
(۲) آرماتور کششی پایین تسلیم یا از داخل بتن سر خورده خارج شود.

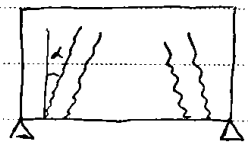
تیرهای عمیق: ✓ تیرهایی که مقدار برش نسبت به لنگر بسیار بالاست.

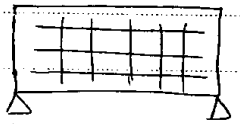


$$\frac{L}{d}<5$$ ✓

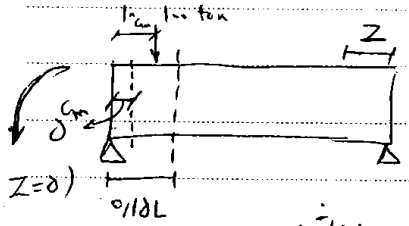
✓ در تیرهای عمیق علاوه بر آرماتور برشی قائم، آرماتور طولی نیز برای برش لازم است.

✓ " " زاویه ترکهای برشی کمتر از ۴۵° است.





✓ مقطع بحرانی برای تیرهای عمیق: اولاً برش را تنها در مقطع بحرانی حساب کرده و برای کل تیر از برش حداکثر محاسبه شده در مقطع بحرانی استفاده می‌کنیم.



$$Z=\begin{cases}0/15d \le d\\ 0/5a \le d\end{cases}$$

↓

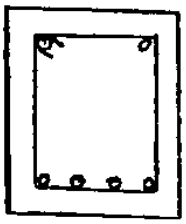
اگر بار متمرکز به فاصله a از تکیه‌گاه وارد شود.

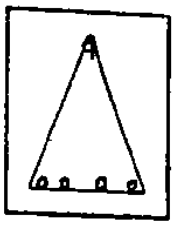
تیر عمیق $V_s=\left[\frac{A_v}{12s}\left(1+\frac{L}{d}\right)+\frac{A_{vh}}{12s_2}\left(11-\frac{L}{d}\right)\right]\phi_s f_y d < 4\sqrt{f'_c}\, b_w d$

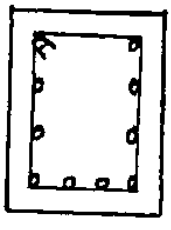
$s<d/5$ $s_2<d/2$

آزاد ۸۶

. طراحی تیری با دهانه های یکسره با طول دهانه آزاد ۵ متر و ارتفاع ۲ متر مدنظر می باشد. کدامیک از آرایش آرماتورها مناسب تر است؟

۱) 

۲) 

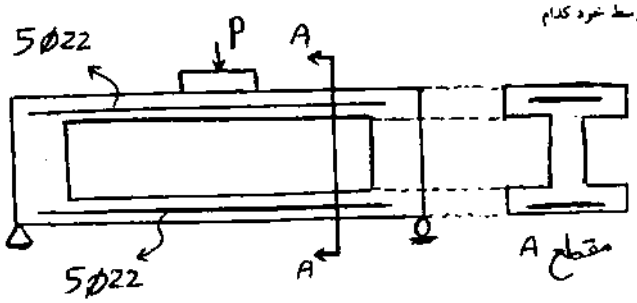
۳) 

۴) هر سه طرح یکسان می باشد

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.

آزاد ۸۸

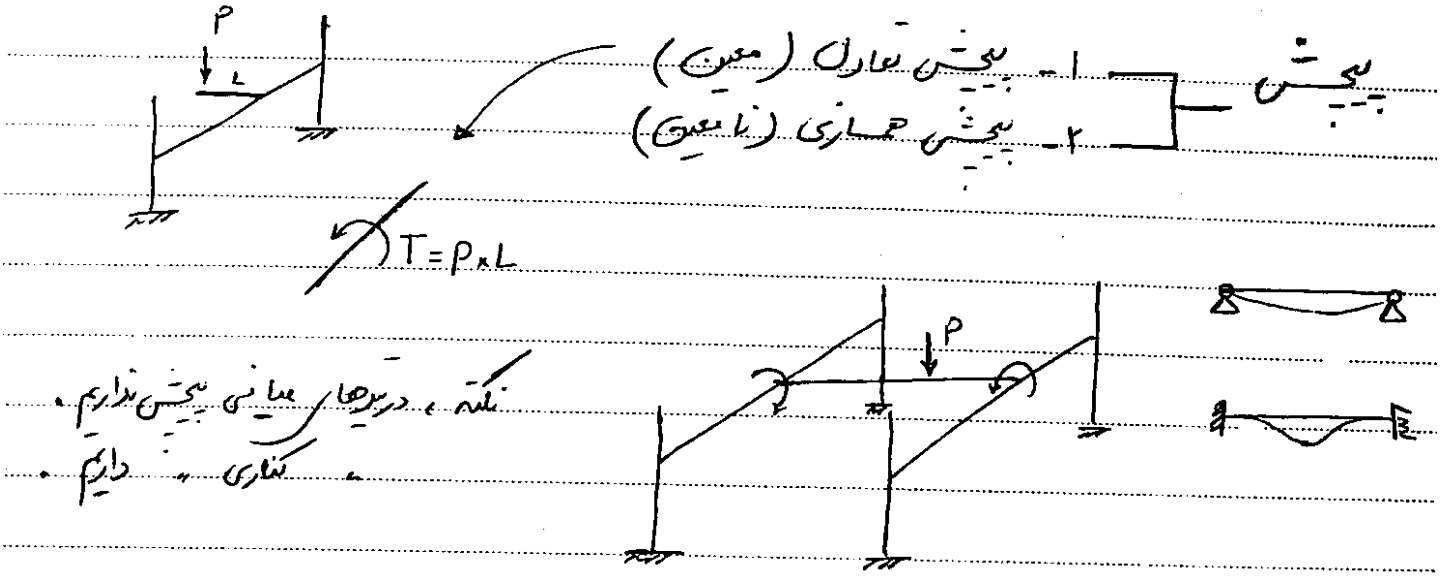
۱۳۸- در تیر دو سر مفصل بتن آرمه روبرو تحت بار متمرکز در وسط خود کدام نوع شکست محتمل تر است؟

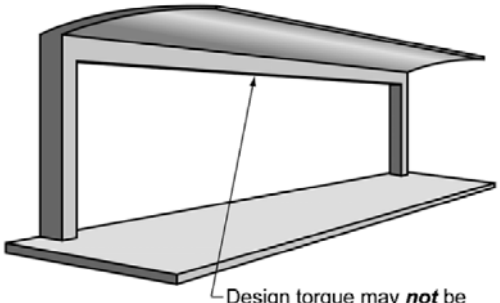


۱) شکست خمشی
۲) شکست خردشدگی جان
۳) شکست برشی در تکیه گاهها
۴) شکست قوس سه

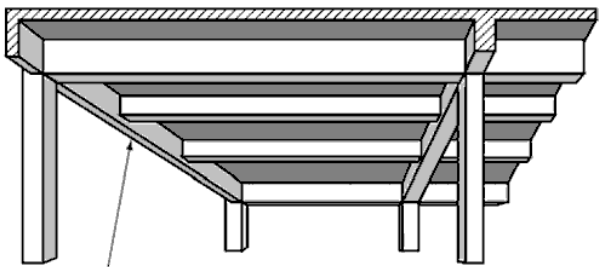
گزینه ۲

۵-پیچش





Design torque may **not** be reduced because moment redistribution is **not** possible



Design torque for this spandrel beam may be reduced because moment redistribution is possible

۳ـ در صورت اتصال گیردار یک تیر، تحت بار قائم به وسط دهانهٔ یک تیر دیگر، می‌توان گفت: لنگر پیچشی ایجاد شد در عضو دوم،... . **(مهندسی عمران ۸۰)**

۱) اکثراً قابل اغماض است.

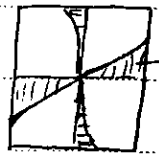
۲) مانند لنگرهای پیچشی تعادلی محسوب می‌شود.

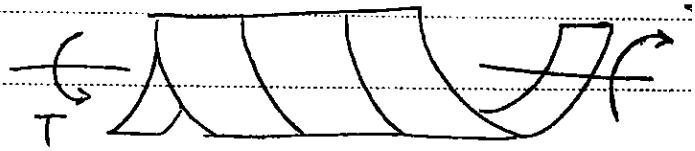
۳) به دلیل امکان باز توزیع لنگرها، کاهش می‌یابد.

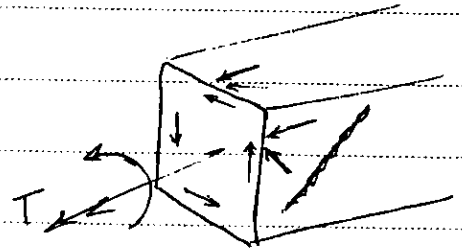
۴) به دلیل امکان باز توزیع لنگرها، افزایش می‌یابد.

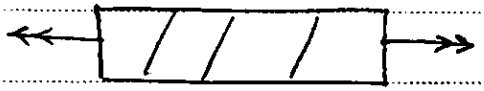
گزینه ۲

تشخیص و تعیین نوع ترک‌ها: ✓ در مقاطع مستقیم حداکثر تنش برشی ناشی از پیچش در وسط ضلع بزرگتر اتفاق می‌افتد.

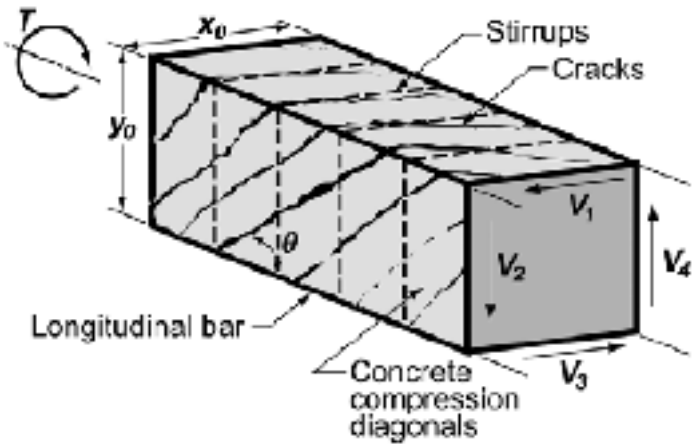


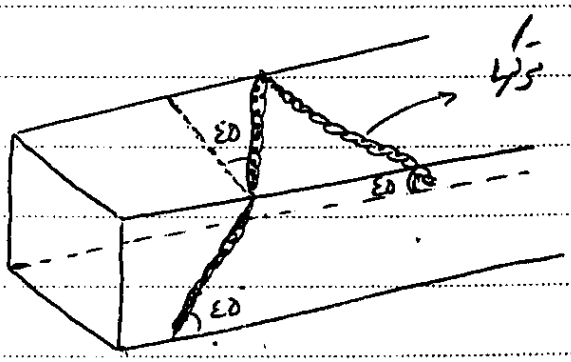






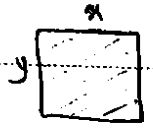
در تیر بدون آرماتور برشی: با اعمال T اولین ترک‌ها در وسط ضلع بزرگ شروع شده و وقتی به ضلع‌های کوچک بالایی و پایینی رسیدند با ترک‌هایی با زوایای نامشخص، ترک پشتی در روبروی به یکدیگر وصل شوند.





مقاومت پیچشی مقطع بتن بدون آرماتور:

$$T_{cr} = 2\frac{A_c^2}{P_c}\gamma_c = 2\frac{A_c^2}{P}(0.2\phi\sqrt{f_c})$$



$A_c = xy$

$P_c = (x+y)2$

T_{cr} مقاومت پیچشی مقطع بتنی است که اگر $T = T_{cr}$ شود مقطع تحت پیچش خراب می‌شود.

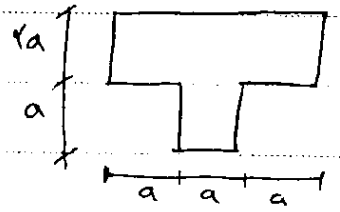
پس از ایجاد ترک بیشتر، مقاومت بتن به حدود ۴۰٪ کاهش می‌یابد ولی آیین نامه از این مقاومت صرفنظر می‌کند یعنی

* قبل از ترک — تنش پیش ترک خوردگی T_{cr} = مقاوم T
* بعد از ترک — تنش پیش مقاوم آرماتورها T_s = مقاوم T

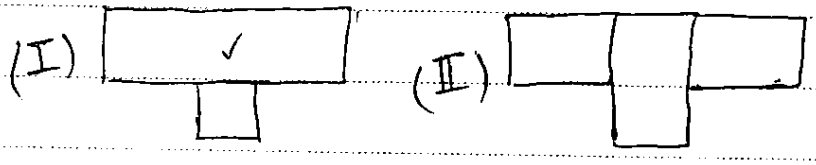
آیین نامه: اگر $T < \frac{T_{cr}}{4}$ ← نیاز به آرماتور پیش نداریم

$T > \frac{T_{cr}}{4}$ ← باید آرماتور پیش استفاده کنیم.

نکته: اگر چند مقطع مستطیلی باهم داشته باشیم:
برای محاسبه T_{cr} برای شکل توق آنرا تبدیل به مستطیل های کوچکتر می‌کنیم.



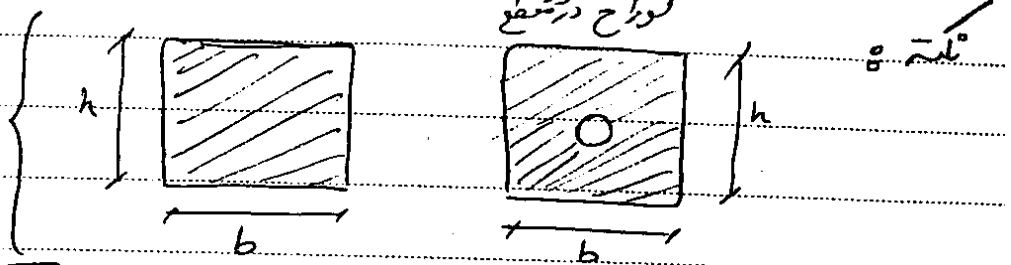
معیار اینکه کدام تقسیم بندی را انتخاب کنیم:
هرکدام که $\Sigma x^2 y$ بزرگتری داشته باشند (x ضلع کوچکتر، y ضلع بزرگتر)



(I) $\Sigma x^2 y = [۲^2 \times ۳] + [۱^2 \times ۱] = ۱۳$ ✓

(II) $\Sigma x^2 y = ۲[۱^2 \times ۲] + [۱^2 \times ۳] = ۷$

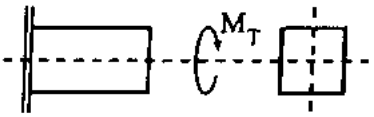
نکته: T_{cr} (مقاومت بتن) هردو یکسان است یعنی $\frac{T_{cr}}{۲}$



$T_{cr} = ۲ \frac{A_c^2}{P_c} \times \gamma_c$

در محاسبه A_c (مساحت کل بتن) سوراخ داخل مقطع را لحاظ نمی‌کنیم (در نظر نمی‌گیریم)

۵ـ در بارگذاری پیچشی وارد بر تیر منشوری بتن آرمه با مقطع مستطیل شکل به صورت زیر، تنش برشی ماکزیمم در کدام قسمت مقطع به وجود می‌آید؟ **(مهندسی عمران ۷۷)**



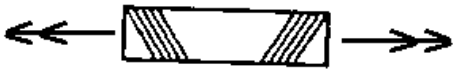
۱) جدار خارجی
۲) داخل هسته مرکزی
۳) مرکز پیچشی
۴) مرکز هندسی

گزینه ۱

۶ـ چنانچه یک عضو بتن آرمه تحت اثر پیچش خالص T قرار گیرد، احتمال کدام شکست بیشتر است؟
(مهندسی عمران ۷۵)

۱)

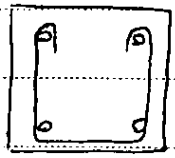
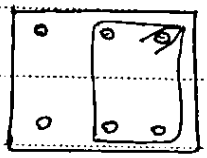
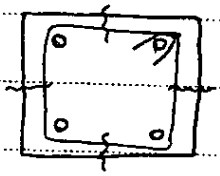
۲)

۳) 

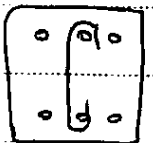
۴)

گزینه ۲

نحوه کارکرد آرماتورهای پیچشی: چون ترک‌ها در جدار خارجی شدیدتر است باید از خاموت‌ها نزدیک به جدار بیرونی استفاده شود

✓ درست — مناسب نیست چون باید در محیط قرار گیرد تا ترک‌ها را بدوزد — ✗ غلط ← در پیچش کار نمی‌کند ولی در برش کار می‌کند.


در پیچش کار می‌کند (ولی در برش کار می‌کند)

$T = \tau(2A_m t)$ جداره نازک بسته $\Rightarrow T = 2A_o \times \frac{A_t}{S} \times \phi_s \times f_{yv} \times \cos\theta$

S: فاصله خاموت‌ها — $A_o \simeq 0.85$ مساحت محصور در داخل خاموت

f_{yv}: مقاومت تسلیم خاموت‌ها — A_t مساحت یک شاخه خاموت

$\cos\theta = 1$

(خاموت‌ها فقط تحت کشش هستند)

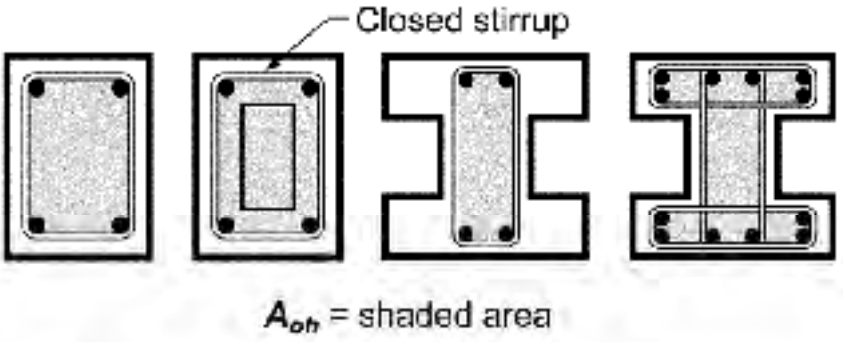
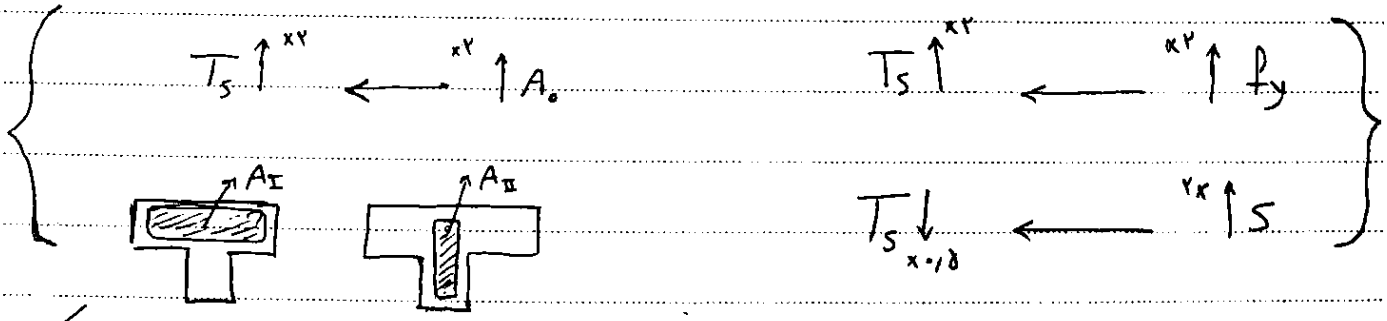


Fig. R11.5.3.6(b) – Definition of A_{oh}

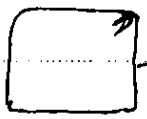
نکته: نباید از آرماتور قوی تر از Fy=400MPa برای آرماتور پیچشی عرضی استفاده کرد.



(نقاط پیچش) ← حاوت طوری قرار می دهیم که بیشترین A را ایجاد کند
(داخل بزرگترین مستطیل)

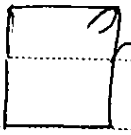
نکته ۲: حاوتهایی که برای پیچش محاسبه می شوند دیگر نمی توان مجدداً برای برش در نظر گرفت و باید به حاوتهای برش اضافه شوند.

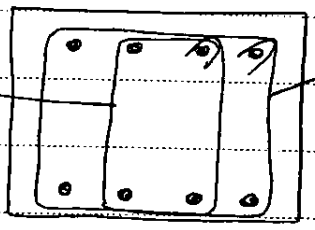
A_v = ۲cm² در برش
A_t = ۱cm² در پیچش



نکته ۲

For ex: A_v = ۴ cm² در برش
A_t = ۱ cm² در پیچش





فرمول حداقل حاوت که در مبحث برش ارائه شده ←

$$\frac{A_v}{s} + \frac{2A_t}{s} > \frac{0.35\, b_w}{f_y}$$

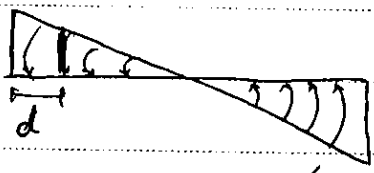
حداکثر فاصله خاموتهای بسته پیچشی :

$$S_{max} = Min\left\{\frac{P_h}{8}, 300\ mm\right\}$$

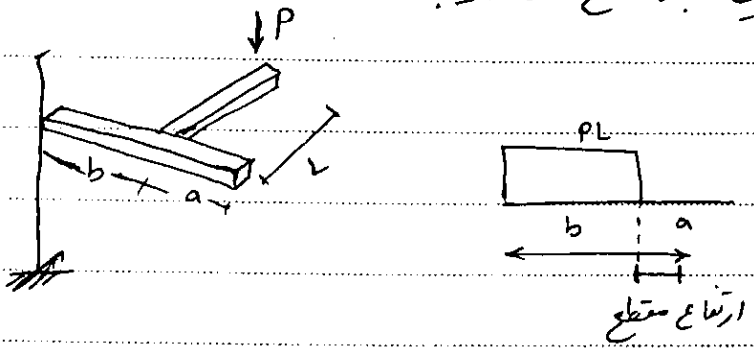
حداکثر مقدار آرماتور پیچشی در مقاطع توپر از رابطه زیر تعیین می‌شود:

$$\sqrt{\left(\frac{V_u}{bd}\right)^2 + \left(\frac{T_u P_h}{1.7 A_{oh}}\right)^2} \le 0.25\phi_c f_c$$

* مقطع بحرانی برای پیچش ← فاصله برشی مقطع بحرانی به فاصله d از تکیه گاه است مگر اینکه پیچش متمرکز اعمال شده باشد.



نکته ۵ آرماتورهای پیچشی باید از انتهای مقطع تئوریک (نقطه‌ای که دیگر از نظر محاسبات نیاز به T_s نیست) 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 پیچشی (مهارینگ ها بخصوص در گوشه ها)
② جلوگیری از باز شدن بیشتر ترک ها.
③ افزایش جزئی در مقاومت پیچش (عمل تاجایی) ← آیین نامه از این افزایش صرفنظر می کند.

* مقدار آرماتور طولی در کابسه T_s وارد نمی شود. یعنی اگر بگوئیم آرماتورهای طولی را ۲ برابر می کنیم T_s چند برابر نمی شود ← تغییر نمی کند.

✓ ولی مقدار آرماتور طولی حداقل به شرح زیر باید علاوه بر آرماتور خمشی به مقطع اضافه گردد.

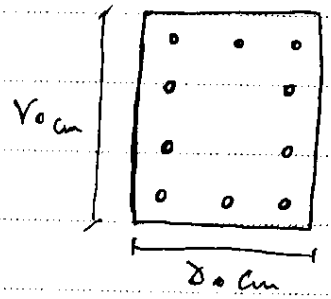
تنش تسلیم آرماتور طولی

$$\frac{A_L \cdot f_y}{P_h} \ge \frac{A_t}{s} f_{yv} \cot\theta$$

← لازم به حفظ کردن نیست

← محیط خاموتها

* آرماتورهای طولی باید در کل محیط گسترده شوند بطوریکه:
✓ حداقل یک آرماتور در هر گوشه خاموت باشد.
✓ تواصل آرماتورها از 30 cm بیشتر نشود.



۱ـ یک تیر بتن آرمه با دهانهٔ ۴ متر و ابعاد مقطع $40 \times 60cm$ تحت لنگر پیچشی ثابت روی ۲ متر اول دهانه است. طراحی خاموت پیچشی برای تیر فوق مطابق کدام گزینه باید انجام گیرد؟

(مهندسی عمران ۸۲)

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 فاصلهٔ قبل از ۲ متر اول دهانه ادامه یابند.

گزینه ۱

۱ـ در مقاطع مستطیل شکل از بتن آرمه تحت اثر پیچش، کدام عبارت صحیح است؟

(مهندسی عمران ۷۳)

۱) ترک‌خوردگی در هسته داخلی مقطع ایجاد شده و تنها فولادهای عرضی که هسته را قطع می‌کنند مقاوم می‌باشند.
۲) ترک‌خوردگی به صورت مورب در پوسته خارجی ظاهر شده و تنها فولادهای عرضی مناسب می‌باشند.
۳) ترک‌خوردگی در هسته داخلی ایجاد شده و تنها فولادهای طولی برای مقاومت در مقابل پیچش مناسب هستند.
۴) ترک‌خوردگی به صورت مورب در پوسته خارجی ظاهر شده و فولادهای طولی و عرضی هر دو برای مقاومت در مقابل پیچش لازم هستند.

