

@ RCIAUN

ببخش ۱ - دکتر امامی

sm.emami@pci.iaun.ac.ir

منابع:

- آیین نامه بتن آمریکا ACI - 318 - 14
- سازه های بتن آرمه - جلد دوم - دکتر مستوفی نژاد
- جزوه کلاسی

سرفصل ۱

تنش و چسبندگی

- طول مهاردی - طول وصله محل قطع
- قابلیت جبر برداری - کنترل ضربه ترک
- آگالیز ضربه
- دال یک طرفه
- دال دو طرفه
- برش و دایره
- طراحی خونداسیون

نحوه ارزشیابی:

- میان نهم 6-7 نمره ← ۳ اردیبهشت ۹۸ / تا اخذ دال یک طرفه ص 66
- کلاس 1-2 نمره
- پایان نهم 12 نمره

Subject

Year Month Date ()

Page ()

5

10

$1\frac{1}{2}$

15

20

25

ARMAN

پوستگی بتن و فولاد:

اساس عملکرد یک عضو بتن اگر مد بر پوستگی کامل بتن مسلط مسلح گشته و بتن استوار

است. پوستگی بتن فولاد و بتن در اثر عوامل زیر می باشد.

دلیل عمده است پوستگی

اتفاقی مرافقه

زوال سریع مخصوص در لنگش

1- عیندگی سیمایی بتن فولاد و بتن

2- اصطلاح بتن مسلط و بتن اطراف آن

جمع شدگی ناشی از خشک شدگی و محصور شدگی، اصطلاح افزایش مرصه
که بتن وقتی خشک می شود بتن مسلط

* دلایل استفاده از خاموشه 1- برش 2- محصور کردن و جمع کردن بتن و مقاومت در برابر زلزله

3- درگیر شدن اجزای مسلط و بتن

4- چهار مکانیسم در انتهای مسلط (توسط قلاب یا مهره) به صورت در انتها مسلط در تائید کننده است.

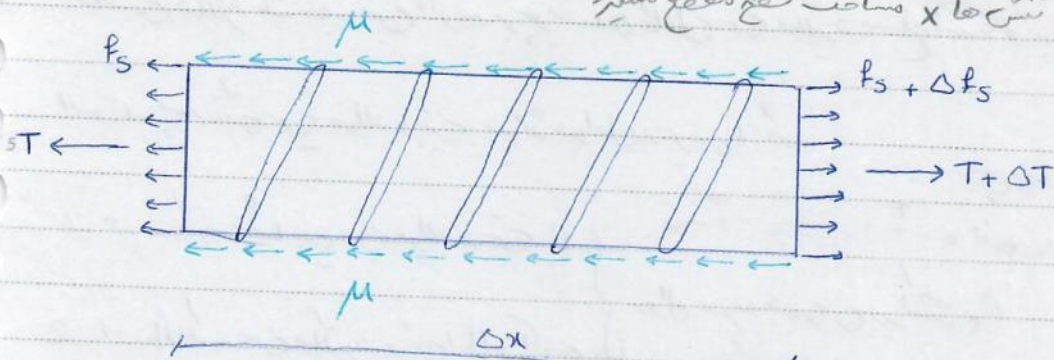
مؤثرترین عامل پوستگی یا عیندگی بتن و فولاد که فقط در مسلط های آج دار وجود دارد.

FRP از پلیمر برای بالابردن مقاومت بتن و محصور شدگی استفاده می کند

می مقاومت بتن بالابره و به این می مقاومت در برابر زلزله ...

تنش های پیوسته (مستقیم):

$\Delta T = \text{تنش ها} \times \text{مساحت سطح مقطع میلگرد}$



$\mu = \text{تنش پیوسته در طول } \Delta x$

$\Delta T = \text{تغییر نیرو در میلگرد}$

$\Delta V_s = \text{تغییر تنش در میلگرد}$

$$\mu \times \pi \times d_b \times \Delta x = \Delta T \Rightarrow \mu = \frac{1}{\pi d_b} \times \frac{\Delta T}{\Delta x}$$

مساحت $\times$ تنش $T =$

$$\underbrace{\mu \times \pi \times d_b \times \Delta x}_{\text{مساحت سطح مقطع میلگرد}} = \underbrace{\Delta V_s \times \frac{\pi}{4} \times d_b^2}_{\text{مساحت سطح مقطع میلگرد}} \rightarrow \mu = \frac{d_b}{4} \times \frac{\Delta V_s}{\Delta x}$$