گزینه ۴

آزاد ۸۷

۱۳٤- در طراحی یک تیر بتن آرمه برای برش و پیچش همزمان:

۱) از مقاومت بتن در برابر برش و پیچش بعلت ترک خوردگی بتن صرفنظر می گردد.
۲) مقاومت بتن در برابر برش درنظر گرفته شده و از مقاومت پیچشی آن بعلت ترک خوردگی بتن صرفنظر می گردد
۳) مقاومت بتن در برابر برش و پیچش با استفاده از روابط اندرکنش درنظر گرفته می شود
٤) مقاومت بتن در برابر برش و پیچش به صورت مستقل درنظر گرفته می شود

گزینه ۲

۷ـ در صورت نیاز به مسلح کردن یک تیر بتنی تحت پیچش خالص، کدام توصیه مناسبتر است؟
(مهندسی 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

۲ـ در مقاطع بتنی متشکل از چند مستطیل مانند مقاطع L شکل و T شکل، بهترین محل برای قرارگیری فولادهای پیچشی کجا می‌باشد؟ (مهندسی 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 x^2y اجزاء مستطیل تقسیم شوند. (x ضلع کوچک و y ضلع بزرگ هر جزء می‌باشد.)

گزینه ۱

آزاد ۸۶

یک تیر بتن آرمه برای برش و پیچش طراحی شده است. در این تیر، از ظرفیت پیچشی بتن صرفنظر 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 بصورت تنگ بسته فرض می شود)

۱) $\frac{7}{4}$ ۲) 2 ۳) $\frac{5}{4}$ ۴) $\frac{3}{4}$

V_{ST} ← مقاومت پیچشی آرماتورهای عرضی
V_{SV} ← مقاومت برشی آرماتورهای عرضی

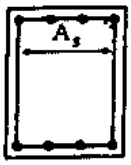
$\Rightarrow \begin{cases} V_{ST} = \frac{1}{2} V_{SV} \\ V_C = \frac{1}{2} V_{SV} \end{cases}$ پس از تقلیل فواصل $\rightarrow \begin{cases} V_{SV} \uparrow^{\times 2} \\ V_{ST} \uparrow^{\times 2} \end{cases} \rightarrow$

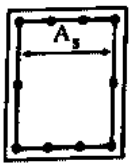
ظرفیت برشی اولیه $= V_C + V_{SV} = \frac{1}{2} V_{SV} + V_{SV} = \frac{3V_{SV}}{2}$
ظرفیت پیچشی اولیه $= V_{ST} = \frac{1}{2} V_{SV}$
$\rightarrow$ جمع ظرفیت $= 2\, V_{SV}$

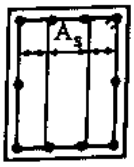
ظرفیت برشی ثانویه $= V_C + 2V_{SV} = \frac{1}{2} V_{SV} + 2V_{SV} = \frac{5V_{SV}}{2}$
ظرفیت پیچشی ثانویه $= 2V_{ST} = V_{SV}$
$\rightarrow$ جمع ظرفیت $= \frac{7\, V_{SV}}{2}$

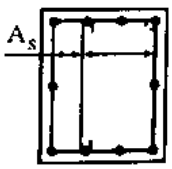
$\frac{V_2}{V_1} = \frac{7}{4}$

۴- برای یک تیر بتن آرمهٔ تحت پیچش، کدام یک از فولادگذاریهای زیر مناسبتر است؟ (جمع سطح مقطع ساقها در همه حالات یکسان است.) **(مهندسی عمران ۷۹)**

۱) 

۲) 

۳) 

۴) 

گزینه ۲

۸- در یک تیر بتن آرمه با فولاد خمشی و بدون فولاد عرضی (خاموت) چنانچه عرض تیر به دو برابر افزایش و عمق تیر به نصف کاهش یابد، کدام یک از تغییرات زیر در مقاومتهای خمشی، برشی و پیچشی (هر کدام به طور مجزا) حاصل می‌گردد. **(مهندسی عمران ۷۳)**

۱) مقاومت خمشی نصف ـ مقاومت برشی بدون تغییر و مقاومت پیچشی نصف می‌گردد.

۲) مقاومت خمشی نصف ـ مقاومت برشی بدون تغییر و مقاومت پیچشی دو برابر می‌گردد.

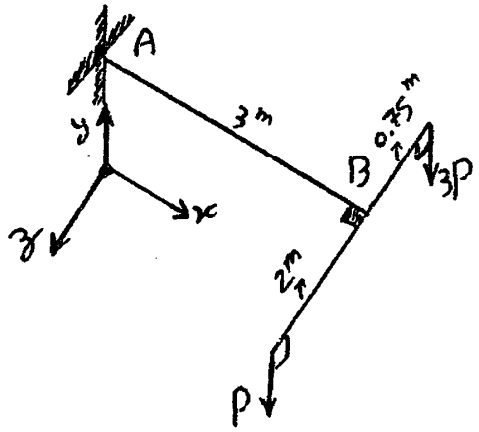
۳) مقاومت خمشی بدون تغییر ـ مقاومت برشی بدون تغییر و مقاومت پیچشی بدون تغییر می‌ماند.

۴) مقاومت خمشی یک چهارم ـ مقاومت برشی بدون تغییر و مقاومت پیچشی دو برابر می‌گردد.

گزینه ۲

آزاد ۸۹

۱۳۸- در سازه شکل روبرو، اگر مقاومت برش بتن 120 KN و لنگر پیچشی ترک دهندگی مقطع بتنی 10 KN.m باشد. حداکثر مقدار P برای اینکه نیازی به استفاده از خاموت در تیر AB نباشد چند KN می‌باشند؟ (۱= ضرایب بار و از وزن سازه در برابر بارگذاری خارجی صرفنظر شود)



۱) ۵ ۲) ۲۰

۳) ۱۵ ۴) ۱۰

گزینه ۴: طبق آیین نامه در صورتی که پیچش اعمال شده کمتر از یک چهارم مقاومت پیچشی ترک خوردگی مقطع باشد، نیاز به آرماتورپیچشی نیست. مشابه این ضابطه در رابطه با برش هم داشیم: در صورتی که برش اعمال شده کمتر از نصف مقاومت برشی بتن باشد، نیاز به آرماتور برشی (خاموت) نیست.

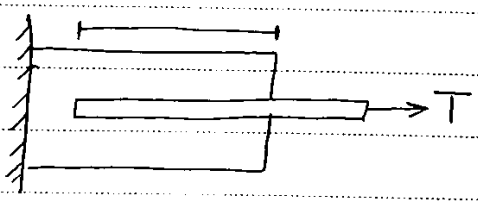
پیچش در تیر برابر است با: $T = 3P \times 0.75 - P \times 2 = 0.25P$

یک چهارم لنگر ترک خوردگی تیر برابر است با: $\frac{10}{4} = 2.5KN.m$

بنابراین: $0.25P < 2.5 \rightarrow P < 10$

۶-مهار آرماتورها

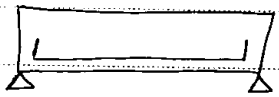
مهار آرماتورها : هدف تعیین حداقل طولی از آرماتور است که در آن بتوان نیروی T را از آرماتور به بتن منتقل کرد.

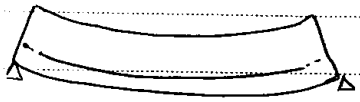


رفتار آرماتورهای صاف :

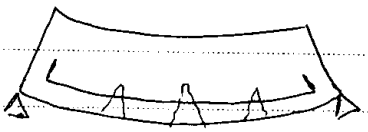
عوامل جلوگیری از لغزش آرماتور صاف در بتن : چسبندگی ناشی از انقباض بتن، اصطکاک ناشی از زبری سطح آرماتور

نیاز به طول مهاری زیاد دارد ولی در نهایت بدون ایجاد شکاف در بتن، در داخل آن می لغزد. ← برای تأمین مهار باید انتهای آن را تلاب کرد.

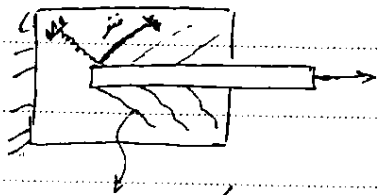




در حالت میلگرد صاف با تلاب انتهایی به علت لغزش آرماتور در خمش کاهش می‌یابد ولی عمق آن افزایش می‌یابد. فواصل تکیه‌گاهی تعداد ترک‌های

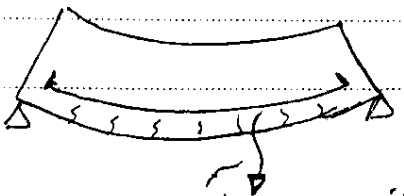


آرماتور آجدار : ✓ آجدار نقش اصلی را در گیرداری (مهار) آرماتور در داخل بتن دارند.
✓ نقش زبری آرماتور و انقباض بتن در مقایسه با عامل بالایی ناچیز است.



* بنابراین خیلی تیز با آرماتور آجدار کمتر از تیز با آرماتور صاف می‌باشد

ترک‌ها ناشی از شکاف بتن



در حالت میلگرد آجدار، تعداد ترک‌ها خمش افزایش می‌یابد ولی عمق آن کاهش می‌یابد.

آجدار

۶ـ چنانچه در یک تیر بتن‌آرمه 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؟ (مهندسی 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 ترک‌های این تیر به مراتب بیشتر از تیرهای با آرماتور آجدار است، ولی عرض ترک‌ها 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 ترک‌ها نیز بیشتر از حالت تیر با آرماتور آجدار است.

۴) پس از بارگذاری، حداکثر تنش در قسمت قلاب انتهای آرماتور اتفاق خواهد افتاد که باعث عریض‌تر شدن ترک‌ها 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 ولیکن گسیختگی چسبندگی درمیلگردهای صاف ازنوع لغزشی و درمیلگردهای آجدار ازنوع شکاف خوردگی می‌باشد.

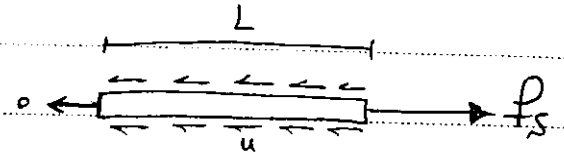
۲) مکانیزم انتقال نیرو در میلگردهای صاف و آجدار متفاوت بوده و گسیختگی چسبندگی در میلگردهای صاف از نوع لغزشی و در میلگردهای آجدار از نوع شکاف خوردگی می باشد

۳) مکانیزم انتقال نیرو در میلگردهای صاف و آجدار یکسان بوده و گسیختگی چسبندگی در هردو 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

* انواع روشهای محاسبه مهار آرماتور:



① روش پیوستگی مجاری:

f_s: تنش در آرماتور

u: تنش چسبندگی بتن و آرماتور

$$f_s \times \frac{\pi D^2}{4} = u \times L \times \pi D$$

$$\Rightarrow \boxed{L = \frac{f_s \times D}{4u}}$$

نکته ۵: طول مهار لازم $L \uparrow$ ← $f_y \uparrow$ (×۲ , ×۲)

قطر آرماتور $D \uparrow$ ← $L \uparrow$ (×۲ , ×۲)

$A \left(D \uparrow^{\times 2}\right) \uparrow^{\times 2}$ ← $L \uparrow^{\times \sqrt{2}}$

بستگی به مقاومت کشش بتن دارد ← $L \downarrow_{0.5}$ ← $u \uparrow^{\times 2}$

(۲) پیوستگی خشن ۵

تعداد آرماتور

$u \times n\pi D \times dx = dF_s$

(المان)

F_s ← u → $F_s + dF_s$

dx

$$\begin{cases} u * n\pi D = \frac{1}{2} \frac{dM}{dx} \\ u * n\pi D = \frac{1}{2} V = \frac{V}{2} \end{cases}$$

تنش برشی در مقطع

$$u = \frac{V}{n\pi D Z}$$

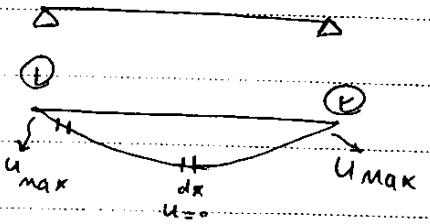
u: تنش بین آرماتور و بتن

n: تعداد آرماتور کشش

D: قطر آرماتورها

Z: بازو لنگر

با توجه به مرحل فوق، تنش پیوستگی خشن در محل هایی که برش ماکزیمم است، بیشترین مقدار را دارد.



F_s نیرو در آرماتور

تغییرات F_s در نقاط ۱ و ۲ زیاد است ولی در جایی که لنگر Max است تغییرات F_s کم است.

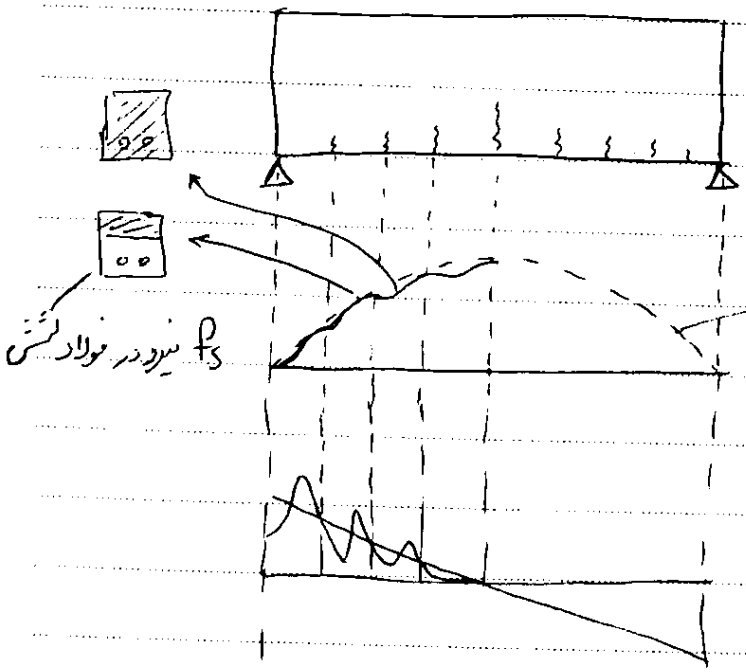
$D \uparrow^{\times 2}$ ← $u \downarrow^{\times 10}$

به شرط اینکه تعداد آرماتورها تغییر نکند.

$D \uparrow^{\times 2}$ ← $n \downarrow^{\times 1/4}$ ← u تغییر نمی کند.

با تغییر تعداد معادل n

تنش پیوستگی خمش ۲



اگر فرض کنیم در هیچ نقطه‌ای بتن کشش وجود ندارد (کل نقاط پایین تیر ترک خورد)

(دیاگرام تنش چسبندگی نسبت به دیاگرام برشی است)

در نزدیکی ترک چون نیروی فولاد کشش ناگهان زیاد می‌شود تنش چسبندگی افزایش می‌یابد.

به نحوی که در نزدیکی ترک بعلت تنش چسبندگی زیاد امکان لغزش بین فولاد و بتن وجود دارد.

نکته ۱: تنش‌های چسبندگی حداکثر در نقاطی وجود می‌آیند که نیروی عطف لنگر باشد و یا لنگر در آن نقطه صفر باشد و یا برش در آن نقطه MAX باشد.

نکته ۲: وجود بتن کششی در بین دو ترک جهت تیر ولا کاهش می‌دهد.

۳ـ تعریف صحیح طول مهاری یا طول گیرایی آرماتور، کدام است؟ (مهندسی عمران ۸۱)

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

۱ـ تنش‌های پیوستگی در طول میلگردهای تیر تحت خمش در چه شرایطی حضور دارند؟ (مهندسی عمران ۸۲)

۱) بین هر دو مقطعی که نیرو در میلگردها تغییر یابد.

۲) فقط بین نقطهٔ 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

(مهندسی عمران آزاد ۸۱)

۲۵ـ چسبندگی بتن بین فولاد آجدار و بتنی ناشی از:

۱) اصطکاک و گیرش بتن و زبری سطح میلگردها و همچنین برآمدگی سطح میلگردها می‌باشد. اما عامل دوم مؤثرتر است.

۲) اصطکاک و گیرش بتن و زبری سطح میلگردها و همچنین برآمدگی سطح میلگردها می‌باشد. اما عامل اول مؤثرتر است.

۳) اصطکاک و گیرش و زبری سطح میلگردها می‌باشد.

۴) برآمدگی سطح میلگردها می‌باشد.

گزینه ۱

(مهندسی عمران آزاد ۸۴)

۲۰ـ کدام گزینه صحیح نیست؟

۱) مقدار نیروی برشی روی طراحی طول مهاری 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 مهاری افزایش می‌یابد.

گزینه ۲. در وصله پوششی نیرو مستقیما منتقل نمی شود بلکه از میلگرد اول به بتن منتقل شده و از بتن نیز به میلگرد بعدی منتقل می شود. ولی در وصله مکانیکی نیرو مستقیما منتقل می شود.

آزاد ۸۶

کدامیک از گزینه های زیر در رابطه با چسبندگی میلگرد در بتن صحیح نمی باشد؟

۱) اهمیت تنش چسبندگی مهاری به مراتب بیشتر از تنش چسبندگی خمشی می باشد.

۲) تنش چسبندگی خمشی بین هردو مقطعی که نیرو در میلگردها تغییر کند وجود دارد.

۳) مقدار تنش چسبندگی خمشی در نقاط عطف تیرهای سراسری و دو انتهای تیرهای ساده ماکزیمم خواهد داشت.

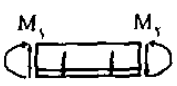
۴) مبنای تعیین طول مهاری آزمایشگاهی تنش چسبندگی مهاری می باشد.

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 می باشد ولی برش صفر نیست و حتی در دو انتهای تیرهای ساده ماکزیمم است.

پس چرا به آن تنش چسبندگی خمشی می گوییم؟! چون به علت **تغییرات** لنگر در طول تیر به وجود می آید که این تغییرات هرچه برش بیشتر باشد، بیشتر خواهد بود.

۹ـ عضو بتن‌آرمه شکل روبرو تحت اثر لنگرهای خمشی نشان داده شده، ترک‌خورده است. نمودارها به ترتیب معرف عوامل زیر هستند؟

(مهندسی عمران ۷۸)

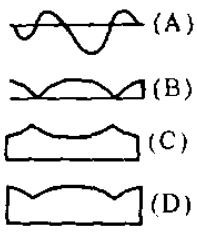


۱) (A) تنش کششی در بتن، (B) توزیع تنش چسبندگی، (C) صلبیت خمشی در حد الاستیک، (D) تنش کششی در فولاد

۲) (A) تنش کششی در بتن، (B) صلبیت 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) صلبیت خمشی در حد الاستیک

۴) (A) توزیع تنش چسبندگی، (B) صلبیت خمشی در حد الاستیک، (C) تنش کششی در بتن، (D) تنش کششی در فولاد



گزینه ۳

۱۷ـ در قطعات خمشی، بتن کششی واقع بین دو ترک متوالی چه تأثیری بر تغییر شکل خمشی قطعه و تنش در فولادهای کششی دارد؟ **(مهندسی عمران ۷۳)**

۱) هیچ تأثیری در تنش آرماتور کششی و در تغییر شکل قطعه ندارد.

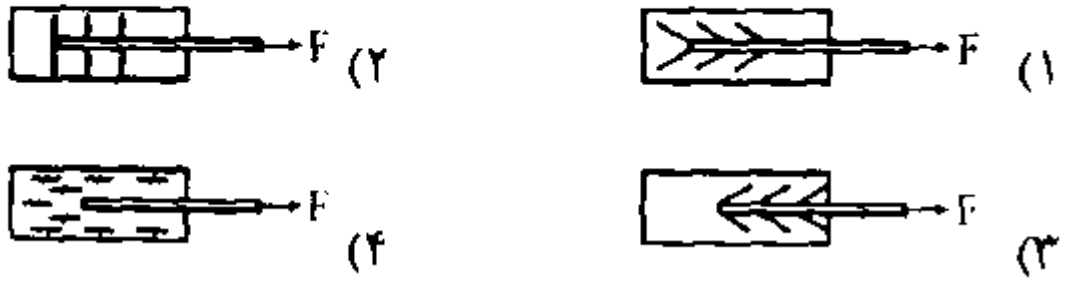
۲) تنش متوسط در آرماتور کششی را کم می‌کند و در نتیجه تغییر شکل خمشی کم می‌شود.

۳) تنش متوسط در آرماتور کششی را کم می‌کند ولی در تغییر شکل خمشی بدون تأثیر است.

۴) تأثیری در تنش آرماتور کششی ندارد ولی باعث کم‌شدن تغییر شکل می‌شود.

گزینه ۲

۱۸ـ با توجه به اصول چسبندگی موجود بین فولاد و بتن، کدام شکل درست‌تر است؟



گزینه ۳. (برای تشخیص ترک از ایده فنر استفاده می کنیم)

روشهای مهار آرماتور: استفاده از طول مهار ← (مقدار مشخصی از طول آرماتور باید در بتن ادامه یابد)

استفاده از قلاب انتهایی (فقط برای میلگرد کششی)

استفاده از وسایل مکانیکی (" " ")

ضریب تأثیر بتن بر آرماتور: $L_d = \frac{f_y}{\sqrt{f_c}} \frac{\alpha \beta \gamma \lambda}{\left(\frac{c + k t_r}{d}\right)} d$ (لازم به حفظ نیست)

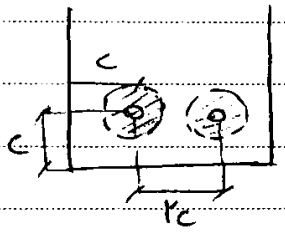
سر بر آرماتور

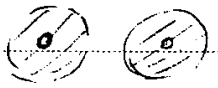
علت انتخاب بتن

طول مهار لازم برای آرماتورهای فوقانی ۱٫۳ برابر آرماتور پایینی است.

نکته: اگر آرماتور موجود بیشتر از آرماتور لازم باشد ← L_d لازم $= L_d$ محاسباتی $\times \frac{A_s \text{ لازم}}{A_s \text{ موجود}}$

γ : $\begin{cases} d < 20^{mm} \longrightarrow 0.8 \\ d > 20^{mm} \longrightarrow 1 \end{cases}$





زودتر خراب می‌شود.

K_t ← برای در نظر گرفتن تأثیر خاموت‌ها روی مقاومت بتن با افزایش $\frac{A_v}{s}$ بتن از محصورشدگی بیشتری برخوردار شده و f_c آن افزایش می‌یابد

$L_d \downarrow \leftarrow \uparrow \sqrt{f_c}$

$L_d \uparrow \leftarrow \uparrow f_y$

$L_d \downarrow \leftarrow \uparrow \frac{A_v}{s}$

$L_d \downarrow \leftarrow \uparrow c$

طول گیرایی میلگرد کششی :

$$L_{dt} \approx \frac{400}{\sqrt{25}} \times \frac{1}{1.5} = \begin{cases} 70d & \text{میلگرد بالایی} \\ 53d & \text{میلگرد پایینی} \end{cases}$$

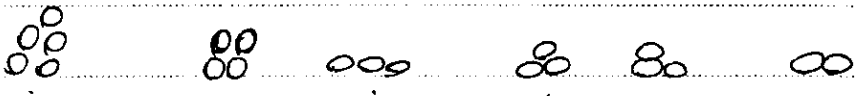
این رابطه گفته می‌شود بدون محاسبه $\frac{c+k_{tr}}{d}$ برابر 1.5 در نظر گرفت.

طول گیرایی میلگرد فشاری :

$$L_{dc} = Max\left\{ \frac{f_y}{4\sqrt{f_c}} \cdot d \; , \; 0.04 f_y \cdot d \right\} \simeq 20d$$

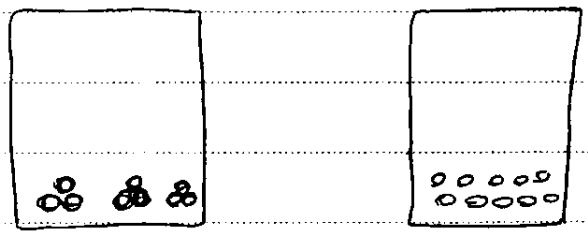
* طول مهاری در فشار کمتر از طول مهاری در کشش است.

طول مهاری کوده میلگرد :



✓ ✓ ✓ ✓ ✗ ✗ حداکثر ۴

علت استفاده : اگر تعداد میلگرد ها زیاد باشد ← فواصل بین میلگرد کاهش می‌یابد و بتن نمی‌تواند از بین آنها رد شود.



طول مهاری براساس هر کدام از میلگردها جداگانه حساب می‌شود

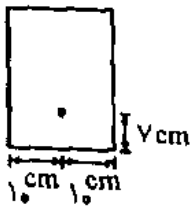
∞ $L_d = L_d$

∞ $L_d = 1/2\, L_d$

∞ $L_d = 1/3\, L_d$ ولی باید طول مهاری را برای هریک از میلگردها آنرا به ترتیب زیر اعداد داد.

نکته: در محاسبات مربوط به طول مهار، ضرایب کاهش مقاومت برابر یک منظور می شوند. یعنی نیازی به ضرب کردن Fy و fc به 0.85 و 0.65 نیست.

۴ـ کدام گزینه، شکل تقریبی ترک‌های به وجود آمده در مقطع نشان داده شده را که در اثر کافی نبودن طول مهاری میلگرد و ترتیب احتمالی تشکیل آنها است، نشان می‌دهد؟ (مهندسی عمران ۸۰)



۱)

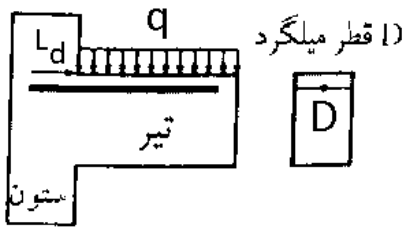
۲)

۳)

۴)

گزینه ۲

۸ـ 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 مهاری لازم در وضعیت جدید چقدر خواهد بود؟ (مهندسی عمران ۷۸)



۱) $\frac{1}{2} L_d$

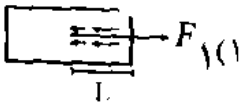
۲) $\frac{\sqrt{2}}{2} L_d$

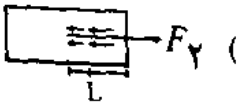
۳) $\sqrt{2}\, L_d$

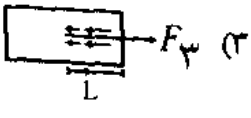
۴) $2 L_d$

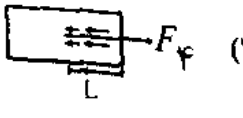
گزینه ۲

۱۱ـ 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، به‌گونه‌ای که تنش کششی حاصله در هر چهار میلگرد با هم برابر باشد، تنش چسبندگی (پیوستگی) بین بتن و میلگرد در کدامیک کمتر است؟ (مهندسی عمران ۷۷)

۱) 

۲) 

۳) 

۴) 

گزینه ۴

۱۶ـ اگر U تنش پیوستگی (چسبندگی) بین بتن و میلگرد، F_s تنش کششی میلگرد و d_b قطر میلگرد باشد، حداقل طول مهاری کششی لازم برای میلگرد برابر است با: (مهندسی عمران ۷۴)

۱) $\frac{2F_s d_b}{U}$ ۲) $\frac{F_s d_b}{4U}$

۳) $\frac{F_s d_b}{2U}$ ۴) $\frac{F_s d_b}{4\sqrt{U}}$

گزینه ۲

۵ـ در یک تیر بتن‌آرمه، برای فولاد کششی، یکبار از میلگرد با $f_y = 3000\ kg/cm^2$ و بار دیگر از همان قطر میلگرد ولی با $f_y = 5000\ kg/cm^2$ استفاده شده است، کدام میلگرد نیاز به طول مهاری بیشتری دارد؟ (مهندسی عمران ۸۰)

۱) میلگرد با $f_y = 3000\ kg/cm^2$

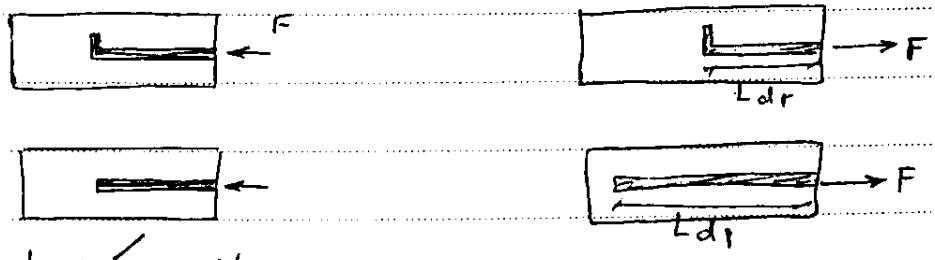
۲) بستگی به شرایط تکیه‌گاهی تیر دارد.

۳) میلگرد با $f_y = 5000\ kg/cm^2$

۴) مقاومت تسلیم فولاد تأثیری در طول مهاری ندارد.

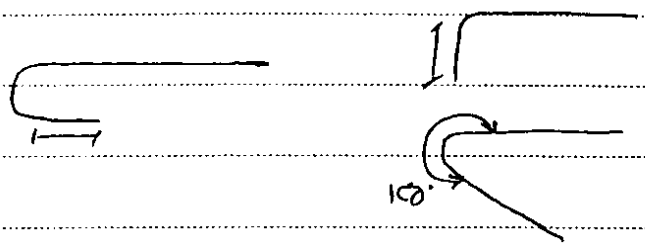
گزینه ۳

قلاب انتهایی ← اگر فضای کافی برای مهار میلگرد وجود نداشته باشد باید از قلاب انتهایی استفاده گردد.
قلاب فقط برای آرماتورهای کششی مؤثر است.



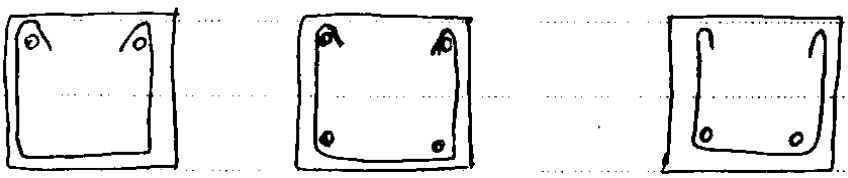
$L_{d1} > L_{d2}$

طول مهاری یکسان است

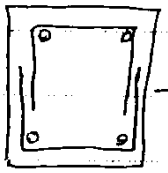


انواع قلاب‌ها

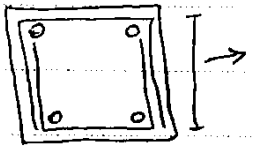
* مهار خاموت‌ها و تنگ‌ها:



غلط ✗ صحیح ✓ غلط ✗



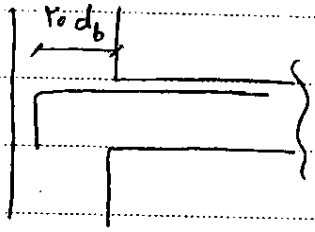
در تیرها می‌توان از این شکل استفاده کرد چون $1,3L_d$ عدد بزرگی می‌شود و عمق تیر اجازه نمی‌دهد و عمق کافی نیست.

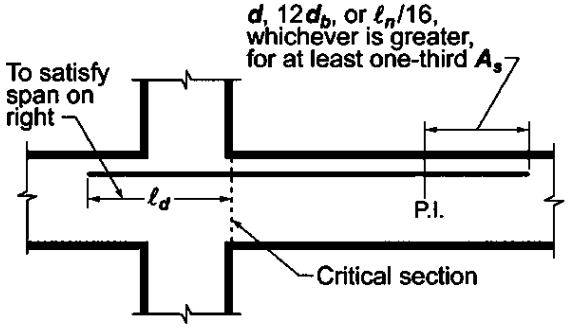


اگر عمق بزرگتر از 45 cm بود (پاها) می‌توان بدون قلاب انتهایی استفاده کرد.

نکته:

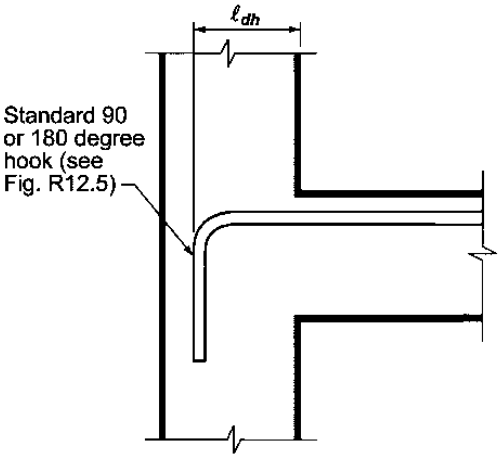
اگر میلگرد محاسبه شده در جدگاهی پوشش بتنی داشته باشند در اینصورت می‌توان بجای $20\,d_b$ از $0,7 \times 20\,d_b$ استفاده کرد.





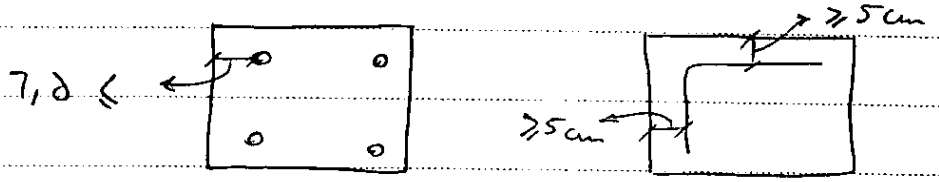
Note: Usually such anchorage becomes part of the adjacent beam reinforcement.

(b) Anchorage into adjacent beam

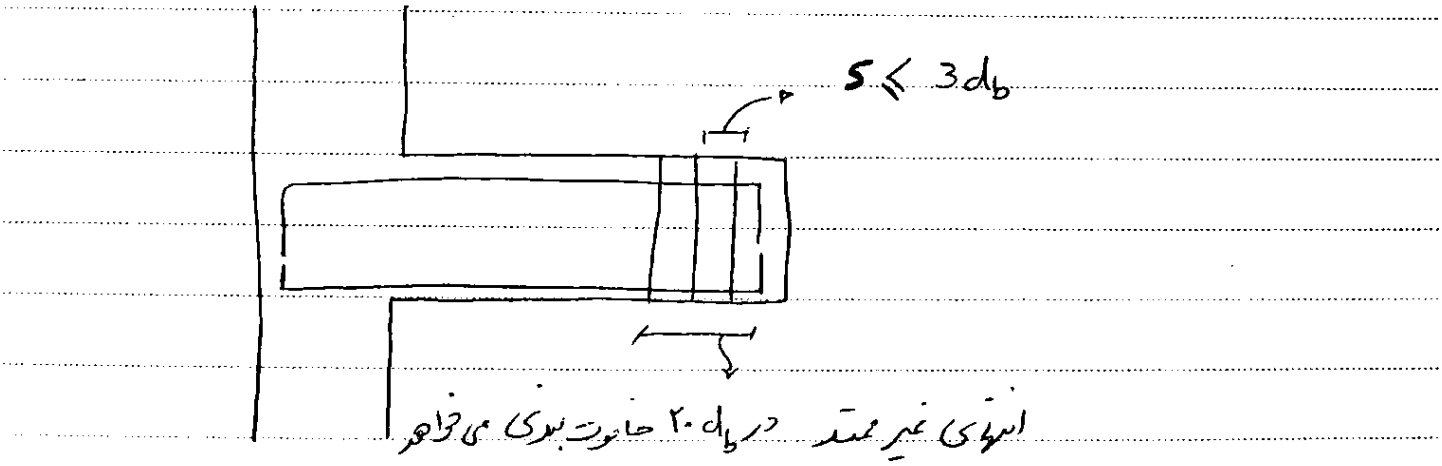


(a) Anchorage into exterior column

Fig. R12.12—Development of negative moment reinforcement.



نکته: در انتهای غیرممتد اعضا (تیرهای طره) اگر پوشش بتنی اطراف میلگرد طولی در منطقه قلاب انتهایی کم باشد (کمتر از 5 cm) باید از خاموتهای مطابق شکل زیر استفاده شود.



سوال: برای انتقال نیروی AsFy 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 ازانتهای 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 AsFy لازم است، "طول گیرایی میلگرد قلاب دار" نامیده می شود.

۳۰- درباره طرح فولاد برشی به صورت شکل مقابل چه نظری دارید؟ **(مهندس عمران آزاد ۸۶)**

۱) از نظر طراحی صحیح است اما چون فولادهای طولی بسته نشده‌اند، طول مهاری آنها زیاد می‌شود.

۲) از نظر طراحی صحیح است اما از نظر اجرایی مشکل است زیرا بایستی میلگردهای برشی را به گونه‌ای به میلگردهای طولی متصل نمود.

۳) از نظر طراحی صحیح نیست زیرا ممکن است میلگردهای برشی در ضمن بتن‌ریزی 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 مهاری مستقیم برای آرماتورهای فشاری امکان‌پذیر نیست. کدام مورد برای مهارآرماتورهای فوق امکان‌پذیر 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 Fy طول مهاری لازم کاهش می یابد. البته برای ثابت نگه داشتن مقاومت خمشی تیر باید تعداد میلگردهای خمشی را افزایش دهیم.

گزینه ۳: با کاهش fc طول مهار یافزایش می یابد.

گزینه ۴: با افزایش قطر آرماتور طول مهاری آن افزایش می یابد.

(مهندسی عمران آزاد ۸۱)

۲۶ـ کدامیک از عبارت‌های زیر در مورد قلاب‌های استاندارد صحیح است؟

۱) فقط برای مهار میلگردهای کششی به کار می‌روند.

۲) برای مهار میلگردهای کششی و فشاری به کار می‌روند.

۳) برای مهار آرماتورهای خمشی قابل استفاده نمی‌باشد.

۴) برای مهار میلگردهای برشی (خاموت) قابل استفاده نمی‌باشند.

گزینه ۱

(مهندسی عمران آزاد ۸۱)

۲۲ـ قرار است از قلاب ۹۰ درجه از انتهای میلگرد طولی خمشی استفاده شود.

۱) می‌توان 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 ۱/۲ برابر فولاد کششی در نظر گرفته شود.

۴) قلاب تنها بخشی از مهار لازم را تأمین می‌کند و بخش دیگر بایستی از طریق اتصال میلگرد به بتن در طول آن تأمین شود.

گزینه ۴

آزاد ۸۹

۱۳۹ـ به منظور کاهش طول مهاری لازم محاسباتی در آرماتورهای طراحی شده تحت فشار در یک مقطع کدام‌یک از راه‌حل‌های زیر از نظر آئین‌نامه مورد قبول نمی‌باشد؟

۱) کاهش تنش تسلیم آرماتور مصرفی در زمان طراحی

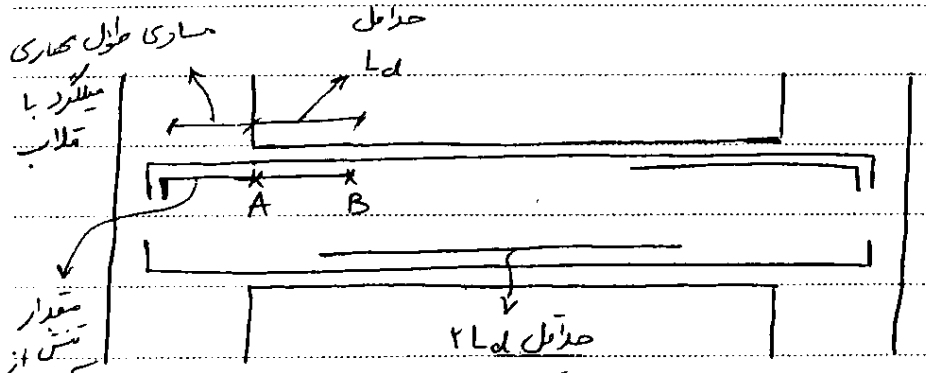
۲) افزایش مقاومت فشاری بتن مصرفی در زمان طراحی

۳) استفاده از قلاب استاندارد

۴) کاهش قطر آرماتورهای مصرفی در زمان طراحی

گزینه ۳

۶-۱- قطع آرماتور در مقاطع تحت خمش



قطع آرماتورها

در نقاطی که لنگر مثبت است باید از آرماتور تحتانی در پایین استفاده شود و برعکس

در نقطه A تنش در آرماتور حداکثر میباشد که بتدریج با حرکت به سمت نقطه B مقدار تنش در آرماتور کاهش میابد تا به صفر برسد. حداقل طول لازم از نظر تئوریک بین نقاط A و B، L_d است ولی نقطه قطع عملی میلگرد بر اندازه‌ی $\max(d \text{ و } 12d_b)$ باید ادامه یابد

تعداد آرماتور عمق مؤثر

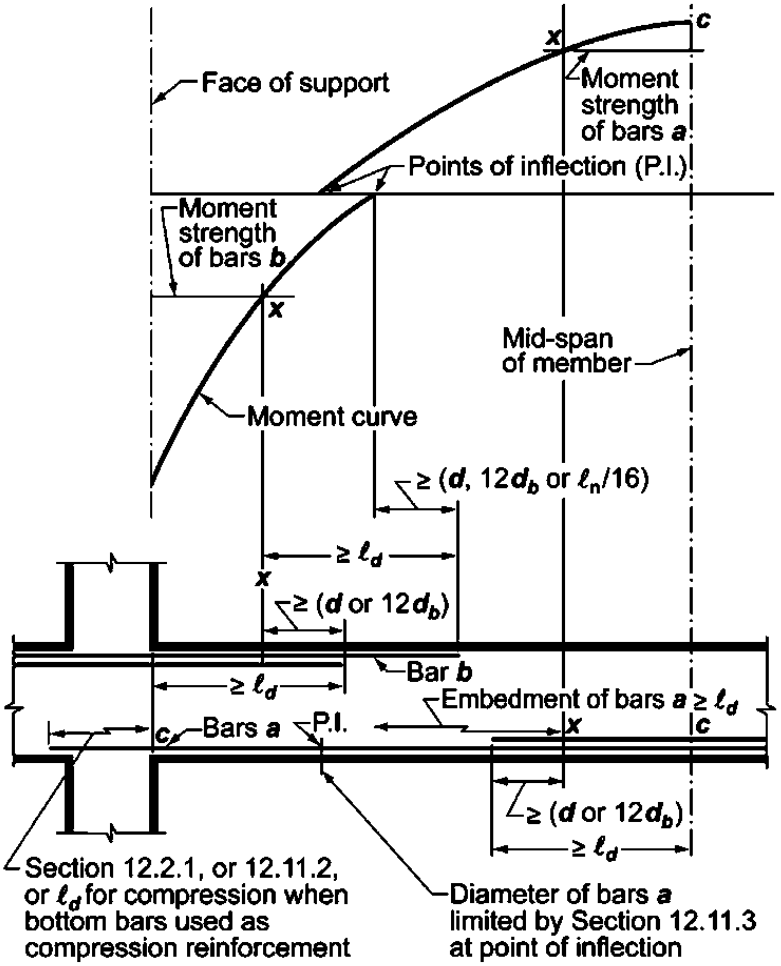
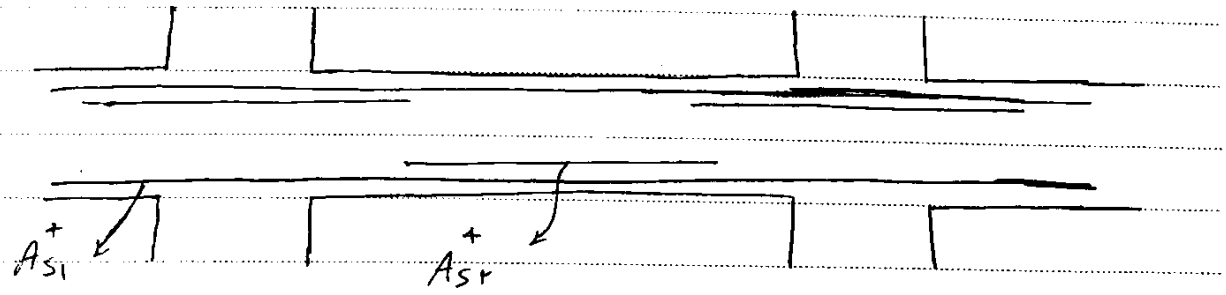


Fig. R12.10.2—Development of flexural reinforcement in a typical continuous beam.

نکته ۲ طول مهاری کششی با قلاب حدوداً $20d_b$ می‌باشد بدون قلاب حدوداً $40d_b$ است.

نکته ۲ حداقل دو میلگرد با قطر ⌀۱۲ یا بیشتر بطور سراسری هم در بالا و هم در پایین باید ادامه یابد.

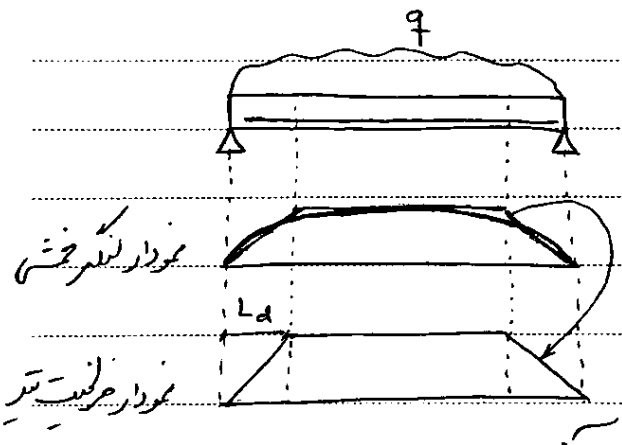


نکته ۳ برای میلگرد خمشی + ← برای تکیه‌گاه ساده $A_{s1}^+ \geq \frac{A_{s1}^+ + A_{s2}^+}{3}$

" " " ← تیردار $A_{s1}^+ \geq \frac{A_{s1}^+ + A_{s2}^+}{4}$

نکته ۴ در محل تشکیل مفصل خمشی یا مناطق خمشی، ظرفیت خمشی مقطع در نقاطی که لنگر مثبت است نباید از نصف ظرفیت خمشی مقطع در نقاطی که لنگر منفی است کمتر شود.

مثلاً اگر $M^- = 30\ ton.m$ ← $M^+ \geq 18\ ton.m$ باید



اگر مطابق شکل، بتوان نمودار لنگر خمشی تیر بیشتر از نمودار ظرفیت تیر باشد، در نقاطی که لنگر صفر است (تکیه‌گاه ساده و نقاط عطف تیر) میلگردها یا خاموی لنگر اعمال شده نیستند.

بهترین راه حل: افزایش شیب نمودار ظرفیت

← کاهش طول مهاری

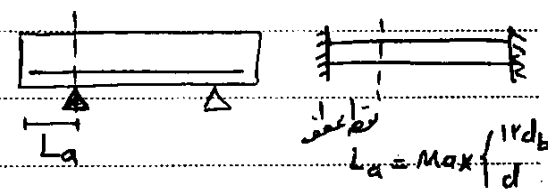
← کاهش قطر آرماتورها و افزایش تعداد آنها

تأثیر برش در طول مهاری: طبق آئین نامه در نقاط عطف و تکیه‌گاه‌های ساده، قطر میلگرد باید طوری انتخاب شود که رابطه زیر تأمین شود:

ظرفیت مقطع

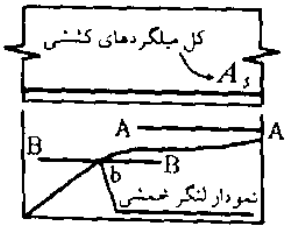
$$L_d \leq \frac{M_r}{V_u} + L_a$$

← برش موجود



$V \uparrow$ ← تیرهای کوتاه با برش (V) بالا ← شیب M بیشتر از ظرفیت می‌شود

۱۰ـ 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 تئوریک و نقطه قطع در عمل به ترتیب در کجا قرار دارند؟ (مهندسی عمران ۷۸)



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 تئوریک در سمت راست b می‌باشد.

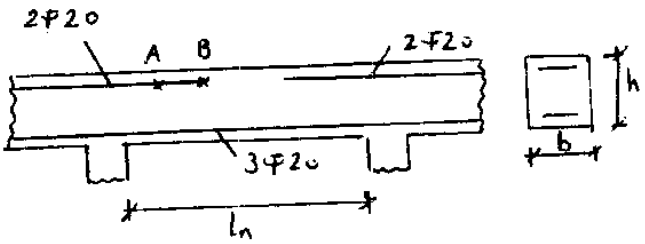
۴) نقطه قطع عملی در b و نقطه قطع تئوریک در عمل سمت چپ b می‌باشد.

گزینه ۲

آزاد ۸۹

۱۳۸ـ در تیر شکل زیر اگر نقطه A محل قطع تئوریک آرماتورهای فوقانی و نقطه B محل قطع عملی طبق آئین‌نامه باشد، فاصله AB چقدر است؟

$b = ۴۰۰_{mm}$ $d = h - ۸۰ = ۴۲۰_{mm}$ $L_n = ۹/۶_m$



۱) ۶۰۰_{mm}

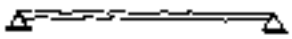
۲) ۲۴۰_{mm}

۳) ۴۲۰_{mm}

۴) ۹۰۰_{mm}

گزینه ۱ (از آنجا که آرماتورهای سراسری قطع شده اند، Ln/16 را هم باید منظور کنیم که حاکم است.)

۱۲ـ در یک تیر ساده بتن‌آرمه تحت بار گستردهٔ یکنواخت بدون آرماتور فشاری که در آن تمام آرماتورهای کششی تا تکیه‌گاهها ادامه داده شده‌اند، آیا امکان دارد که آرماتورها در وسط دهانه مهار شده باشند ولی در نقاط با لنگر کمتر مهار نشده باشند؟ (مهندسی عمران ۷۶)



۱) بله، در صورتی که روی تکیه‌گاه، شیب منحنی ظرفیت لنگر بیشتر از شیب خط مماس بر منحنی لنگر لازم باشد.

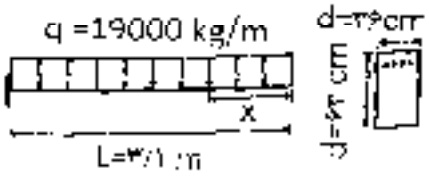
۲) بله، در صورتی که روی تکیه‌گاه، شیب منحنی ظرفیت لنگر کمتر از شیب خط مماس بر منحنی لنگر لازم باشد.

۳) خیر، اگر آرماتورها در مقطع حداکثر لنگر مهار شده باشند، طبعاً در قسمت‌های دارای لنگر کمتر، مشکل ندارند.

۴) خیر، مگر اینکه آرماتورها روی تکیه‌گاه ساده با قلاب مهار شده باشند.