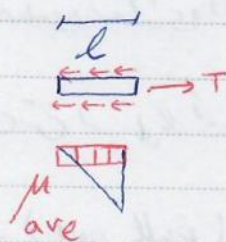
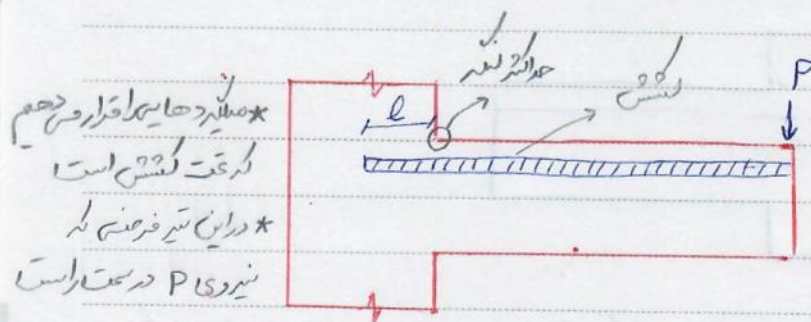
تنش های پیوسته در هر جا که تنش و یا نیرو در فولاد مسلح گشته از نقطه ای تا

نقطه ای دیگر متغیر باشد در پیرامون میلگرد و بتن و فولاد وجود دارد.

پیوستگی محاری:

در جایی که فولاد موجود در مقطع بتن اگر مدول الاستیسیته نیروی هم‌الکتری که در این بخش یا نیروی محوری حاصل قرار دارد و لازم است این نیرو را با پیوستگی خود با بتن پیوستگی

با یکدیگر منتقل کند پیوستگی محاری نیاز می‌باشد.



$$\begin{aligned} \sigma_{ave} &= \frac{1}{n d_b} \times \frac{T}{l_d} \\ &= \frac{d_b}{4} \times \frac{f_s}{l_d} \end{aligned}$$

مدول الاستیسیته فولاد زمانه است که جاری شود
وقتی جاری می‌شود $f_s = f_y$

اگر مدول الاستیسیته متوسط قابل انتقال بین بتن و فولاد μ_s باشد:

$$l_d = \frac{T}{n d_b \mu_s} = \frac{d_b}{4} \times \frac{f_s}{\mu_s}$$

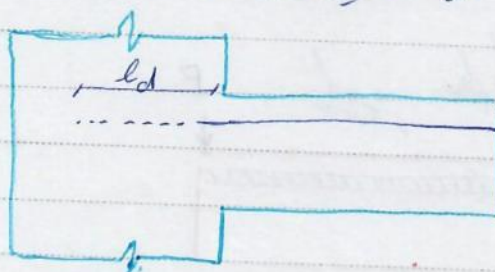
در حالتی فولاد به حد تسلیم می‌رسد:

$$l_d = \frac{f_y}{4 \mu_s} \times d_b$$

طول عماری در کپسول نامه

طول عماری (طول توسعه) یا طول گیرایی به معنای حداقل طول لازم برای یک میلگرد مشخص داخل بتن است که در آن طول تنش میلگرد از صفر به تنس تسلیم

افزایش می یابد که آن را با l_d نمایش می دهند.



تزدک. اکثر خاصیتی نقطه ای از میلگرد که دارای تنس تسلیم است از انتهای میلگرد

مستقیم داخل بتن از l_d کمتر باشد میلگرد از داخل بتن جابجا شده و بیرون

کشیده می شود (pull out)

طول محاری در کشش:

$$l_d = \frac{f_y}{4 \mu_s} \times d_b \quad \text{قطر میلگرد}$$

$$l_d = \frac{0.02 A_b \cdot f_y}{\sqrt{f'_c}}$$

$$\mu_s = \frac{19.7 \sqrt{f'_c}}{d_b}$$

(این نامرئی قدیمی) حد اکثر تنش و یوستنس متوسط

$$(ACI 318 - 14) \rightarrow l_d = \left(\frac{f_y}{1.1 \lambda \sqrt{f'_c}} \times \frac{\psi_t \psi_e \psi_s}{\left(\frac{c_b + K_{tr}}{d_b} \right)} \right) \times d_b \quad \begin{matrix} 10 \\ 300 \text{ mm} \end{matrix}$$

طول محاری

مثال ص ۱۱

$$\frac{c_b + K_{tr}}{d_b} \leq 2.5$$

$$f'_c \leq 70 \text{ MPa}$$

$$\psi_t \times \psi_e < 1.7$$

$$* < 2.5$$

مقدار * را انتخاب کنید

$$* > 2.5$$

2.5 را انتخاب کنید

ψ_t : ضریب موقعیت میلگرد: در هنگام بتن ریزی و سیم‌های اکس، آب و هوا

موجود در بتن تا حدودی به سمت بالا حرکت کرده و ممکن است در زیر یا اطراف میلگرد

خودمانی محبوس شود که در این حالت مقاومت یوستنس بتن و فولاد کم خواهد شد.