گزینه ۲

۲۷ـ در تیر داده شده شکل زیر با مشخصات تعریف شده در شکل، مقرر شده که مقاومت خمشی نهایی با بستی از رابطه $M_n = \phi/9\, pbd^2 f_y \left(1 - \phi/59\, \rho \frac{f_y}{f_c}\right)$ محاسبه شود. اگر طراح مایل باشد دو عدد از میلگردها را در فاصله x از نقطه A طبق مقررات قطع نماید، مطلوبست x، فاصله حداکثر نقطه قطع تئوریک از A حداکثر x طبق محاسبات بر مبنای مقررات عبارت است از: (مهندسی عمران ۷۵)



۱) $x \leq 1/94\,m$

۲) $x \leq 2/00\,m$

۳) $x \leq 2/27\,m$

۴) $x \leq 2/5\,m$

گزینه ۱

$$\rho = \frac{2 \times 1.6^2 \pi}{63 \times 36} = 0.0071$$

$$M_n = 0.9 \times 0.0071 \times 36 \times 63^2 \times 4200 \left(1 - 0.59 \times 0.0071 \times \frac{4200}{280}\right) = 3593766\ kg.cm$$

۲ میلگرد

$$\frac{qx^2}{2} = M_n \rightarrow \frac{190 \times x^2}{2} = 3593766 \rightarrow x = 194.5\ cm = 1.94\,m$$

توجه به آیین نامه آبا

$$M_n = (\rho bd)(\varphi f_y)(d)\left(1 - \frac{1}{2 \times 0.85} \times \rho \times \frac{\varphi_s f_y}{f_c f_c}\right) = 332409142\ N.mm.$$

(0.85, 420, 0.65, 28, 36°, 63°)

حدود ۱۰٪ اکثر است

۲۸ـ در یک تیر دو سر ساده بتنی مسلح که تحت اثر بار گسترده یکنواختی در طول آن قرار گرفته است، با فرض آنکه اتصال و باند بتن و فولاد در تمام طول تیر سالم و برقرار باشد، کدام عبارت صحیح است؟

(مهندسی عمران آزاد ۸۰)

۱) لنگر خمشی در محل تکیه‌گاه‌ها برابر با صفر است و تنش اتصال و باند بتن و فولاد در تکیه‌گاه‌ها صفر می‌باشد.

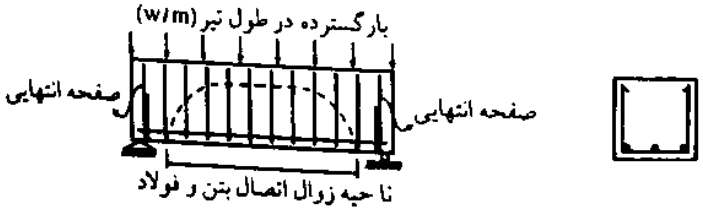
۲) تنش اتصال و باند بتن و فولاد در نقطه‌ای در بین هر تکیه‌گاه و وسط تیر، حداکثر می‌باشد.

۳) تنش اتصال و باند بتن و فولاد در وسط تیر از همه جا بیشتر است.

۴) لنگر خمشی در وسط تیر، حداکثر است، و تنش اتصال و باند بتن و فولاد در آن نقطه برابر با صفر می‌باشد.

گزینه ۴

۲۷- زوال باند و اتصال بتن و فولاد در تیر دو سر ساده شکل روبرو سبب رفتار قوسی (Arch Action) می‌شود. در این حالت، (مهندسی عمران آزاد ۸۰)



۱) وجود صفحات انتهایی سبب می‌شود که تیر دچار زوال نشود اما نیروی کششی فولاد در تمام ناحیه زوال اتصال بتن و فولاد مقداری ثابت می‌باشد.

۲) به خاطر تغییرات لنگر خمشی در طول تیر، نیروی کششی در فولاد در ناحیه زوال اتصال بتن و فولاد متفاوت است. بیشترین این نیروی کششی در وسط تیر رخ می‌دهد اما به خاطر زوال اتصال، توزیع نیروی کششی در ناحیه زوال به مقدار اندکی با وضع پیش از زوال اتصال متفاوت است.

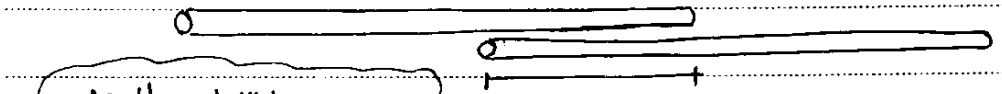
۳) وجود صفحات انتهایی سبب می‌شود که تیر هر دو انتها تا اندازه‌ای لنگر خمشی را تحمل کند و در نتیجه به جلوگیری از زوال تیر کمک می‌کنند.

۴) چنانچه زوال اتصال به شکل نمایش داده شده رخ دهد، تیر به هیچ صورت نمی‌تواند در مقابل لنگر خمشی مقاومت کند و به فاصله زمانی کوتاهی، کل تیر دچار زوال خمشی می‌شود.

گزینه ۱

۶-۲- وصله میلگردها

طول وصله =



طول مهاری L_d ۱٫۳ = طول وصله

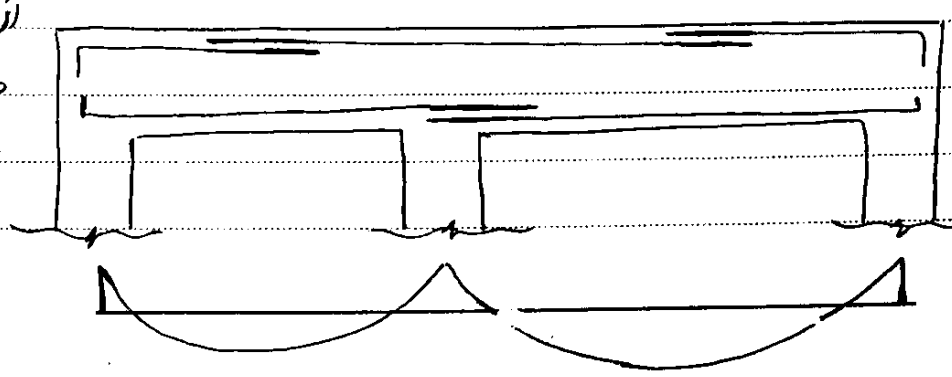
طول وصله

طول وصله برای دو میلگرد مطابق شکل برابر $1.3L_d$ می‌باشد مشروط بر اینکه:

۱- تعداد میلگردهایی که با هم وصله می‌شوند نصف میلگردهای موجود باشند. } با رعایت شروط فوق می‌توان

۲- (مساحت میلگرد لازم) ۲ < (مساحت میلگرد موجود) } بجای طول وصله $1.3L_d$

آن را کاهش داد و L_d در نظر گرفت



نمودار M ←

* در محاسبه طول وصله برخلاف طول مهاری نمی توان طول وصله را بشرح زیر کاهش داد.

طول وصله ≠ 1.3 Ld × مساحت آرماتور لازم / مساحت آرماتور موجود

نکته: طول وصله و طول مهاری در هیچ حالتی نباید کمتر از 30 cm شود.

نکته: فاصله عرضی میلگردهای وصله شونده از یکدیگر:

یا باید میلگردها کاملا به هم بچسبند ←

و یا از هم کاملا فاصله بگیرند ← s

$s < \begin{cases} 15\ cm \\ \frac{1}{5} \text{ طول وصله} \end{cases}$

* بخاطر اینکه بتن بین آنها نیرو را بتواند منتقل کند

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:

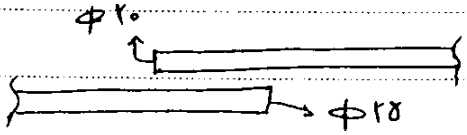
۱- وصله پوششی

۲- وصله جوشی (جوش)

۳- وصله مکانیکی

۴- وصله اتکایی (برقتی بکار می رود که مطمئن باشیم عضو همیشه تحت فشار است)

نکته: طول وصله بر اساس قطر بزرگتر تعیین می شود



آزاد ۸۶

در مورد وصله پوششی میلگردها کدام عبارت صحیح نیست؟

۱) کلیه میلگردها مقطع را نباید در یک محل وصله کرد.

۲) میلگردها را نباید در محل لنگرهای حداکثر وصله کرد.

۳) حداکثر باید پنجاه درصد میلگردهای یک مقطع را وصله نمود.

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 Ld برابر Ld در نظر گرفت. ولی این شروط اجباری نیستند. بنابراین گزینه ۲ به این صورت صحیح است: حداکثر **بهتر** است پنجاه درصد میلگردهای فشاری 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!

آزاد ۸۸

۱۴۰- کدام عبارت صحیح نمی باشد؟

۱) در قطعات خمشی، فاصله دو میلگرد که با وصله پوشش 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.

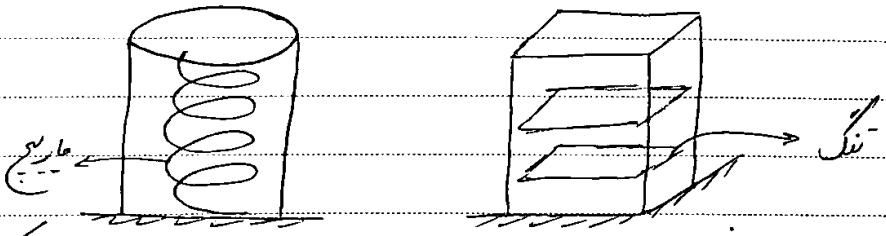
۳) برای مقاومت در برابر پیچش لزوماً میلگرد عرضی باید به صورت بسته باشد.

۴) فاصله محوری بین میلگردهای پیچش طولی توزیع شده در داخل محیط فولاد عرضی نباید بیش از ۳۰ سانتیمتر درنظر گرفته شود.

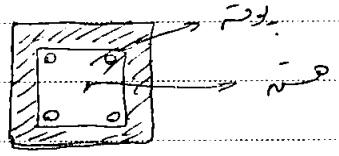
گزینه۱ : فاصله میلگردهای با وصله پوششی نباید از ۱۵ سانتیمتر و نیز از یک پنجم طول وصله بیشتر باشد.

۷-ستونهای کوتاه

ستونها :



در ستونهای تنگ دار با افزایش بیرون فشاری ابتدا پوسته بتن خرد می‌شود سپس آرماتورهای طولی کمانش می‌کند و همراه با آن هسته نیز بالاخره خرد شده و ستون خراب می‌شود.



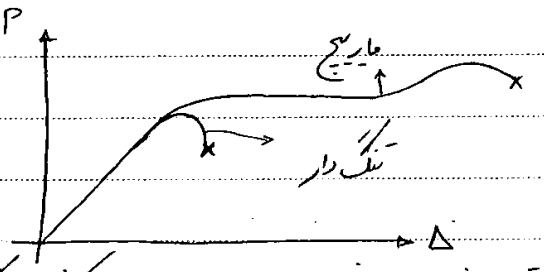
وظیفه آرماتورهای عرضی (تنگ ها) :

۱) جلوگیری از کمانش آرماتورهای طولی و درنتیجه جلوگیری از متلاشی شدن زود هنگام پوشش بتن.

۲) نگهداری آرماتورهای طولی در محل خود هنگام بتن ریزی (سهولت اجراء)

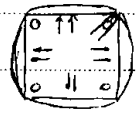
۳) تحمل برش

* فرق ستون مارپیچ با ستون تنگ دار :



در ستون مارپیچ با افزایش بار ابتدا پوسته بتن خراب می‌شود سپس به علت عدم کمانش میلگردهای طولی و بالا رفتن مقاومت هسته بتون تغییرشکل های بیشتری را می‌تواند تحمل کند و پس از افزایش در مقاومت خرابی ستون معمولاً بصورت تسلیم آرماتورهای مارپیچ و سپس خرد شدن هسته انجام می‌پذیرد.

سؤال : اگر در یک ستون ناحیه ی تنگ ها را کاهش دهیم این ستون مانند ستون مارپیچ عمل خواهد کرد یا نه ؟
خیر ، علت شکل غیر یکنواخت تنگ در اثر مشاور داخلی تغییر شکل می دهد و می تواند محصوریت لازم را ایجاد کند.



شکل پذیری ستون مارپیچ > شکل پذیری ستون تنگدار
مقاومت ستون مارپیچ < مقاومت " "
مقدار کمی

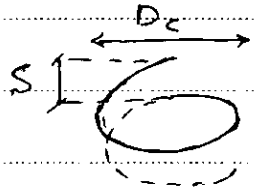
آیین نامه اثر این مقاومت ستون مارپیچ را در نظر نمی گیرد ، علت : چون این افزایش مقاومت پس از تغییر شکل های بزرگ بدست می آید .

مقایسه ستون تنگ دار و مارپیچی : مقاومت فشاری یکسان نیست ولی آیین نامه یکسان می گیرد .
شکل پذیری " "
// فقط مقاومت خمشی یکسان است

نحوه ی طراحی ستونهای مارپیچی : مقدار آرماتورهای مارپیچ باید به گونه ای طراحی شوند که مقاومت هسته ی بتنی بیش از مقاومت کل مقطع باشد .

$$\rho_s = \frac{A_{sp} \times \pi D_c}{A_c \times S} = \frac{4A_{sp}}{SD_c} \geq 0.45\left(\frac{A_g}{A_c} - 1\right)\frac{f_c}{f_y}$$

ρ_s مقدار آرماتور در واحد حجم ، πD_c طول آرماتور در هر گام
S گام مارپیچ ، $A_c \times S$ حجم بتن در هر گام
D_c قطر هسته ی بتن
A_{sp} مساحت مقطع میلگرد مارپیچ

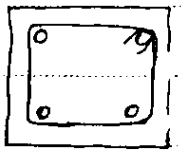


برای اینکه مارپیچ بخوبی نقش محصوریت را انجام دهد باید :
۱) ✓ $\rho_s \geq$ ---
۲) ✓ فاصله آزاد مارپیچ $\leq$ ۷٫۵ cm و $\geq$ ۲٫۵ cm ← برای اینکه بتن رد شود
برای اینکه محصوریت تامین شود .

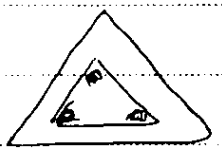
✓ نکته : حداقل قطر آرماتور مارپیچ $\phi 6$ ✓ نکته : فاصله آزاد $\geq \frac{D_c}{6}$

نحوه ی نصب کردن مارپیچ ها : به اندازه ی ۱٫۵ دور اضافه بپیچیدن آن .

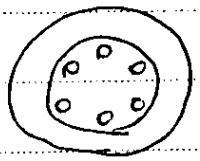
نکته : حداقل تعداد آرماتور طولی در ستونها :



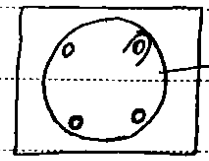
حداقل ۴ تا



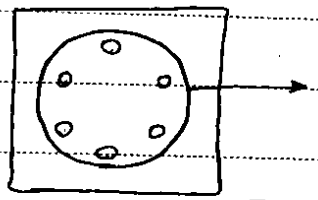
حداقل ۳ تا



حداقل ۶ تا

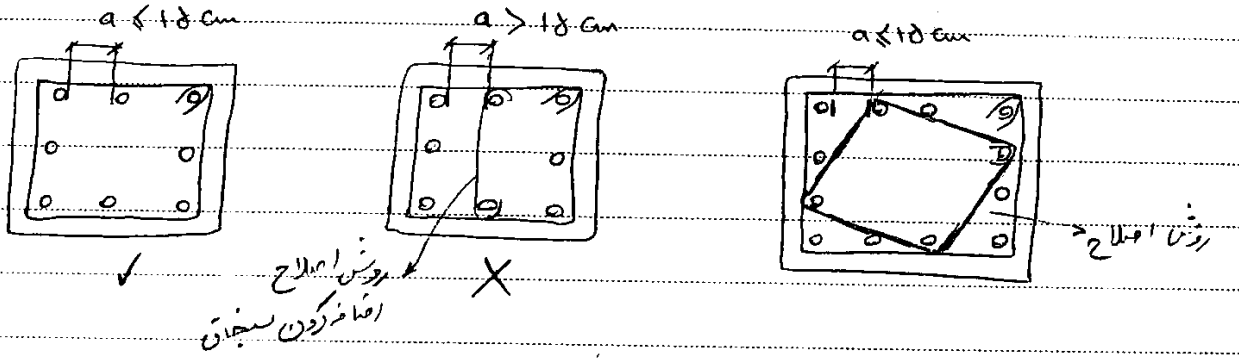


حداقل ۴ تا



حداقل ۶ تا

- آرماتورهای طولی باید بصورت یکی درمیان توسط تنگ‌ها مهار شوند.



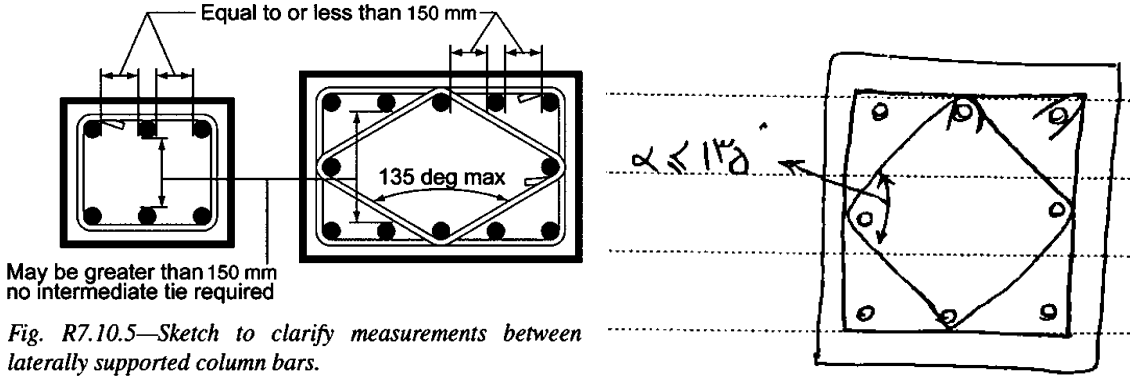


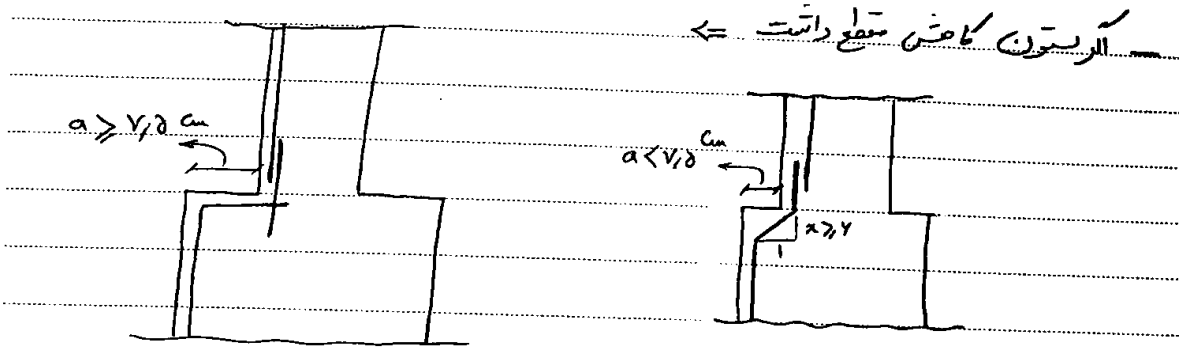
Fig. R7.10.5—Sketch to clarify measurements between laterally supported column bars.

حداقل و حداکثر درصد آرماتور طولی :

حداکثر : $\rho = 6\%$ درصد آرماتور طولی ← علت : اگر درصد آرماتور بیشتر از این شود بتن ستون به علت تراکم زیاد آرماتور کرمو می‌شود (ویبره نمی‌شود)

- اگر از وصله پوششی استفاده شود عموماً باید $\rho \leq 3\%$ باشد .

حداقل : $\rho \geq 1\%$ باشد ← علت : ۱) ستون تردشکن نباشد (بتن آرمه محسوب شود)
۲) کاهش خزش و افت در ستون

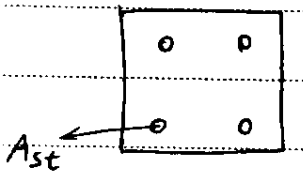


آرایش کاشی متقطع داشت ←

نحوه محاسبه مقاومت فشاری ستونها:

$$P_0 = (0.85 f'_{cd})(A_g - A_{st}) + f_{yd} A_{st}$$

$\hookrightarrow \simeq A_g$



(به علت پدیده خردشدن بتن مقاومت کمتری تحمل می‌کند)

تأثیر خروج از مرکزیت بر مقاومت ستون:

$$P_n = \begin{cases} 0.8 P_0 & \text{ستون تنگ دار} \\ 0.85 P_0 & \text{ستون مارپیچ} \end{cases}$$

به خاطر خروج از مرکزیت

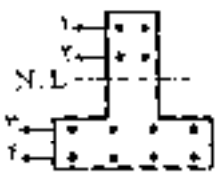
به خاطر شکل پذیر بودن دورپیچ نسبت به تنگ دار

۳۴- مهمترین وظیفه آرماتورهای برشی در اعضای بتنی فشاری چیست؟ (مهندسی عمران آزاد ۸۱)

۱) افزایش مقاومت فشاری بتن
۲) دوختن آرماتورهای اصلی به همدیگر
۳) تأمین مقاومت برشی
۴) جلوگیری از کمانش آرماتورهای اصلی

گزینه ۴

۵- برای یک ستون بتن‌آرمه، با مقطع و فولادگذاری نشان داده شده تحت خمش یک محوره، حالت بالانس (متعادل) چه هنگامی اتفاق می‌افتد؟ (مهندسی عمران ۸۰)



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، پایین‌ترین ردیف فولاد کششی (ردیف ۴) به نقطه جاری شدن برسد.

گزینه ۴

۲۰ـ اگر نیروی محوری فشاری وارده به مقطع یک ستون کمتر از نیروی بالانس (متوازن) باشد، در هنگام گسیختگی مقطع: (مهندسی عمران ۷۴)

۱) در مقایسه با حالت بالانس، لنگر مقاوم مقطع کمتر خواهد شد.

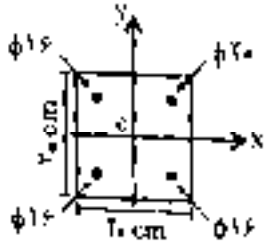
۲) کرنش فشاری حداکثر بتن کمتر از ظرفیت کرنش فشاری بتن خواهد شد.

۳) کرنش کششی حداکثر فولاد کمتر از کرنش تسلیم خواهد شد.

۴) در مقایسه با حالت بالانس، لنگر مقاوم مقطع بیشتر خواهد شد.

گزینه ۱

۱۱ـ مقطع شکست تحت فقط یک نیروی محوری فشاری P در مبدأ مختصات (نقطه ۰) قرار می‌گیرد. اگر تنش مقاوم فشاری متوسط بتن برابر $200\ \frac{kgf}{cm^2}$ و مقاومت تسلیم فولاد برابر $3000\ \frac{kgf}{cm^2}$ باشد، حداکثر نیروی P که می‌توان بر مقطع وارد شود برابر است با: (مهندسی عمران ۷۷)



۱) بیشتر از ۱۰۵۵۹۲ کیلوگرم نیرو.

۲) خیلی بیشتر از ۱۰۵۵۹۲ کیلوگرم نیرو.

۳) کمتر از ۱۰۵۵۹۲ کیلوگرم نیرو

۴) مساوی ۱۰۵۵۹۲ کیلوگرم نیرو.

$P_{10} = (0.85 f_c') \times A_c + A_s f_y = (0.85 \times 20) \times (20 \times 20 - A_s) + A_s \times 300 = 93951 kg$

$3 \times \pi \times 8^2 + \pi \times 100 = 917$

مرکز پلاستیک بر مرکز سطح قرار ندارد ← خروج از مرکزیت داریم و مقدار P مجاز کمتر از مقدار فوق است

بنابراین گزینه ۲ صحیح است

ضوابط آئین‌نامه‌ای برای تعیین حداقل میزان فولاد مارپیچ *(Spiral)* در ستون‌ها بر چه مبنایی استوارند؟ (مهندسی عمران ۸۲)

۱) ستون در باری بیشتر از ستون معادل تنگدار گسیخته شود.

۲) پوستهٔ بیرونی ستون دربارهای نسبتاً کم بدون آسیب باقی بماند.

۳) بار گسیختگی ثانویهٔ مغزهٔ ستون باعث پوسته شدن بتن داخل مغزه گردد.

۴) بار گسیختگی ثانویهٔ مغزهٔ ستون حداقل برابر باشد با بار گسیختگی اولیه پوستهٔ بیرونی آن

گزینه ۴

۲۷ـ کدامیک از دلایل استفاد از تنگهای مارپیچی در ستونها نیست؟ (مهندسی عمران آ(اد 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، تنگ ها باعث ایجاد تنش جانبی می شوند (تنش سه محوره).

۱۶ـ 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 صحیح‌تر است؟ (مهندسی عمران ۷۶)

۱) با افزایش $\frac{A_v}{s}$ شکل‌پذیری افزایش می‌یابد.

۲) با افزایش $\frac{A_v}{s}$ تغییری در شکل‌پذیری حاصل نمی‌شود.

۳) با افزایش $\frac{A_v}{s}$ شکل‌پذیری کاهش می‌یابد.

۴) فقط با افزایش A_v شکل‌پذیری افزایش می‌یابد.

گزینه ۱

۱۸ـ کدام عبارت زیر در رابطه با شکل‌پذیری قاب‌های بتن‌آرمه صحیح است؟ (مهندسی عمران ۷۵)

۱) اثر فولاد فشاری در تیرها باعث افزایش شکل‌پذیری و دورپیچی ستون‌ها باعث کاهش شکل‌پذیری قاب‌ها می‌شود.

۲) اثر فولاد فشاری در تیرها و دورپیچی ستون‌ها باعث کاهش شکل‌پذیری قاب‌ها می‌شود.

۳) اثر فولاد فشاری در تیرها باعث کاهش شکل‌پذیری و دورپیچی ستون‌ها باعث افزایش شکل‌پذیری قاب‌ها می‌شود.

۴) اثر فولاد فشاری در تیرها و دورپیچی ستون‌ها باعث افزایش شکل‌پذیری قاب‌ها می‌شود.

گزینه ۴

۲۳ـ از نظر خاصیت شکل‌پذیری (داکتیلیته) گزینهٔ صحیح کدام است؟ (مهندسی عمران ۷۳)

۱) ستون‌های با تنگ موازی نسبت به ستون‌های دورپیچ ارجح است.

۲) فرقی ندارد.

۳) شکل‌پذیری بستگی به تنگها ندارد.

۴) ستون‌های دورپیچ (با تنگ مارپیچ) نسبت به ستون‌های با تنگ موازی ارجحیت دارد.

گزینه ۴

۳۶ـ براساس آئین‌نامه بتن استفاده از آرماتورهای مارپیچ در ستون‌ها: (مهندسی عمران آزاد ۷۹)

۱) شکل‌پذیری را زیاد می‌کند.
۲) شکل‌پذیری را کم می‌کند.
۳) اثری در شکل‌پذیری ندارد.
۴) مقاومت برشی را کاهش می‌دهد.

گزینه ۱

آزاد ۸۵

۱۱۲- در ستون های مارپیچ 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.

٤) مقاومت خمشی ستون با مقطع یکسان برابر ستون تنگدار است.

گزینه ۴

۱۹ـ در مورد مزیت ستون بتن‌آرمه دورپیچ نسبت به ستون با تنگ‌های منفرد موازی کدامیک از گزینه‌های زیر صحیح‌تر است؟ (با فرض طراحی مناسب آرماتور عرضی) (مهندسی عمران ۷۴)

۱) افزایش پایداری ستون‌های بلند در مقابل کمانش و کاهش شکل‌پذیری.

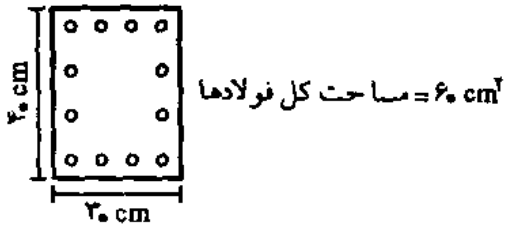
۲) افزایش شکل‌پذیری و مقاومت در مقابل آتش‌سوزی

۳) افزایش شکل‌پذیری و بالا رفتن ظرفیت باربری ستون‌ها.

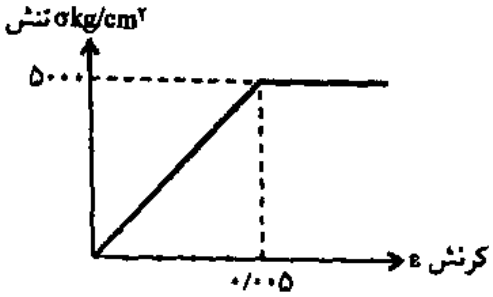
۴) کاهش شکل‌پذیری و بالا رفتن ظرفیت باربری ستون‌های کوتاه.

گزینه ۳

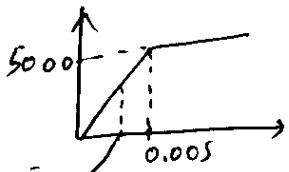
۳۰ـ در مقطع زیر که تحت بار محوری خالص قرار دارد، به جای فولاد از مصالحی استفاده شده است که دارای رفتار تنش ـ کرنش مطابق با شکل زیر است. اگر تاب فشاری سیلندر بتن ۲۸ روزه $f'_c = ۲۸۰\ kg/cm^۲$ باشد، ظرفیت نهایی اسمی (nominal) بار محوری مقطع چه مقدار است؟ (مهندسی عمران آزاد ۸۱)



مساحت کل فولادها = ۶۰ cm²



۱) حدود ۵۰۰ تن ۲) حدود ۴۵۰ تن ۳) حدود ۴۰۰ تن ۴) حدود ۶۰۰ تن



بتن را 0.0035 فرض می‌شود بنابراین در لحظه‌ای که بتن مقدار مقدار تنش در فولاد برابر است با:

$5000 \times \frac{0.0035}{0.005} = 3500\ kg/cm^2 \longrightarrow$

$P_{no} = 0.85 f'_c (300 \times 400 - A_s) + A_s \times 350 = 4956000\ N = 495.6\ ton$

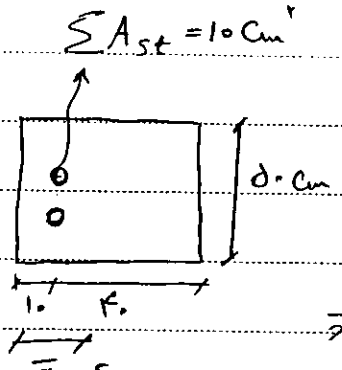
(28 ← f'_c، فشرده، 6000 ← A_s)

آیین نامه قبل ← $\varepsilon_{cu} = 0.003 \rightarrow f_s = 3000\ kg/cm^2 \rightarrow P_{no} = 0.85 f'_c (A_c) + A_s \times 3000 = 465600\ kg$

۷-۱- مرکز پلاستیک

مرکز پلاستیک ← براساس مرکز نیروها تعیین میشود.

مثال: مرکز پلاستیک = ؟



$f'_c = 28$

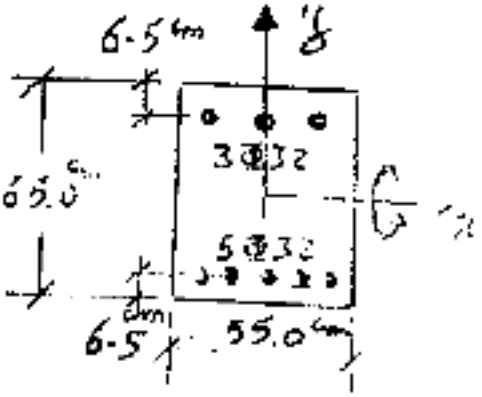
$f_y = 4000$

$$\bar{x}_p = \frac{(10 \times 4000) \times 10 + (0.85 \times 28 \times 50 \times 50) \times 25}{10 \times 4000 + 0.85 \times 28 \times 50 \times 50} = 24.08$$

(نیروی فولاد، نیروی بتن)

سراسری ۹۰

۱۱۸- مرکز پلاستیک مقطع ستون نشان داده شده برای خمش حول محور x با فرضیات زیر نسبت به خط مماس مقطع، چند سانتی‌متر است؟



- استفاده از بلوک تنش مستطیلی وینتر
- 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.

$f'_c = 210 kgf/cm^2$ $\quad E_s = 2\times10^6 kgf/cm^2$

$f_y = 2400 kgf/cm^2$ $\quad \Phi 32 = 8.0 cm^2$

۱) $y = 0.0$ ۲) $y = -1.21$ ۳) $y = -1.09$ ۴) $y = -1.53$

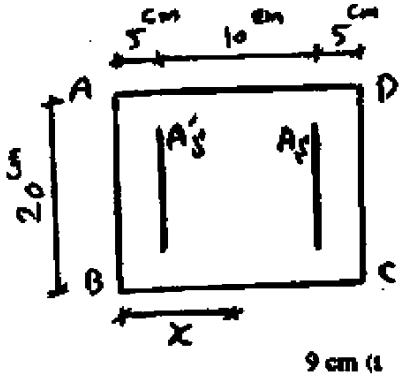
118

$$\bar{y} = \frac{-2 \times 8 \times (2400 - 0.85 \times 210) \times \left(\frac{65}{2} - 6.5\right)}{\left[0.85 \times 210 \times 65 \times 55 + 8 \times 8 \times (2400 - 0.85 \times 210)\right]}$$

$\rightarrow \bar{y} = -1.184\ Cm$

یا منحنی گزینه‌ای نیست!

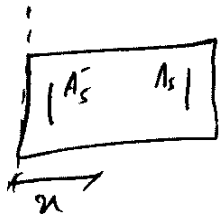
آزاد ۸۸



۱۳۷- در مقطع ستون نشان داده شده فاصله مرکز پلاستیک تا وجه AB (x) کدام است؟

$f'_c = 200kg/cm^2$, $f_y = 4000kg/cm^2$, $A_s = 8.5cm^2$, $A'_s = 2A_s$

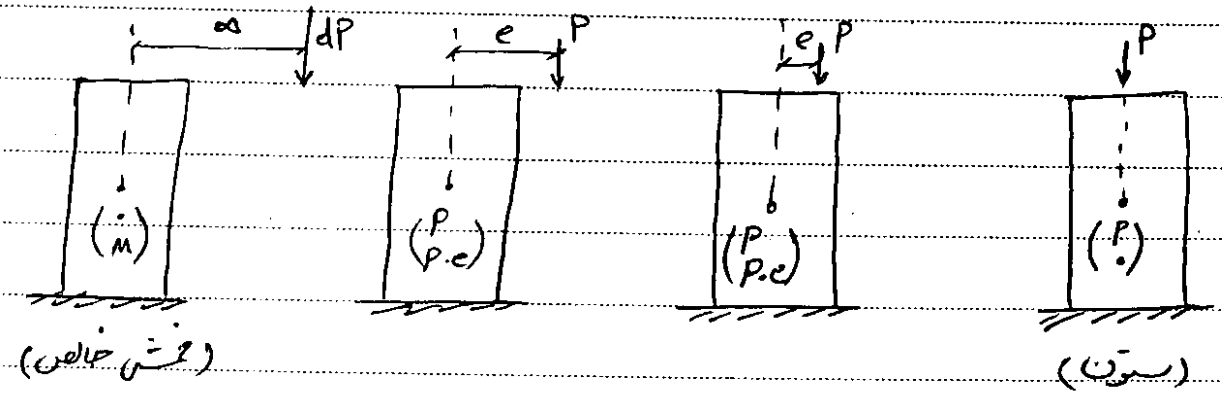
1) 10 cm 2) 12.5 cm 3) 6 cm 4) 9 cm

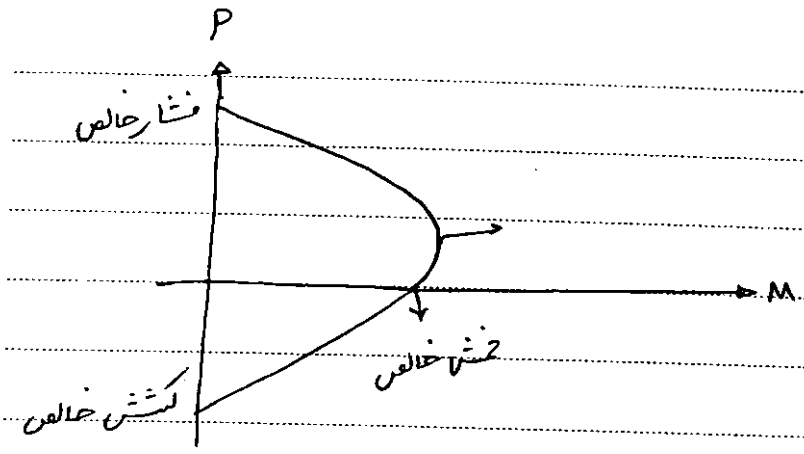


$$x = \frac{(A'_s \times 4000)\times 5 + (A_s \times 4000)\times 15 + \overbrace{(0.85\times 200)}^{0.85f'_c}\times\overbrace{(20\times 20)}^{A_c}\times 10}{(A'_s + A_s)\times 4000 + (0.85\times 200)\times(20\times 20)} = 9\,cm$$

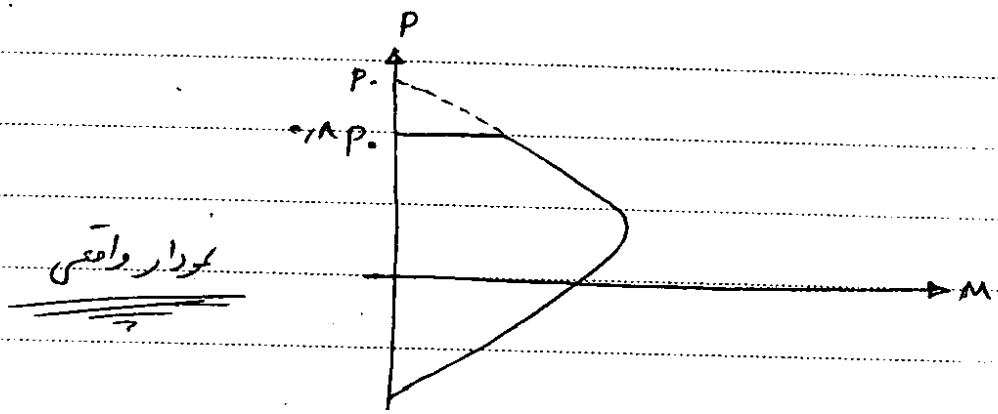
۷-۲- اندرکنش خمش و نیروی محوری

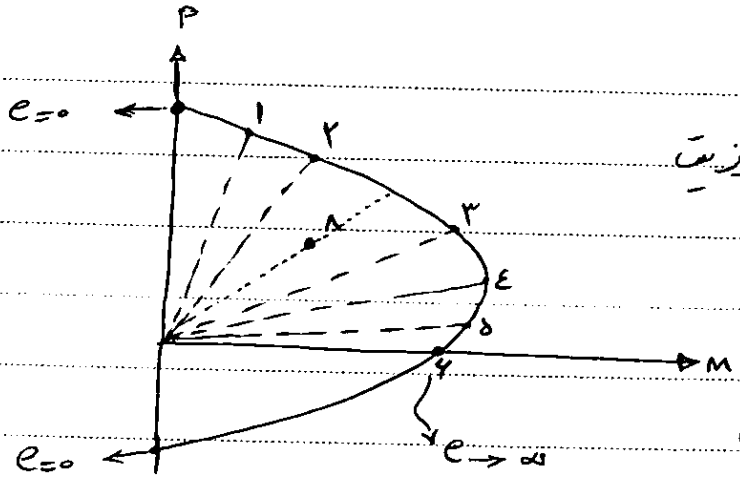
ترکیب نیروی محوری و خمش:





- با کاهش بار محوری ممکن است ظرفیت لنگر افزایش یا کاهش یابد.
- با توجه به اینکه آرماتورها نامتقارن باید خروج از مرکزیت احتمالی را در نظر بگیریم، نمودار واقعی بصورت زیر است ←

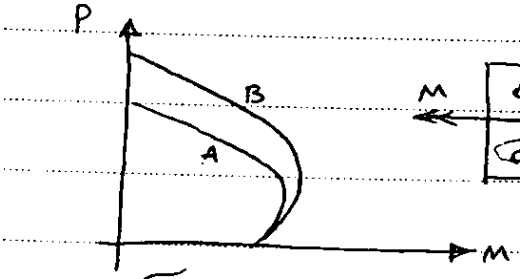




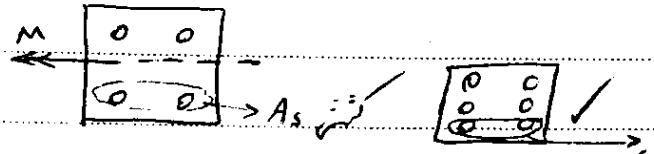
$e = \frac{M}{P}$ خروج از مرکزیت

$e_4 > e_5 > e_6 > \dots > e$

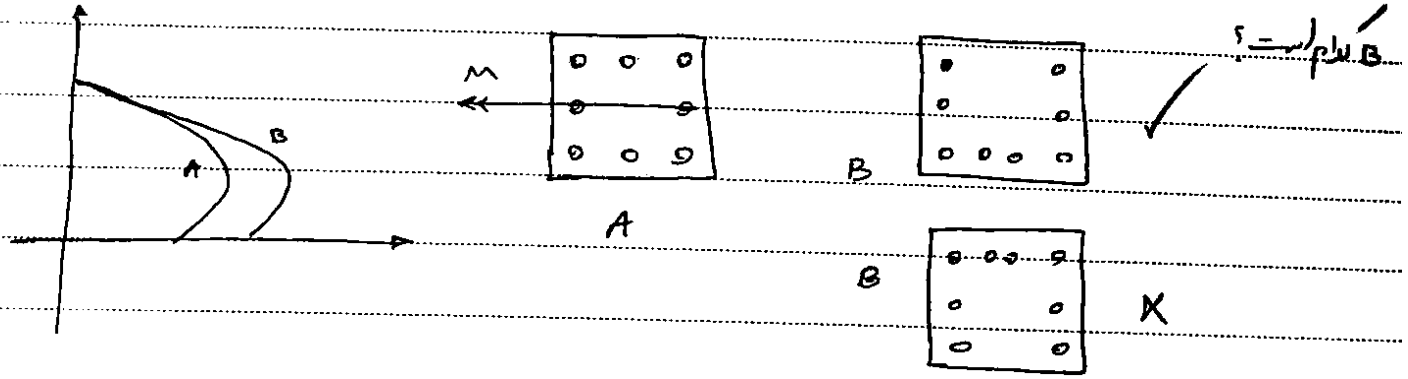
$e_2 < e_1 < e_3$



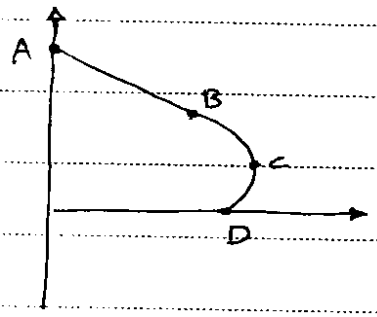
تست: B کدام است؟



از آنجا که خروج از مرکزیت خشی حرود مقطع یکسان است مساحت آرماتورهای کشش در حدود مقطع با دیگران باشد و از طرفی چون مقاومت خمشی مقطع B بیشتر است تعداد آرماتورهای B باید بیشتر از A باشد.

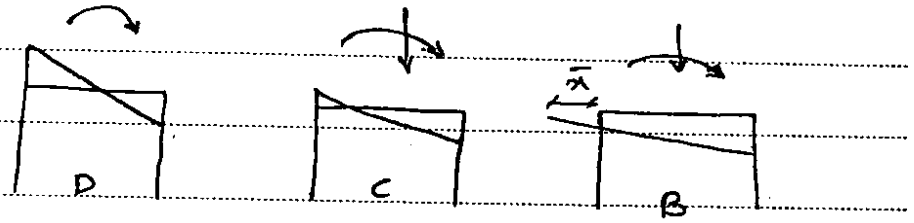


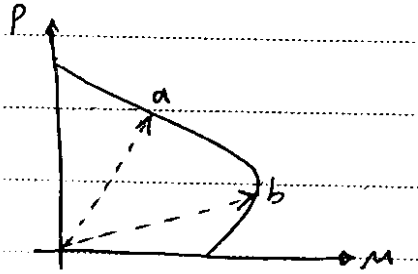
B کدام است؟



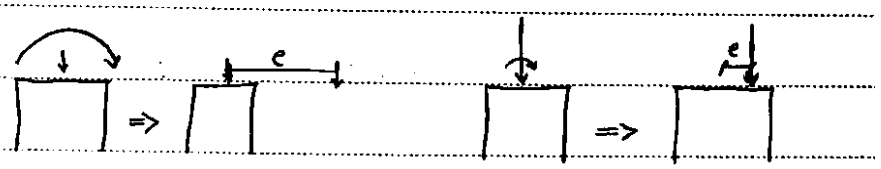
با حرکت از A تا D محل تار خنثی ؟

به سمت A که می رویم تار خنثی پایین می رود





سوال : کدام میر e (خروج از مرکزیت) بیشتر است ؟ ← b

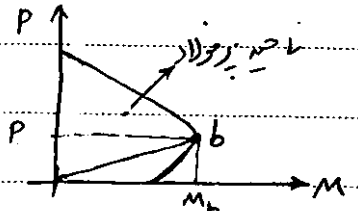


✓ کدام میر تار خنثی از مرکز پلاستیک دورتر است ؟ ← a (هرچه P بیشتر ← تار خنثی دورتر)

✓ " " احتمال تسلیم شدن آرماتور کششی وجود دارد ؟ ← b (وقتی فشار خالص داریم (a) همه جا در فشار است و کشش نداریم و هرچه M بیشتر شود کشش بیشتر می شود)

✓ کدام میر سختی خمشی ستون بیشتر است ؟ ← a با افزایش فشار محوری انحنای ایجاد شده کمتر می شود پس سختی خمشی ستون در نقطه a بیشتر است .

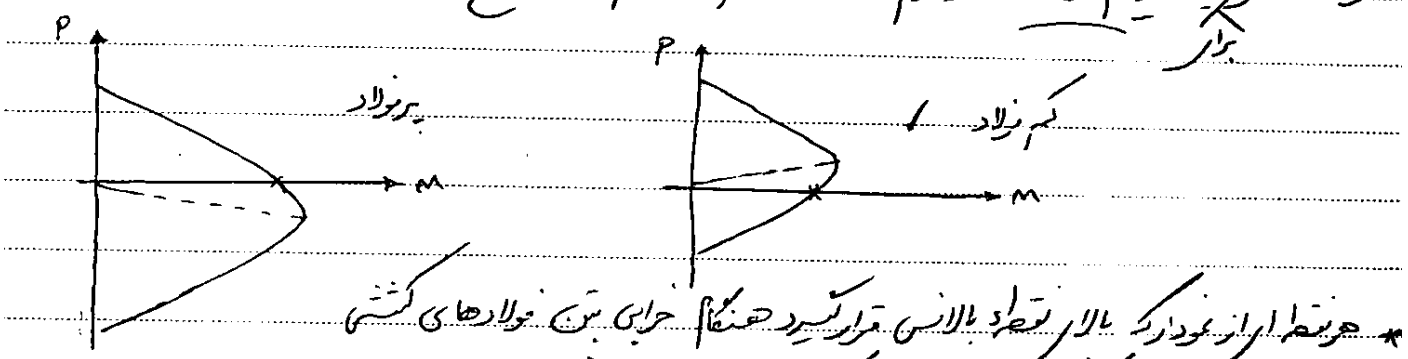
اگر خروج از مرکزیت بار محوری به گونه ای باشد که دقیقاً به نقطه b در شکل بریم نقطه مورد نظر را نقطه بالانس (متعادل) می نامیم .



تمام نقاط زیر خط چین فولاد کم

میزی محوری دیگر متناظر با نقطه b را میزی محوری و لنگر بالانس می نامیم .

سوال : اگر یک تیر کم فولاد دیاگرام اندرکنش رسم شود کدام نمودار صحیح است؟



برای

* هرنقطه از نمودار که بالای نقاط بالانس قرار گیرد هنگام خرابی بتن فولادهای کششی جاری نمی شوند و شکست متقارن از نوع شکست فشاری (ترد) خواهد بود.

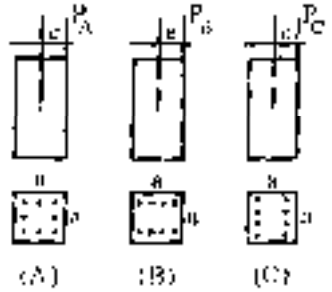
نکته : قسمت کششی نمودار اندرکنش تقریباً خطی میباشد و براحتی میتوان ترکیب های مختلفی از کشش و لنگر را بروی نمودار بدست آورد.

۶- در تحلیل یک مقطع بتن مسلح تحت اثر توأم خمش و فشار با خروج از محور ناچیز کدام فرض به واقع نزدیک‌تر است؟ (مهندسی عمران ۷۸)

۱) مقطع ترک‌نخورده و تار خنثی مقطع در خارج مقطع قرار می‌گیرد.
۲) مقطع ترک‌خورده و تار خنثی مقطع در داخل مقطع قرار می‌گیرد
۳) مقطع ترک خورده و تار خنثی مقطع در فاصله بی‌نهایت قرار می‌گیرد
۴) مقطع ترک‌نخورده و تار خنثی مقطع بر روی مرکز پلاستیک مقطع قرار می‌گیرد

گزینه ۱

۷- ستون مربع شکلی به ضلع a و با ۸ عدد میلگرد مشابه به سه صورت A، B و C مطابق شکل‌های زیر مسلح شده است. اگر در هر سه حالت خروج از مرکزیت لبه‌ی فشاری e یکسان باشد، کدام رابطه در مورد قدرت فشاری نهایی ستون‌ها صحیح است؟ (مهندسی عمران ۷۸)



۱) $P_B > P_C > P_A$ ۲) $P_B = P_C > P_A$
۳) $P_A > P_C > P_C$ ۴) $P_C > P_A > P_B$

گزینه ۳

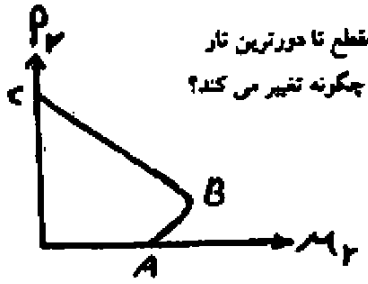
۳۷- برای جاری شدن فولادکشی در ستون‌ها باید: **(مهندسی عمران آزاد ۷۹)**

۱) مقدار خارج از محوری برابر e_b باشد
۲) مقدار خارج از محوری کمتر از e_b باشد.
۳) رابطه‌ای بین خارج از محوری و e_b موجود نمی‌باشد.
۴) مقدار خارج از محوری بیشتر از e_b باشد.

گزینه ۴

آزاد ۸۸

۱۳۵- در مورد دیاگرام اندرکنش نیرو- لنگر خمشی مطابق شکل، فاصله محور خنثی مقطع تا دورترین تار فشاری و همچنین خروج از محوریت نیروی فشاری به ترتیب از نقطه A به B و به C چگونه تغییر می کند؟



۱) کاهش- افزایش ۲) افزایش- کاهش
۳) کاهش- کاهش ۴) افزایش- افزایش

گزینه ۲

۳۴-کدامیک از عبارت‌های 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 می‌شود.
۳) شکست فشاری فقط در اعضای خمشی مجاز است.
۴) شکست فشاری تحت هیچ شرایطی برای اعضای فشاری و اعضای خمشی مجاز نمی‌باشد.

گزینه ۲

۳۵-شرط جاری شدن فولاد کششی در ستون‌ها:

(مهندس عمران آزاد ۸۱)

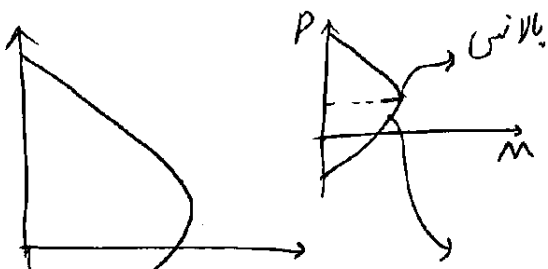
۱) مقدار خارج از محوری کمتر از e_b باشد.
۲) مقدار خارج از محوری برابر صفر باشد.
۳) مقدار خارج از محوری برابر بینهایت باشد.
۴) مقدار خارج از محوری بیشتر از e_b باشد.

گزینه ۴

سراسری ۹۰

۱۱۵- اگر نیروی محوری وارده به مقطع یک ستون بتن آرمه کمتر از نیروی بالانس (N_{bal}) باشد، در هنگام گسیختگی مقطع چه اتفاقی خواهد افتاد؟

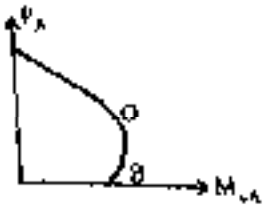
۱) لنگر مقاوم مقطع در مقایسه با حالت بالانس بیشتر خواهد شد.
۲) لنگر مقاوم مقطع در مقایسه با حالت بالانس کمتر خواهد شد.
۳) کرنش کششی حداکثر فولاد کمتر از ۰/۰۰۲ خواهد بود.
۴) کرنش فشاری حداکثر بتن کمتر از ۰/۰۰۳ خواهد بود.



115 گزینه (2)

در پایین تر از نقطه بالانس لنگر مقاوم کاهش می یابد. از طرفی مقطع کم فولاد محسوب می شود و از آنجا که فولادی کششی در مقطع کم فولاد جاری می شود، گزینه ۲ نادرست است.

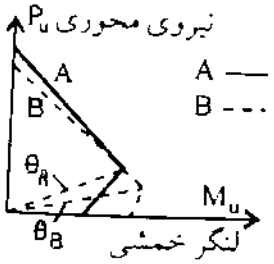
۲۱- برای نمودار اندرکنش (توأم) نیروی محوری - لنگر خمشی مربوط به یک ستون بتن مسلح، کدامیک از گزینه‌های زیر درباره سختی (EI) ستون صحیح است؟ (مهندسی عمران ۷۴)



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

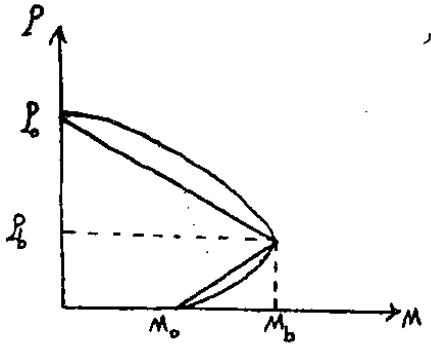
۳۱- چنانچه در یک ستون کوتاه بار محوری افزایش یابد، چه اتفاقی برای ظرفیت اسمی *(nominal)* خمشی ستون رخ می‌دهد؟ (مهندسی عمران آزاد ۸۱)

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 $M = \frac{1}{2}M_b$ برده و دورترین آرماتورهای کششی تسلیم شده باشند مقدار ρ برابر است با:



۱) $\rho = \rho_b + \frac{M_b \rho_b}{2(M_o - M_b)}$
۲) $\rho = \frac{\rho_o + \rho_b}{2}$
۳) $\rho = \frac{\rho_o - \rho_b}{2}$
۴) $\rho = \rho_b - \frac{M_b \rho_b}{2(M_o - M_b)}$

گزینه ۱

۲۹ـ 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 می‌باشد. 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؟

(مهندسی عمران آزاد ۸۲)

۱) M_n هم حتماً افزایش می‌یابد.

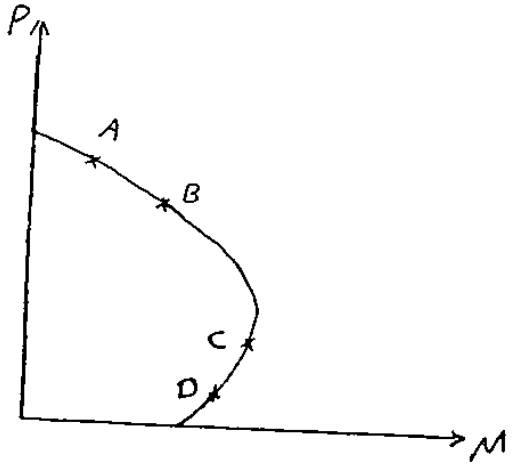
۲) افزایش یا کاهش M_n بستگی به مقدار P_n دارد.

۳) M_n حتماً کاهش می‌یابد.

۴) M_n تغییر نمی‌کند 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)

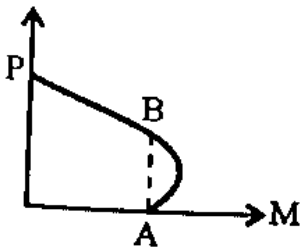
۱) B ۲) C

۳) A ۴) D

گزینه ۳

۲۶ـ در یک مقطع بتن‌آرمه که تحت نیروی محوری فشاری و لنگر خمشی حول یک محور اصلی قرار دارد. منحنی اندرکش 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 غیرصفر است. کدامیک از عبارات زیر درست است؟

(مهندسی عمران ۷۱)



۱) محل محور خنثی در دو نقطه A و B یکسان نیست.

۲) محل تار خنثی در دو نقطه A و B یکی است ولی کرنش فولاد در B کمتر از A است.

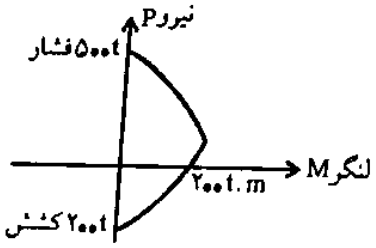
۳) محل محور خنثی یکی است ولی کرنش ماکزیمم فشاری در B بیشتر از A می‌باشد.

۴) هیچکدام

گزینه ۱

۱۷- ستون بتن‌آرمه‌ای در فشار خالص دارای ظرفیت باربری فشار $500\,ton$ و در خمش خالص دارای ظرفیت خمشی $200\,t.m$ و در کشش خالص ظرفیت باربری کششی $200\,ton$ می‌باشد. چنانچه لنگر وارد بر این ستون $150\,t.m$ باشد، حداکثر کشش قابل اعمال به ستون به طور توأم با این لنگر تقریباً چقدر است؟

(مهندسی عمران ۷۵)

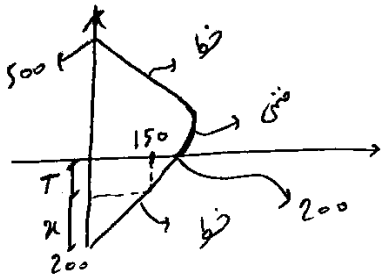


۱) $25t$

۲) $50t$

۳) $75t$

۴) $100t$



$$x = \frac{150}{200} \times 200 = 150 \longrightarrow T = 200 - x = 50$$

سراسری ۸۹

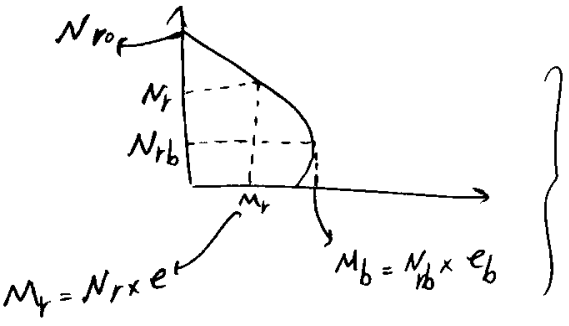
۱۱۶- ناحیه کنترل فشاردر منحنی تداخلی ستون را می‌توان با یک خط مستقیم تقریب زد. معادله این خط کدام است؟

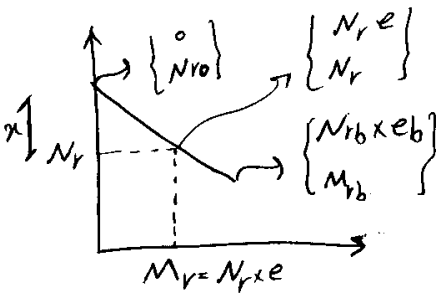
۱) $N_r = \dfrac{N_{rb}}{1+\left(\frac{N_{ro}}{N_{rb}}-1\right)\frac{e}{e_b}}$

۲) $N_r = \dfrac{N_{ro}}{1+\left(\frac{N_{ro}}{N_{rb}}-1\right)\frac{e_b}{e}}$

۳) $N_r = \dfrac{N_{rb}}{1+\left(\frac{N_{rb}}{N_{ro}}-1\right)\frac{e}{e_b}}$

۴) $N_r = \dfrac{N_{ro}}{1+\left(\frac{N_{ro}}{N_{rb}}-1\right)\frac{e}{e_b}}$

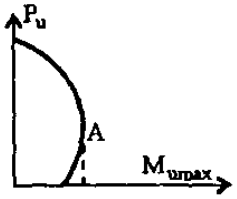




$$x = \frac{(M_r)}{M_{rb}} \times (N_{ro} - N_{rb}) = \frac{N_r e}{e_b \times N_{rb}}(N_{ro} - N_{rb}) = N_r\left[\frac{e}{e_b}\left(\frac{N_{ro}}{N_{rb}} - 1\right)\right]$$

$$N_r = N_{ro} - x = N_{ro} - N_r\left[\frac{e}{e_b}\left(\frac{N_{ro}}{N_{rb}} - 1\right)\right] \longrightarrow \boxed{N_r = \frac{N_{ro}}{1 + \frac{e}{e_b}\left(\frac{N_{ro}}{N_{rb}} - 1\right)}}$$

۲۲ـ در نمودار اندرکش لنگر خمشی ـ نیروهای فشار مقطعی (مطابق شکل) نقطه A متناظر با چه حالتی است؟ **(مهندسی عمران ۷۴)**



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

۹ـ ظرفیت ستون بتن مسلح تحت اثر توأم خمش و فشار تعیین شده و برابر P_u و M_u گزارش شده و صحیح است. نسبت $\frac{M_u}{P_u}$ خروج از محور e نام دارد. منظور از خروج از محور، فاصله: **(مهندسی عمران ۷۷)**

۱) امتداد اثر برآیند تنش‌های مقطع از مرکز پلاستیک 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 می‌باشد.

گزینه ۱

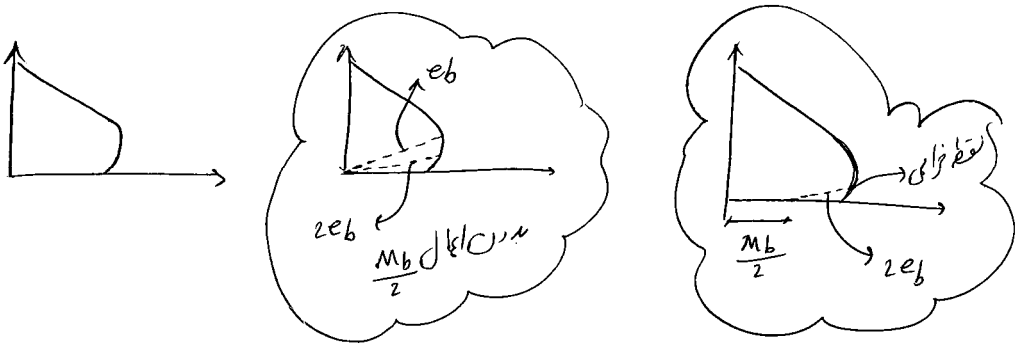
۱۰ـ چنانچه ستونی تحت اثر باری در خارج از محوری $e = ۲e_b$ (b معرف حالت متوازن یا بالانس است) قرار گیرد و لنگر اعمالی معادل $M = \frac{۱}{۲} M_b$ باشد در حد نهایی شکست با: **(مهندسی عمران ۷۷)**

۱) انهدام بتن شروع می‌شود.

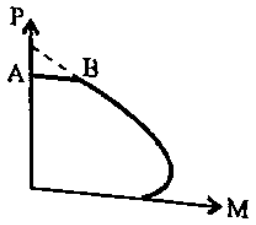
۲) جاری شدن فولادها شروع می‌شود.

۳) جاری شدن فولادها همزمان با انهدام بتن صورت می‌گیرد.

۴) کمانش ستون شروع می‌شود.



۴ـ در منحنی اثر متقابل نیروی محوری و لنگر خمشی ستون‌ها (مطابق شکل روبرو)، قسمت AB بیانگر کدام مطلب می‌باشد؟ **(مهندسی عمران ۸۰)**



۱) عدد فولاد عرضی در ستون است.
۲) کنترل‌کننده خروج از مرکزیت حداقل در ستون است.
۳) رفتار ستون در نواحی با لنگر کم بوده و به صورت تئوریک حاصل می‌شود
۴) قسمت AB در منحنی اثر متقابل ستون وجود نداشته و در این شکل اشتباهاً رسم شده است.

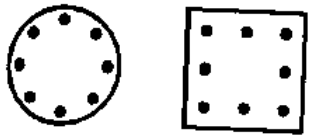
گزینه ۲

در یک عضو بتن آرمهٔ تحت نیروی محوری کششی و لنگر خمشی، چنانچه ظرفیت مقطع تحت نیروی کششی خالص برابر T_0، و ظرفیت مقطع تحت لنگر خمشی خالص برابر M_0 باشد، ظرفیت خمشی مقطع تحت بار کششی $\frac{۲}{۳} T_0$ تقریباً با کدام گزینه برابر خواهد بود؟ **(مهندسی عمران ۸۱)**

۱) $\frac{۱}{۳} M_0$ ۲) M_0 ۳) $\frac{۲}{۳} M_0$ ۴) $\frac{۱}{۲} M_0$

گزینه ۱

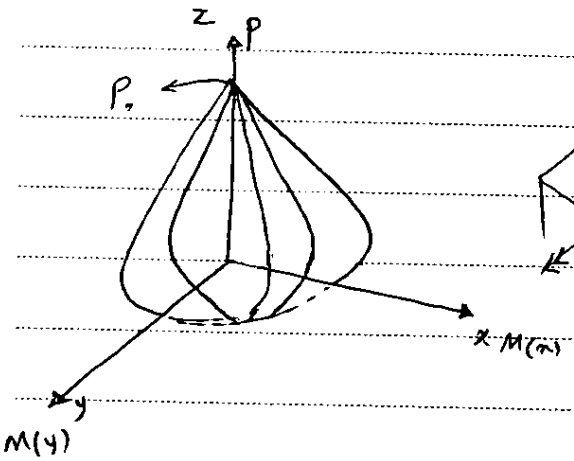
۱۴ـ دو ستون مربعی و دایروی با سطح مقطع معادل و فولاد یکسان فرض شود. اگر فولادگذاری در هر دو حالت متقارن و پوشش بتن بر روی فولاد نیز در دو حالت یکسان باشد: **(مهندسی عمران ۷۷)**



۱) در مقابل فشار خالص هر دو ستون دارای مقاومت یکسان و در مقابل اثر توأم فشار و خمش، ستون مربعی مقاوم‌تر است.
۲) در مقابل هر ترکیب دلخواه توأم فشار و خمش دو ستون دارای مقاومت یکسان هستند.
۳) در مقابل فشار خالص هر دو ستون مقاومت یکسان و در مقابل اثر توأم فشار و خمش ستون دایروی مقاوم‌تر است.
۴) در مقابل فشار خالص ستون مربعی مقاوم‌تر و در مقابل اثر توأم فشار و خمش ستون دایروی مقاوم‌تر است.

گزینه ۱

* خمش دو محوره + P



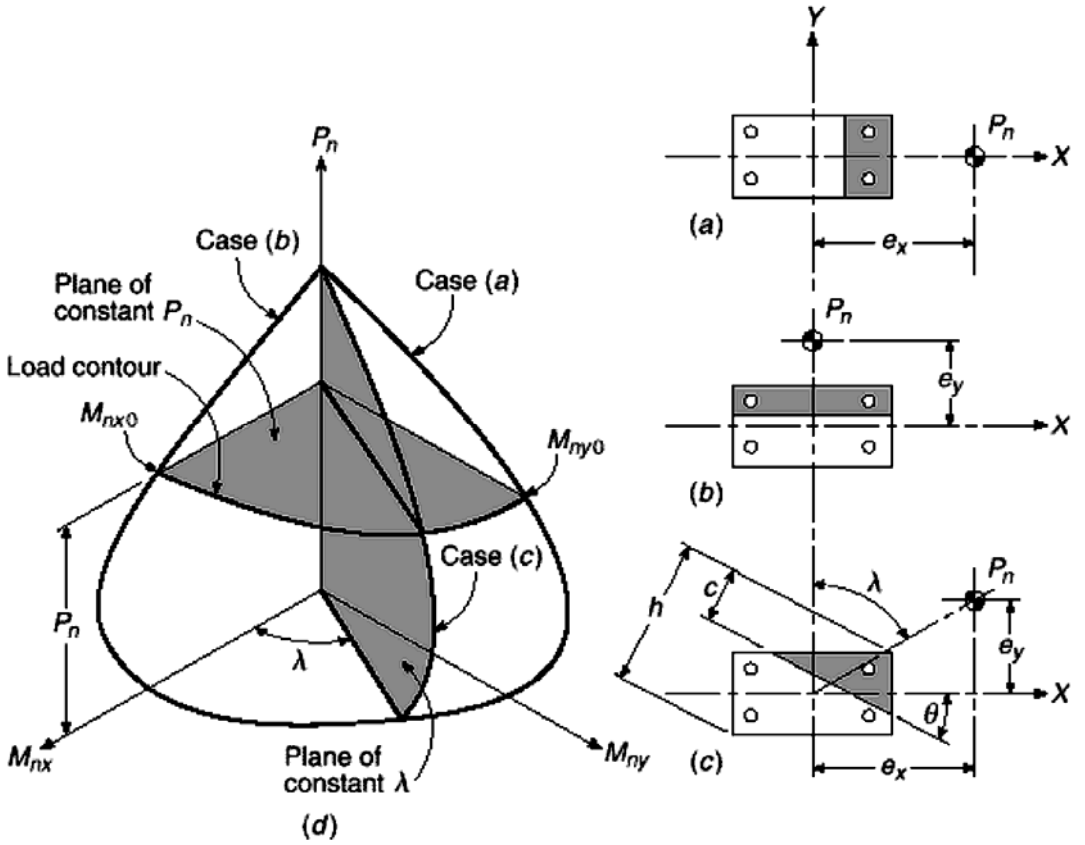
P_0 : مقاومت فشاری بدون e_x , e_y

P_x : مقاومت فشاری بتن همراه با e_x $(e_y=0)$

P_y : " " " " " e_y $(e_x=0)$

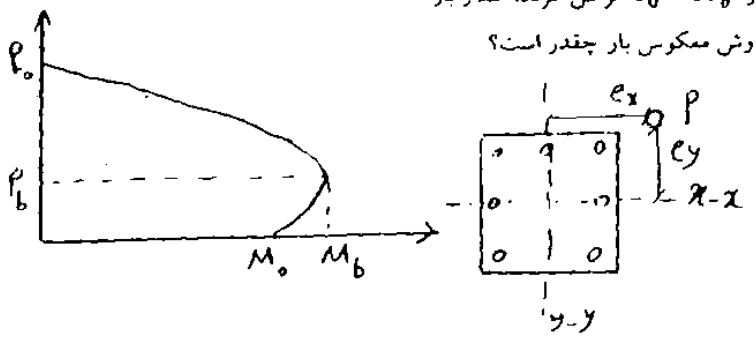
$$\frac{1}{P_{xy}} + \frac{1}{P_0} = \frac{1}{P_x} + \frac{1}{P_y}$$

نکته: استفاده از روش بارکوس زمانی مجاز است که میزان فشاری ستون ناچیز نباشد (بزرگتر از ۱۰٪ ظرفیت فشاری ستون باشد)



آزاد ۸۷

۱۳۶- ستون بتن آرمه با مقطع متقارن نشان داده شده در شکل تحت خمش دو محوره قرار دارد. در صورتیکه $e_x = e_y = e_b$ و مقدار $P_0 = 3P_b$ فرض گردد، مقدار بار محوری قابل تحمل P در این ستون براساس روش معکوس بار چقدر است؟



۱) $\frac{3}{5}P_b$

۲) $\frac{\sqrt{2}}{2}P_b$

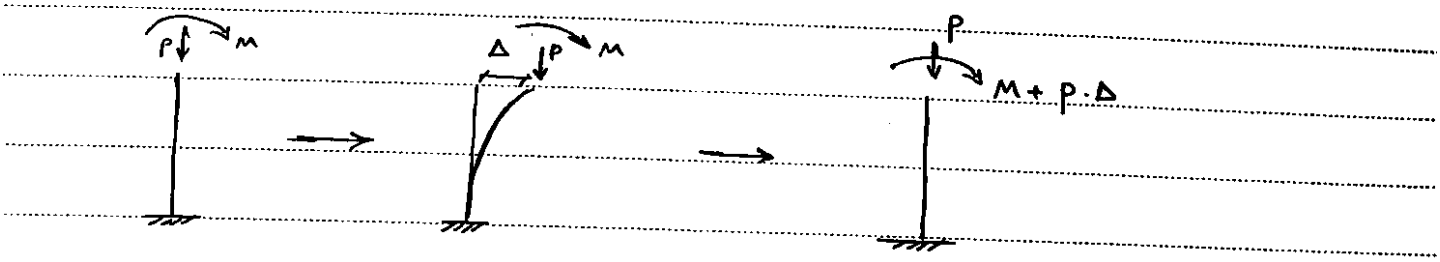
۳) $\frac{1}{2}P_b$

۴) $\frac{2}{5}P_b$

$$\frac{1}{P_{xy}} + \frac{1}{P_0} = \frac{1}{P_x} + \frac{1}{P_y} \qquad \frac{1}{P_{xy}} + \frac{1}{3P_b} = \frac{1}{P_b} + \frac{1}{P_b} \Rightarrow P_{xy} = \frac{3}{5}P_b$$

۷-۳- ستونهای لاغر

ستون لاغر: اگر ستون لاغر باشد به علت اثر $P\cdot\Delta$ باید لنگر آنرا افزایش دهیم.



بستگی به شرایط تکیه گاهی دارد

$\lambda = \frac{KL}{r}$ ← طول ستون

$r = \sqrt{\frac{I}{A}}$ ← شعاع ژیراسیون

$L \uparrow \Rightarrow$ ستون لاغرتر

$r \uparrow \Rightarrow$ ستون کوتاه‌تر

$\left(\frac{KL}{r}\right) \uparrow \Rightarrow$ احتمال کمانش بیشتر است.

یعنی ستون لاغر است قبل از خرابی مقطع دچار کمانش کناری خود را از دست بدهد

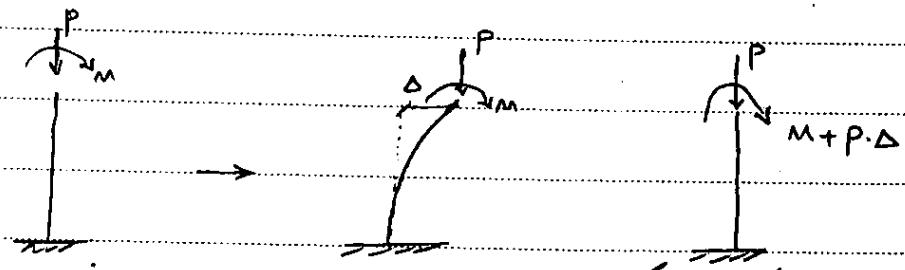
طبق آئین نامه:

آلن ← قاب مهار شده ← $\frac{KL}{r} < 34 - 12\frac{M_1}{M_2}$

قاب مهار نشده ← $\frac{KL}{r} < 22$

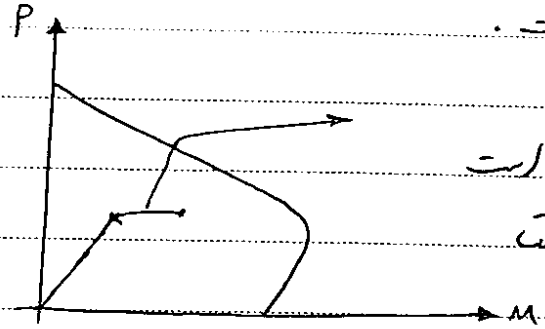
$\Rightarrow$ می‌توان از اثر کمانش صرف نظر کرد. $\Rightarrow$ ستون کوتاه محسوب می‌شود

ولی اگر ستون لاغر بود ⇐



بردهای اولیه

می‌توان بجای آنالیز مرتبه دوم از تکنیک لنگر استفاده کرد یعنی مقدار M اولیه را در یک ضریب بزرگتر از یک ضرب کرد.

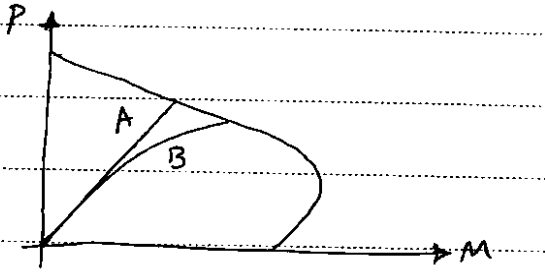


✓ هرچه ستون لاغرتر این اثر ایش M بیشتر است.

✓ این اثر ایش با گذشت زمان اتفاق می‌افتد.

✓ " " به علت خزش + اثرات P·Δ است

✓ " " به علت اثر ایش لنگر ناشی از خزش است



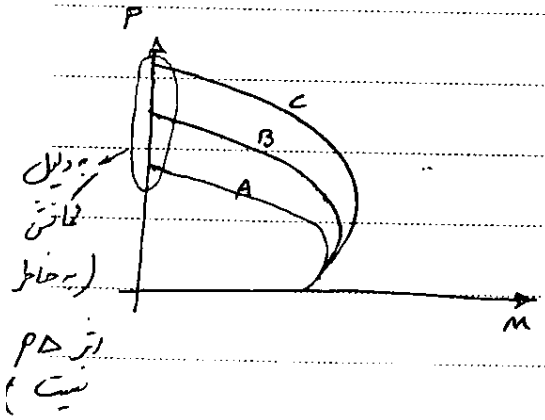
✓ A بارگذاری آنی

✓ B بارگذاری آرام

(مثلاً در ۶ ماه یکبار بار اعمال شود)

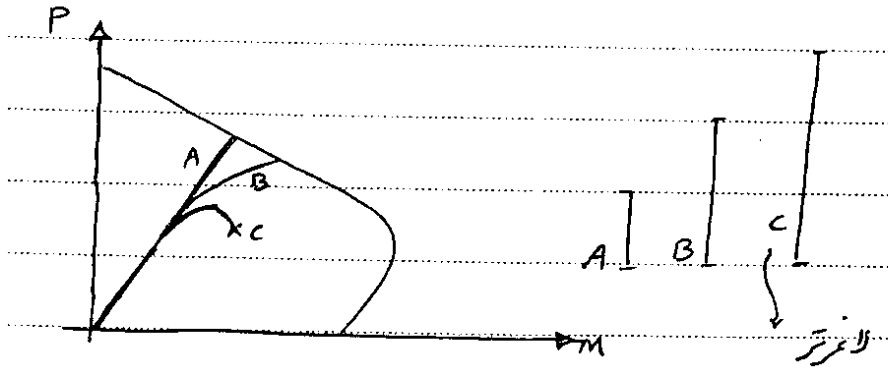
تست: کدام ستون کوتاه‌تر می‌باشد؟

(مقطع هر سه ستون یکسان است ولی طولشان فرق می‌کند)



C ستون کوتاه است و چون کاهش نمی‌کند بار محوری بیشتری تحمل می‌کند

A ستون لاغر است و قبل از اینکه به حداکثر ظرفیت محوری پیش‌بینی شده خود برسد کاهش می‌کند.

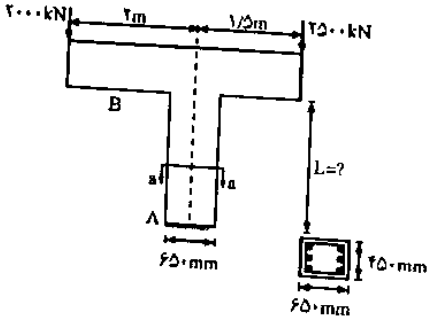


✓ B تحت اثر PΔ

✓ C کاهش کرده

✓ A بارگذاری آنی

۳ـ حداکثر طول ممکن برای ستون کنسولی در شرایطی که به صورت ستون کوتاه عمل می‌کند چند متر است؟ (مهندسی عمران A۱)



۱) $L = ۱/۰۷$
۲) $L = ۲/۱۵$
۳) $L = ۳/۲۱$
۴) $L = ۴/۳۰$

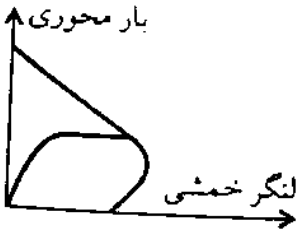
$\frac{kL}{r} < 22 \rightarrow \frac{2 \times L}{0.3 \times 65} < 22 \Rightarrow L < 214.5\,cm \Rightarrow L < 2.15\,m$

۳۳ـ ستون‌های بتن مسلح با حرکت جانبی زمانی کوتاه فرض می‌شوند که: (مهندسی عمران آزاد A۱)

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

۱ـ نمودار زیر نشان‌دهندهٔ چه پدیده‌ای در یک ستون بتن‌آرمه است؟ (مهندسی عمران ۷۶)



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 کمانش 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 ۰/۶ تا ۱/۰ است. ۴) دارای سیستم بار جانبی دیوار برشی یا بادبندی است.

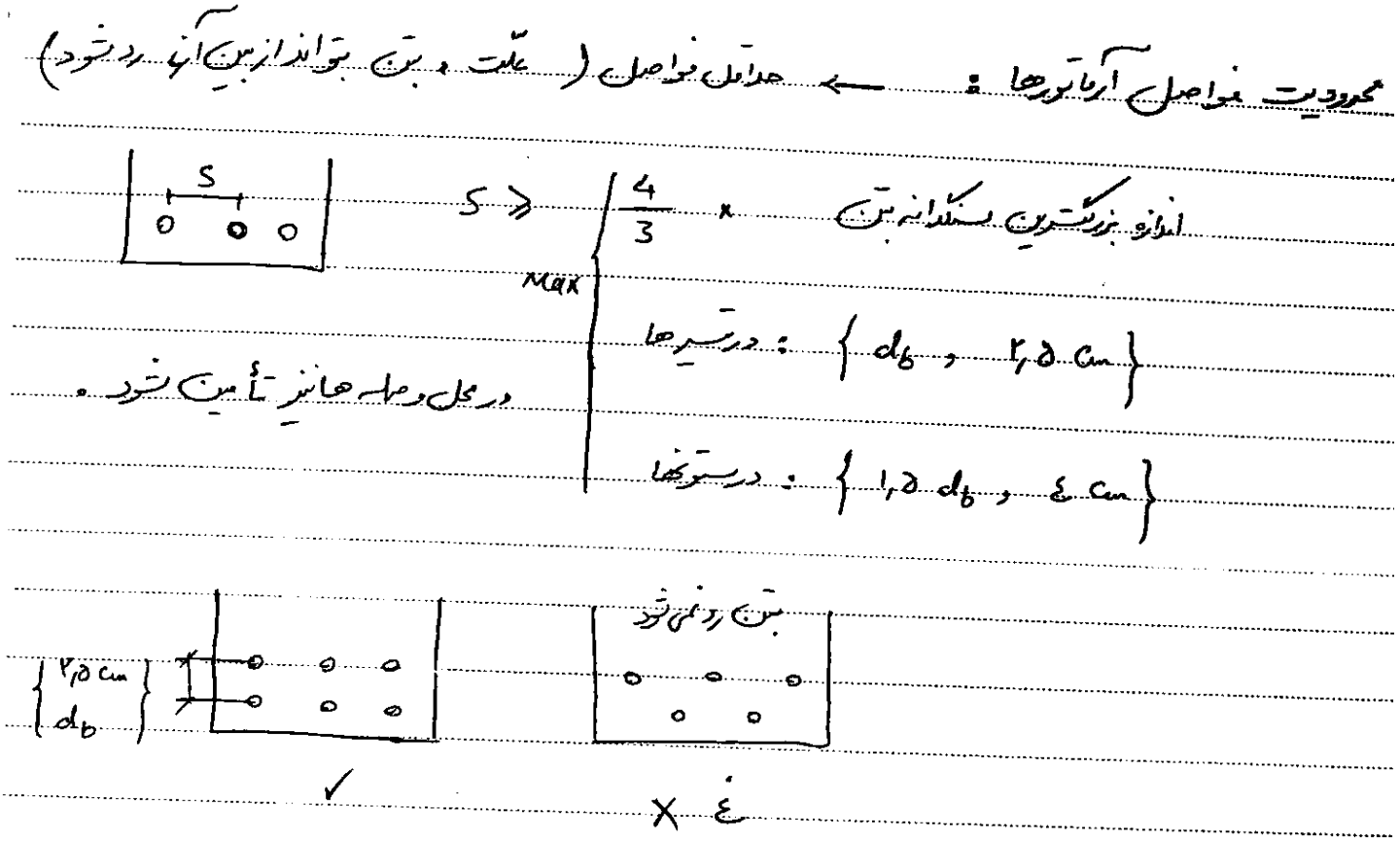
گزینه ۱ نادرست است: در صورتی که ستون بسیار لاغر باشد، ممکن است لنگر ثانویه (P-delta) بیشتر از لنگر اولیه باشد.

گزینه ۲ نادرست است: در ستونهای کوتاه لنگرهای ثانویه ناچیز است.

گزینه ۳ صحیح است: از نظر تئوریک ضریب لاغری یک ستون مهار شده می تواند بین 0.5 (دوسرگیردار) تا 1 (دو سر مفصل) باشد. با توجه به اینکه در سازه های واقعی گیردار کامل نداریم و تیرهای متصل به ستون شرایط گیرداری کامل را نمی توانند ایجاد کنند، این مقدار عموما بین 0.6 تا 1 است.

گزینه ۴ نادرست است: گرچه عموما قابهای دارای دیوار برشی و یا بادبند، مهار شده محسوب می شوند، 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



- ✓ در اعضای تحت فشار و خمش فاصله محور تا محور میلگردهای طولی ازیکدیگر نباید بیش از ۲۰۰ mm باشد.
- ✓ حداقل فاصله آزاد بین میلگرها باید در مورد فاصله آزاد بین وصله ها با یکدیگر و یا وصله ها با میلگردهای مجاور نیز رعایت شود. (دقت شود که میتوان میلگردهای وصله شونده را در تماس با یکدیگر نیز قرار داد)

آزاد ۸۵

۱۰۴- با کاهش فاصله میلگردها نسبت به هم:

۱) طول مهاری کاهش می یابد. **۲) طول مهاری تغییر نمی کند.**

۳) طول مهاری افزایش می یابد. **۴) ممکن است کاهش و یا افزایش یابد.**

گزینه ۱

آزاد ۸۵

۱۰۵- در مورد وصله میلگردها:

۱) تاحداکثر فاصله معینی از یکدیگر می توانند قرار گیرند. **۲) میلگردها باید حتماً بهم چسبیده باشند.**

۳) محور آنها در هر فاصله ای نسبت به هم می توانند قرار گیرند. **۴) حداقل باید به اندازه ۱/۳ برابر قطر میلگرد فاصله داشته باشند.**

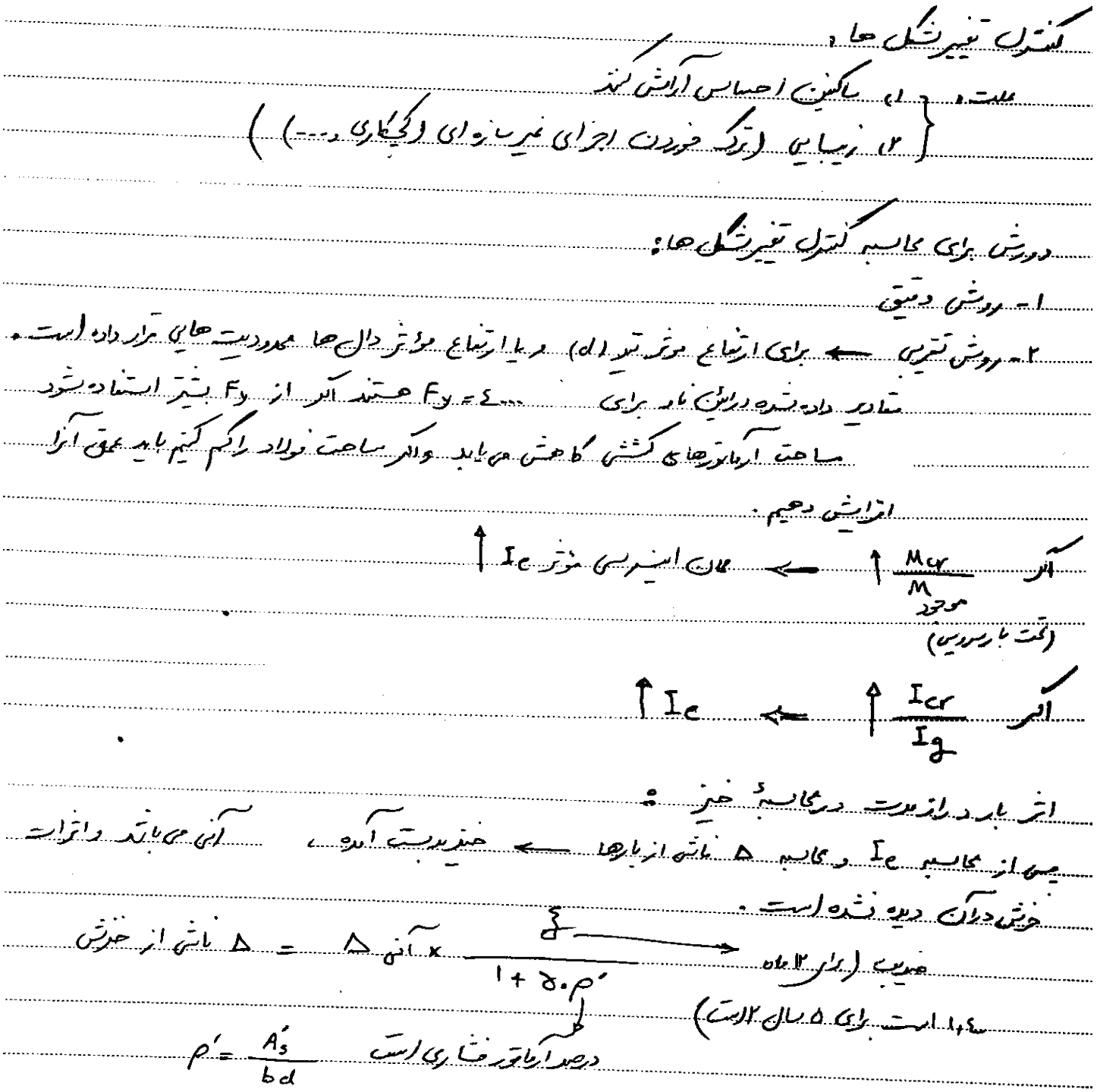
گزینه ۱ صحیح است: در اعضای خمشی فاصله محور تا محور دو میلگرد که با وصله پوششی به هم متصل می شوند نباید بیشتر از یک پنجم طول پوشش ویا بیشتر از ۱۵ cm باشد

گزینه ۲ نادرست است: بایدی در کار نیست! وصله می تواند تماسی (به هم چسبیده) و یا غیر تماسی (با فاصله از هم) باشد. البته در اجرا راحت تر است که میلگرد ها 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 تغییرشکل



نکته کنترل ضوابط خاص کنترل تغییرشکل ها و ترک خوردگی ها تنها برای قطعات تحت خمش (تیرها) الزامی است و برای اعضای تحت اثر توام نیروی محوری و خمش (ستونها) رعایت آنها لازم نیست.

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 ۰/۳۵ و ۰/۷ برابر سختی مقطع ترک نخورده در نظر می گیریم.
- در قابهای مهارشده سختی تیرها و ستونها را به ترتیب معادل ۰/۵ و ۱ برابر سختی مقطع ترک نخورده در نظر می گیریم.
- سختی دیوارها را در صورتی که ترک خورده باشند ۰/۳۵ و در غیر این صورت ۰/۷ سختی مقطع کل در نظر می گیریم.

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):

$$\Delta_{\text{کل}} = \Delta_{\text{اولیه}} + \Delta_{\text{خزش}} = \Delta_{\text{اولیه}} + \Delta_{\text{اولیه}} \times \frac{2}{1 + 50 \times 0.01} = \frac{7}{3}\Delta_{\text{اولیه}}$$

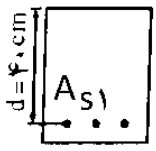
درصد کاهش:

$$\frac{\left(3 - \frac{7}{3}\right)}{3} \times 100 = 22$$

۷- در دو قطعه خمشی کاملاً مشابه (از نظر بارگذاری، عرض و نوع بتن)، از دو نوع فولاد AII با $\left(f_y = ۳۰۰۰ \frac{kg}{cm^2}\right)$ و $AIII$ (با $f_y = ۴۰۰۰$) استفاده شده است. ضخامت قطعه خمشی برای آنکه تغییر مکان قائم قطعه از حد مجاز تجاوز نکند، به چه صورت انتخاب می‌شود؟

(مهندسی عمران 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 $(f_y = ۳۰۰MPa)$ و دیگری $AIII$ $(f_y = ۴۰۰MPa)$ مسلح شده است، بیشتر است؟

(مهندسی عمران 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 ۲

۱۴- در یک تیر بتن‌آرمه با مقطع ترک‌خورده اگر بار وارده دو برابر شود، خیز تیر چقدر خواهد شد؟

(مهندسی عمران ۷۵)

۱) بیش از دوبرابر ۲) دوبرابر ۳) کمتر از دو برابر ۴) قابل پیش‌بینی نیست.

گزینه ۱

۹-۱- عرض ترکها

کنترل عرض ترک در تیرها:

برای شرایط محیطی ملایم و متوسط

$w = 12 \times 10^{-6} \times f_s \sqrt[3]{d_c A}$ mm

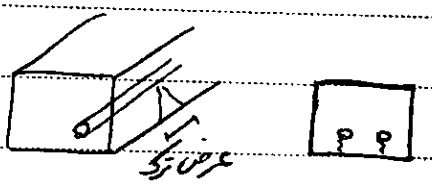
علت: ۱) جلوگیری از خوردگی آرماتور

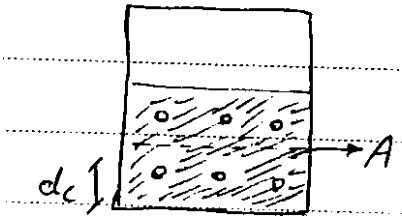
f_s: تنش در آرماتور تحت بارهای سرویس

d_c: فاصله دورترین کشش تا مرکز نزدیکترین میلگرد کشش

A: مساحت بتن کششی که مرکز آن بر مرکز فولادهای کشش منطبق باشد

تعداد میلگردهای کششی





$f_s \approx \left(\frac{2}{3} f_y \text{ فولاد}\right)$ ⟺ ترک‌ها بازتر می‌شوند.

عرض ترک ↑ ⟺ F_s ↑

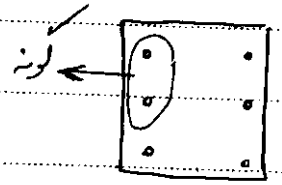
استفاده از آرماتورهای با قطر کمتر ⟵ عرض ترک ↓

(چون مجبوریم تعداد آرماتورها را زیاد کنیم)

(نحوه چیدن آرماتورها در عرض ترک تأثیر دارد)

چسبندگی فولاد و بتن ⟵ عرض ترک ↓

نکته: در تیرهای عمیق (با عمق بیش از 90cm) باید در جان تیر هم آرماتور گذاشت که به این آرماتورها، آرماتورهای سطحی یا پوسته گفته می‌شود (علت: کنترل عرض ترک در قسمتهای میانی تیر)



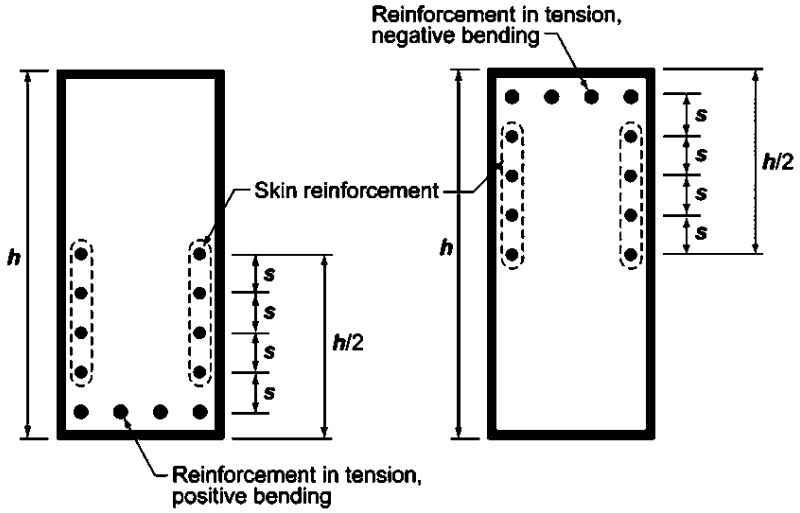


Fig. R10.6.7—Skin reinforcement for beams and joists with h > 900 mm.

۱) f_s بالاتر و تعداد کمتر بهتر عمل می‌کند.

۳) میلگردها با قطر بالاتر و تعداد کمتر بهتر عمل می‌کنند.

۴) به قطر میلگرد بستگی ندارد.

کدامیک از گزینه‌های زیر به بیان حالت حدی بهره‌برداری در سازه‌های بتن آرمه مربوط نمی‌شود:

(مهندسی عمران آزاد ۸۴)

۱) کنترل تغییر شکل بیش از حد سازه

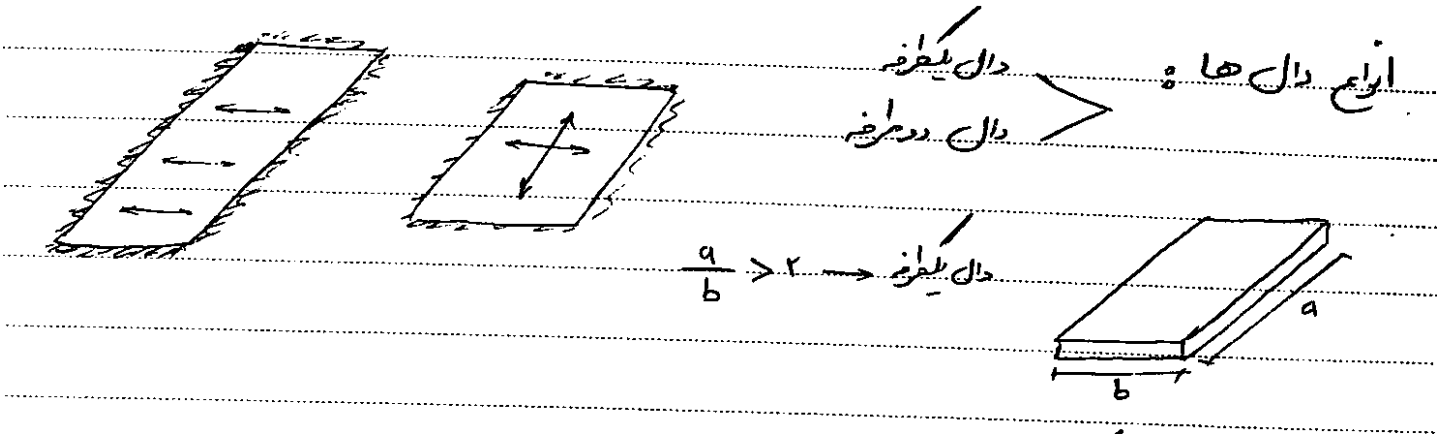
۲) کنترل عرض ترک حداکثر

۳) کنترل تبدیل شدن سازه یا قسمتی از آن به مکانیزم

۴) کنترل لرزش بیش از حد سازه

گزینه ۳

۱۰-دال ها



۹- ماکزیمم پیچش در تاوه‌های بتن آرمه مربع شکل با تکیه‌گاههای کاملاً گیردار تحت اثر بار گسترده یکنواخت در کجا ظاهر می‌شود؟

(مهندسی عمران ۷۶)

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

۱۱۱- کدام مطلب در مورد میلگردهای افت و حرارتی صحیح نمی باشد؟

۱) میلگردهای افت و حرارتی بهتر است در پایین ترین حد پوشش قرار گیرند.

۲) اهمیت میلگردهای افت و حرارتی در تیرها بیش از دالها می باشد.

۳) میلگردهای افت و حرارتی باید حتماً در هردو جهت قرار گیرند.

٤) حداقل درصد میلگردهای افت و حرارتی برای میلگردهای با تنش جاری شدن بالاتره کمتر است.

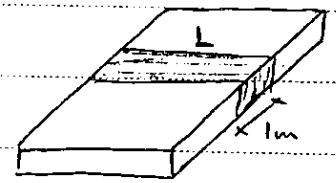
گزینه ۲

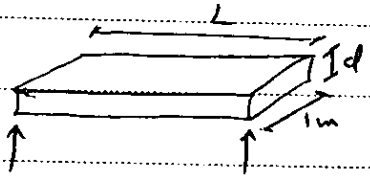
۱۰-۱- دالهای یک طرفه

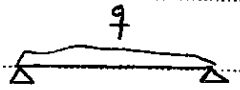
نحوه طراحی دال های یکطرفه :

قدم اول : تعیین ضخامت دال ، چون در دال ها معمولاً از آرماتور برشی استفاده نمی شود ضخامت آن براساس برش موجود در دال تعیین می شود .

مانند یک تیر عادی براساس حداکثر برش به فاصله d از تکیه گاه ، مقاومت برشی دال حداقل d لازم تعیین می شود.







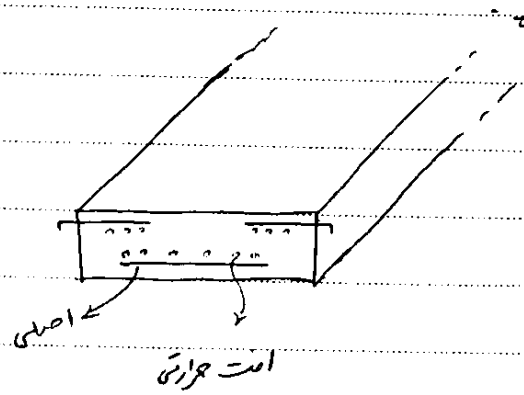
$$V=\frac{q(L-2d)}{2}$$

قدم دوم : کنترل ضخامت دال براساس حداقل های آئین نامه .

اگر ضخامت جواب نداد باید عمق دال را افزایش دهیم

قدم سوم : محاسبه آرماتورهای کششی در دال مانند یک تیر عادی

نکته : برخلاف تیرها که حداقل فولاد خمشی برابر $\frac{\sqrt{f'_c}}{4F_y}$ ، $\frac{1.4}{F_y}$ بود در دال ها حداقل فولاد خمشی براساس حداقل آرماتورهای افت و حرارت تعیین می شود .



$$\rho=\frac{A_s}{b\times h}$$

$S<45$ cm $\quad \rho=0.002$

$S=45$ cm $\quad \rho=0.0018$

$S>45$ cm $\quad \rho=0.0015$

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

آزاد ۸۵

۱۲۰- روش قابل معادل برای طراحی دالهای دو 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 دو طرفه بتن آرمه، بهترین محل برای تعبیه بازشو 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 ۸۷

۱۳۹- کدام گزینه در رابطه با مقدار آرماتورهای افت و حرارت در دالهای بتن آرمه صحیح است؟

۱) تابعی از جنس آرماتور بوده و بر روی سطح مقطع کل بتن محاسبه می شود.

۲) عددی ثابت بوده و بر روی سطح مقطع مؤثر بتن محاسبه می شود

۳) عددی ثابت بوده و برروی سطح مقطع کل بتن محاسبه می شود.

۴) تابعی از جنس آرماتور بوده و بر روی سطح مقطع مؤثر بتن محاسبه می شود.

گزینه ۱

۱۰-۲- دالهای دوطرفه

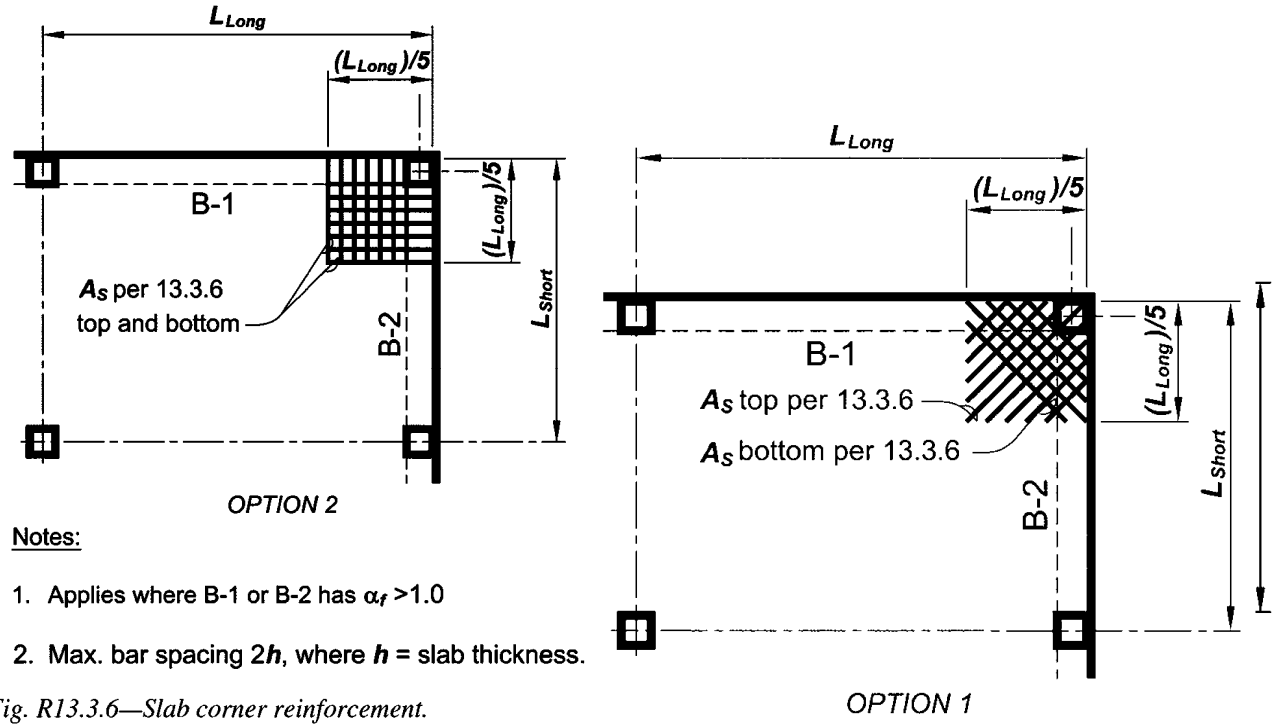


Fig. R13.3.6—Slab corner reinforcement.

سراسری ۸۹

در دال‌های متکی بر تیرهای ضعیف در صورت وجود تیر در امتداد مورد نظر، سختی اعضای پیچشی بوسیله رابطه $k_{ta} = k_t \frac{I_{sb}}{Is}$ اصلاح می‌شود.

سختی پیچش افزایش یافته به علت تیرموازی: k_{ta}

ممان اینرسی مقطعی از دال به عرض I_2 و ضخامت دال: I_s

ممان اینرسی مقطع فوق شامل قسمت برجسته تیرموازی: 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.

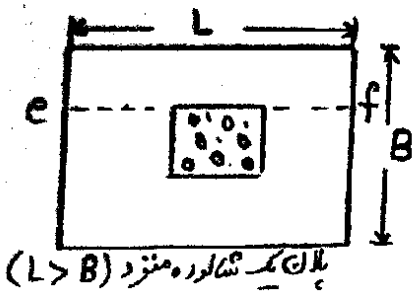
۳) پایین بودن نسبی k_t سبب کاهش بیش از حد سختی ستون معادل شده و سهم کمی از لنگر به ستون منتقل می‌شود در صورتی‌که در صورت وجود تیر مقداری لنگر مستقیماً از طریق تیر وارد ستون می‌شود.

۴) زیرا افزایش k_t لنگر بیشتری را به عضو پیچشی منتقل کرده و لنگر وارد به ستون کاهش می‌یابد و طرح اقتصادی‌تری را در صورت وجود تیر ایجاد خواهد نمود.

گزینه ۳

سراسری ۹۰

۱۱۶- در شالوده‌های منفرد، نسبت میلگردهای موجود در عرض B به کل میلگرد محاسبه شده در مقطع بحرانی cf چرا برابر با $\frac{۲}{۱+\beta}$ است؟

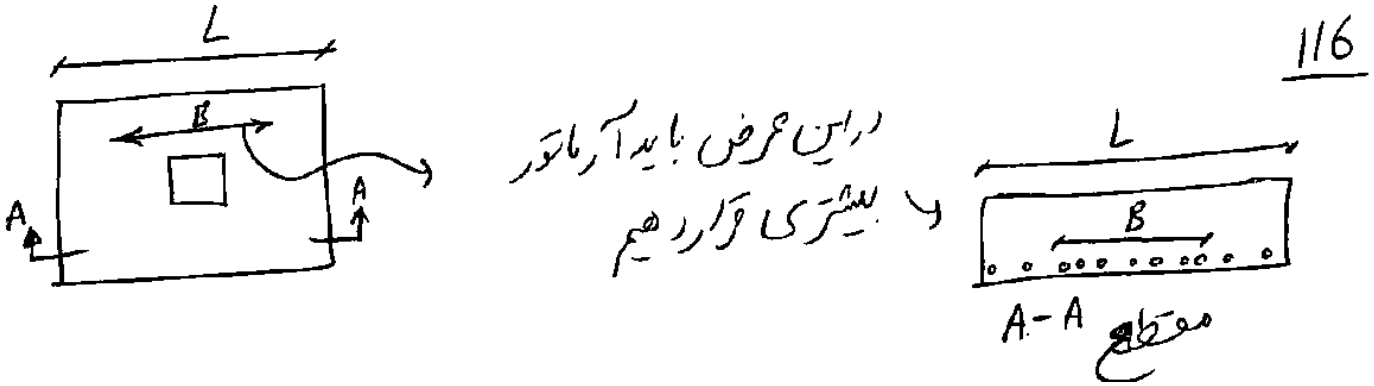


۱) چون برای احتساب توزیع غیریکنواخت لنگر خمشی $\beta = \frac{B}{L}$ است.

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 عرض B نشان داده شده در شکل بالا تراکم آرماتور باید بیشتر باشد. یعنی نسبت آرماتورهایی که در عرض B قرار می گیرد به کل آرماتورهایی که در عرض L قرار می گیرند باید برابر $\frac{2}{1+\beta} = \frac{2}{1+\frac{L}{B}}$ باشد. مثلا 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 کناره ها است و در نتیجه به علت عدم یکنواختی لنگر باید آرماتور بیشتری قرار دهیم. گزینه ۱ و ۲ می توانند 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 می شود! بنابراین گزینه ۲ صحیح است.

سراسری ۹۰

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 ۲۵/۰cm

$f_c = 30/0 MPa, \quad f_y = 400/0 MPa$

$E_s = 2\times10^5 MPa, E_c = 0/25\times10^5 MPa$

۱) ۱/۵ ۲) ۳/۵ ۳) ۵/۰ ۴) ۰/۷

۱۱۹ بار وارده به دال توسط فرد و نوار عمود بر هم تحمل میشود

خیز فرد و نوار در وسط باید برابر باشد

$$\frac{5}{384}\frac{w_a b^4}{EI} = \frac{5}{384}\frac{w_b a^4}{EI} \rightarrow \frac{w_a}{w_b} = \frac{a^4}{b^4} = 1.5^4 = 5.06$$

۱۱-۱ اتصالات و ضوابط لرزه‌ای

۹ – ۲۰ – ۲ – ۵ – ۲ حد شکل‌پذیری کم: این حد برای سازه‌هایی مناسب است که در آنها انتظار به‌وجود آمدن تغییرشکل زیاد نمی‌رود. این شرط در مناطق با خطر زلزله نسبی‌کم و متوسط قابل کاربرد است.

۹ – ۲۰ – ۲ – ۵ – ۳ حد شکل‌پذیری متوسط: این حد برای سازه‌هایی الزامی است که در آنها بازتاب سازه در برابر نیروهای زلزله وارد ناحیه غیرخطی می‌شود و مقاطع سازه باید آنچنان طراحی شوند که از ایمنی کافی در مقابل گسیختگی ترد برخوردار باشند.

۹ – ۲۰ – ۲ – ۵ – ۴ حد شکل‌پذیری زیاد: این حد برای سازه‌هایی الزامی است که اعضای آنها در مقاطع خاصی باید از ظرفیت جذب و استهلاک انرژی زیاد برخوردار باشند به‌طوری‌که در صورت ایجاد مکانیزم در آنها پایداری و انسجام کلی سازه محفوظ مانده و از این نظر اطمینان کافی موجود باشد.

۹ – ۲۰ – ۲ – ۵ – ۵ سازه‌هایی را که در آنها حدود شکل‌پذیری بیشتر تأمین‌می‌شود، با توجه به‌قابلیت جذب انرژی و رفتار غیرخطی بیشتر، می‌توان برای بارهای جانبی زلزله کمتری طراحی نمود، ضوابط مربوط به‌چگونگی کاهش این بارها در آیین‌نامه طراحی ساختمان‌ها در برابر زلزله (مبحث ششم) تعیین شده‌اند.

۹ – ۲۰ – ۳ ضوابط سازه‌های با شکل‌پذیری متوسط

۹ ـ ۲۰ ـ ۳ ـ ۱ اعضای تحت خمش‌در قاب‌ها $(N_u \le ۰/۱۵\phi_c f_c A_g)$

۹ ـ ۲۰ ـ ۳ ـ ۱ ـ ۱ محدودیت‌های هندسی

الف) ارتفاع مؤثر مقطع نباید بیشتر از یک‌چهارم طول دهانه آزاد باشد.

ب) عرض مقطع نباید کمتر از یک‌چهارم ارتفاع آن و ۲۵۰ میلی‌متر باشد.

۹ ـ ۲۰ ـ ۳ ـ ۱ ـ ۲ آرماتورهای طولی و عرضی

۹ ـ ۲۰ ـ ۳ ـ ۱ ـ ۲ ـ ۱ در تمامی مقاطع عضو خمشی نسبت آرماتورها، هم در پایین و هم در بالا، نباید کمتر از مقادیر $\frac{۱/۴}{f_y}$ و $\frac{۰/۲۵\sqrt{f_c}}{f_y}$ و نسبت آرماتور کششی نباید بیشتر از ۰/۰۲۵ اختیار شود. حداقل دو میلگرد با قطر مساوی یا بزرگتر از ۱۲ میلی‌متر باید هم در پایین و هم در بالای مقطع در سراسر طول ادامه یابند. ضابطه بند ۹ ـ ۱۱ ـ ۵ ـ ۲ ـ ۳ در این حالت نیز معتبر است.

۹ ـ ۲۰ ـ ۳ ـ ۱ ـ ۲ ـ ۲ در تکیه‌گاه‌های عضو خمشی و در هر مقطعی که در آن امکان تشکیل مفصل پلاستیک وجود داشته باشد، مقاومت خمشی مثبت نباید از نصف مقاومت خمشی منفی کمتر باشد. همچنین، مقاومت خمشی مثبت یا منفی در هر مقطعی در طول عضو، نباید از یک‌چهارم حداکثر مقاومت خمشی هر یک از دو انتهای عضو کمتر باشد.

۹ ـ ۲۰ ـ ۳ ـ ۱ ـ ۲ ـ ۳ در هر عضو خمشی حداقل یک‌پنجم آرماتور موجود در مقاطع بر تکیه‌گاه‌ها، هر انتها که آماتور بیشتری دارد، باید در سراسر طول تیر در بالا و پایین ادامه داده شوند.

۹ ـ ۲۰ ـ ۳ ـ ۱ ـ ۲ ـ ۴ در اعضای خمشی در طول قسمت‌های بحرانی که در زیر مشخص می‌شوند باید خاموت مطابق ضوابط بند ۹ ـ ۲۰ ـ ۳ ـ ۱ ـ ۲ ـ ۵ به‌کار برده شود، مگر آنکه طراحی برای برش نیاز به‌آرماتور بیشتری را ایجاب‌کند:

الف) در طولی معادل دو برابر ارتفاع مقطع از بر تکیه‌گاه به‌سمت وسط دهانه .

ب) در طولی معادل دو برابر ارتفاع مقطع در هر دو سمت مقطعی که در آن امکان تشکیل مفصل پلاستیکی در اثر تغییرمکان جانبی غیرالاستیکی قاب وجود داشته باشد.

پ) در طولی که در آن برای تأمین ظرفیت خمشی مقطع به‌آرماتور فشاری نیاز باشد.

۹ ـ ۲۰ ـ ۳ ـ ۱ ـ ۲ ـ ۵ خاموت‌ها و فواصل آنها از یکدیگر باید دارای شرایط (الف) و (ب) این بند باشند:

الف) قطر خاموت‌ها کمتر از ۶ میلی‌متر نباشد.

ب) فاصله خاموت‌ها از یکدیگر بیشتر از مقادیر: یک‌چهارم ارتفاع مؤثر مقطع، ۸ برابر قطر کوچکترین‌آرماتور طولی، ۲۴ برابر قطر خاموت‌ها و ۳۰۰ میلی‌متر اختیار نشود.

پ) فاصله اولین خاموت از بر تکیه‌گاه بیشتر از ۵۰ میلی‌متر نباشد.

۹ ـ ۲۰ ـ ۳ ـ ۲ اعضای تحت فشار و خمش در قاب‌ها ($N_u > ۰/۱۵\phi_c f_c A_g$)

۹ ـ ۲۰ ـ ۳ ـ ۲ ـ ۱ محدودیت‌های هندسی

۹ ـ ۲۰ ـ ۳ ـ ۲ ـ ۱ ـ ۱ در ستون‌ها محدودیت‌های هندسی (الف) و (ب) این بند باید رعایت شوند:

الف) عرض مقطع نباید کمتر از سه‌دهم بعد دیگر آن و نباید کمتر از ۲۵۰ میلی‌متر باشد.

ب) نسبت عرض مقطع به‌طول آزاد ستون نباید از $\frac{۱}{۲۵}$ کمتر باشد.

۹ ـ ۲۰ ـ ۳ ـ ۲ ـ ۲ آرماتورهای طولی و عرضی

۹ ـ ۲۰ ـ ۳ ـ ۲ ـ ۲ ـ ۱ در ستون‌ها نسبت آرماتور طولی نباید کمتر از یک درصد و بیشتر از شش درصد در نظر گرفته شود. محدودیت حداکثر مقدار آرماتور باید در محل وصله‌ها نیز رعایت شود. در مواردی که آرماتور طولی از نوع فولاد S۴۰۰ است نسبت آرماتور در خارج از محل وصله‌ها به‌حداکثر چهار و نیم درصد محدود می‌شود.

۹ ـ ۲۰ ـ ۳ ـ ۲ ـ ۲ ـ ۳ فاصله محور تا محور میلگردهای طولی از یکدیگر نباید بیشتر از ۲۰۰ میلی‌متر باشد.

۹ ـ ۲۰ ـ ۳ ـ ۲ ـ ۲ ـ ۴ در دو انتهای ستون‌ها به‌طول l_o باید آرماتور عرضی مطابق ضوابط بند ۹ ـ ۲۰ ـ ۳ ـ ۲ ـ ۲ ـ ۴ به‌کار برده شود، مگر آنکه طراحی برای برش نیاز به‌آرماتور بیشتری را ایجاب کند. طول l_o ، ناحیه بحرانی، که از بر اتصال به‌اعضای جانبی اندازه‌گیری می‌شود نباید کمتر از مقادیر (الف) تا (پ) این بند در نظر گرفته شود:

الف) یک‌ششم ارتفاع آزاد ستون

ب) ضلع بزرگتر مقطع مستطیلی شکل ستون یا قطر مقطع دایره‌ای شکل ستون

پ) ۴۵۰ میلی‌متر

۹ ـ ۲۰ ـ ۳ ـ ۲ ـ ۲ ـ ۴ آماتور عرضی مورد نیاز در طول l_o باید دارای قطر حداقل ۸ میلی‌متر بوده و فواصل آنها از یکدیگر در مواردی که به‌صورت دورپیچ به‌کار گرفته می شوند از ضابطه بند ۹ ـ ۱۱ ـ ۹ ـ ۳ تعیین گردد. فواصل آماتورهای عرضی در مواردی که به‌صورت خاموت به‌کار می‌روند باید کمتر از مقادیر (الف) تا (ت) این بند در نظر گرفته شود:

الف) ۸ برابر قطر کوچکترین میلگرد طولی ستون

ب) ۲۴ برابر قطر خاموت‌ها

پ) نصف کوچکترین ضلع مقطع ستون

ت) ۲۵۰ میلی‌متر

۹ – ۲۰ – ۳ – ۲ – ۲ – ۷ در محل اتصال ستون به‌شالوده، آرماتور طولی ستون که به‌داخل پی برده شده است باید در طول حداقل برابر با ۳۰۰ میلی‌متر با آرماتور عرضی مطابق ضابطه بند ۹ – ۲۰ – ۳ – ۲ – ۲ – ۴ تقویت گردد.

۹ – ۲۰ – ۳ – ۴ اتصالات تیر به‌ستون‌ها در قاب‌ها

۹ – ۲۰ – ۳ – ۴ – ۱ در اتصالات تیرها به‌ستون‌ها، در طول ارتفاع تیر یا دالی که بیشترین ارتفاع را دارد و به‌محل اتصال منتهی می شود، باید در امتداد عمود بر میلگرد طولی ستون، میلگرد عرضی به‌مقدار حداقل برابر با مقادیر (الف) و (ب) این بند پیش‌بینی نمود:

الف) سطح مقطع میلگرد عرضی نباید کمتر از مقدار محاسبه‌شده از رابطه (۹–۱۲–۱۳) باشد.

ب) مقدار آرماتور عرضی نباید کمتر از دوسوم مقدار آرماتور عرضی در ناحیه l_o ستون، مطابق بند ۹ – ۲۰ – ۳ – ۲ – ۲ – ۴ باشد. فاصله سفره‌های این آرماتور از یکدیگر نباید بیشتر از یک و نیم برابر فاصله سفره‌های نظیر در ناحیه l_o اختیار شود.

(مهندسی عمران ۷۶)

۱۲ـ در قاب‌های بتن‌آرمه در محل گره اتصال تیر به ستون بهتر است:

۱) خاموت‌های تیر و ستون هر دو در ناحیه اتصال قطع شوند.

۲) خاموت‌های ستون ادامه یافته ولی خاموت‌های تیر قطع شوند.

۳) بستگی به لنگر خمشی تیر در محل اتصال دارد.

۴) خاموت‌های ستون قطع شوند ولی خاموت‌های تیر ادامه یابد.

گزینه ۲

(مهندسی عمران ۷۶)

۱۳ـ در یک اتصال قاب بتن مسلح با شکل‌پذیری زیاد، کدام عبارت مناسب‌تر است؟

۱) ظرفیت خمشی تیرها و ستون‌ها برابر باشد.

۲) ظرفیت خمشی تیرها بیش از ظرفیت خمشی ستون‌ها باشد.

۳) ظرفیت خمشی ستون‌ها بیش از ظرفیت خمشی تیرها باشد.

۴) ظرفیت خمشی تیرها بیش از ۲ برابر ظرفیت خمشی ستون‌ها باشد.

گزینه ۳

۲۵ـ در رابطه با مقاومت ستون‌های بتن‌آرمه در مقابل آتش‌سوزی، شرایط فولادگذاری مطلوب چیست؟

(مهندسی عمران ۷۲)

۱) فولادگذاری به مقدار زیاد و توزیع شده در چهار وجه

۲) فولادگذاری به مقدار درصد محدود و متمرکز در چهار گوشه

۳) فولادگذاری با مقدار درصد محدود و توزیع شده در چهار وجه

۴) هیچکدام

گزینه ۳

۳۸ـ کدامیک از ایده‌های زیر برای طرح سازه‌های بتنی مقاوم در برابر زلزله مناسب است؟ (مهندسی عمران آزاد ۷۹)

۱) ستون قوی ـ تیر ضعیف
۲) ستون قوی ـ تیر قوی
۳) ستون ضعیف ـ تیر ضعیف
۴) ستون ضعیف ـ تیر قوی

گزینه ۱

۲ـ در مناطق زلزله‌خیز نبایستی از تیرهای بتن‌آرمه عمیق همراه با ستون‌های کم‌عرض استفاده کرد، چون در هنگام یک زلزله شدیده، (مهندسی عمران ۸۶)

۱) خاموت‌های ستون دچار گسیختگی می‌شوند.
۲) مفاصل خمیری در ستون‌ها تشکیل خواهند شد.
۳) آرماتورهای طولی ستون جاری خواهند گردید.
۴) مفاصل خمیری به تعداد خیلی زیادی تشکیل شده و سازه ناپایدار می‌شود.

گزینه ۲

پی

آزاد ۸۷

۱۴۰- در طراحی پی های منفرد بتن آرمه براساس حالات حدی، طول و عرض پی بر اساس ..... و ضخامت آن بر اساس ..... طراحی می گردد

۱) بارهای ضریبدار و مقاومت نهایی خاک- برش یکطرفه و دوطرفه 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

۲ـ دلیل خم آرماتورهای انتظار بین شالوده و ستون در منطقهٔ تحتانی شالوده کدام است؟ (مهندسی عمران ۸۶)

۱) مقاومت در برابر برش وارده به شالوده
۲) تأمین طول مهاری لازم برای آرماتورهای فشاری
۳) سادگی اجرای اتصال این آرماتورها به آرماتورهای شالوده
۴) ایجاد وصلهٔ مناسب برای انتقال بار به آرماتورهای شالوده

گزینه ۳