برای میلگرد افقی که در هنگام بتن ریزی بیشتر از 300 mm بتن تازه $\psi_t = 1.3$ زیر قیمة محاری ریخته شود.

$\psi_t = 1$ برای سایر میلگردها

ψ_e : ضریب پوشش مسلکدر: پوشش اپوکسی بر روی مسلکدر باعث کاهش

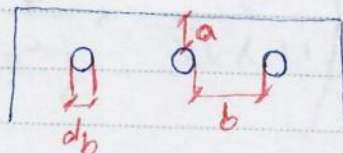
اصطکاک و چسبندگی سیمایی می شود. پوشش اپوکسی برای خوردگی مسلکدر در

محیط های کربناته و دارای کمره کار می رود. برای مسلکدرهای دارای اپوکسی

که پوشش بتن روی آنها از $3d_b$ کمتر و یا فاصلگی آزاد مسلکدرها کمتر از

$$\psi_e = 1.5 \leftarrow 6d_b$$

$$\psi_e = 1.5$$



$$a < 3d_b$$

$$b < 6d_b$$

کشی ψ_e

$$\psi_e = 1.2$$

برای سایر مسلکدرهایی که با اپوکسی اندود شده است

$$\psi_e = 1$$

برای مسلکدرهای بدون پوشش اپوکسی یا با پوشش کالوئینه

ψ_s : ضریب اندازه مسلکدر

$$\psi_s = 0.8$$

برای مسلکدرهای با قطر 19 mm و کوچکتر

$$\psi_s = 1$$

برای مسلکدرهای با قطر 22 mm و بزرگتر

۱: ضریب بتن سبک:

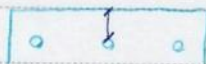
بتن سبک $\lambda = 0.75$

بتن معمولی $\lambda = 1$

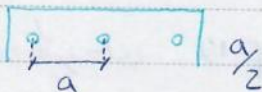
بتن سبک که مقاومت کششی آن معلوم باشد

$$\lambda = \frac{f_{ct}}{0.56 \sqrt{f_{cm}}}$$

۲: ضریب فاصلی میلگردها از لبه میلگره برابر با کوچکترین دو مقدار زیر است:



کوچکترین فاصله از سطح بتن تا مرکز میلگردهای که چهار می شود



نصف فاصلی مرکز تا مرکز میلگردهای مجاور که چهار می شود

۳: ضریب فولاد عرضی: با توجه به مقدار آرماتور عرضی موجود در طول تیر این بر بست می آید.

$$K_{tr} = \frac{40 A_{tr}}{S \cdot n}$$

۴: کل سطح مقطع آرماتورهای عرضی که در فاصله S قرار دارد:

۵: S: فاصله میلگردهای عرضی در طول تیر

۶: n: تعداد میلگردهایی که در یک محل چهار می شود

* هر چه فاصله بین میلگردها کمتر باشد سفت تر چهار می شود

رابطه ساده شده جهت محاسبه طول مهارای در روش

با فرض اینکه فاصله از آزاد میلگرد در حداقل برابر $2d_b$ و پوشش روی میلگردهای

طول حداقل برابر d_b باشند با منظور کردن $c_b = 1.5d_b$ و فرض $k_{tr} = 0$

$$1.5 = \frac{c_b + k_{tr}}{d_b}$$

$$a > 2d_b, \quad b > d_b$$

رابطه ساده شده

$\psi_s = 1$ برای میلگردهای 22 و بزرگتر:

$$l_d = \frac{f_y \psi_t \psi_e}{1.7 \lambda \sqrt{f'_c}} d_b$$

برای میلگردهای 19 و کوچکتر فاصله با $\psi_s = 0.8$ ضرب می شود.

در ایران 18 در نظر می گیریم

$$\text{if } f_y = 400 \text{ MPa}, f'_c = 30 \text{ MPa} \rightarrow \begin{cases} l_d = 35 d_b & d_b \leq 19 \text{ mm} \\ l_d = 44 d_b & d_b > 22 \text{ mm} \end{cases}$$

این اعداد حداقل می باشد

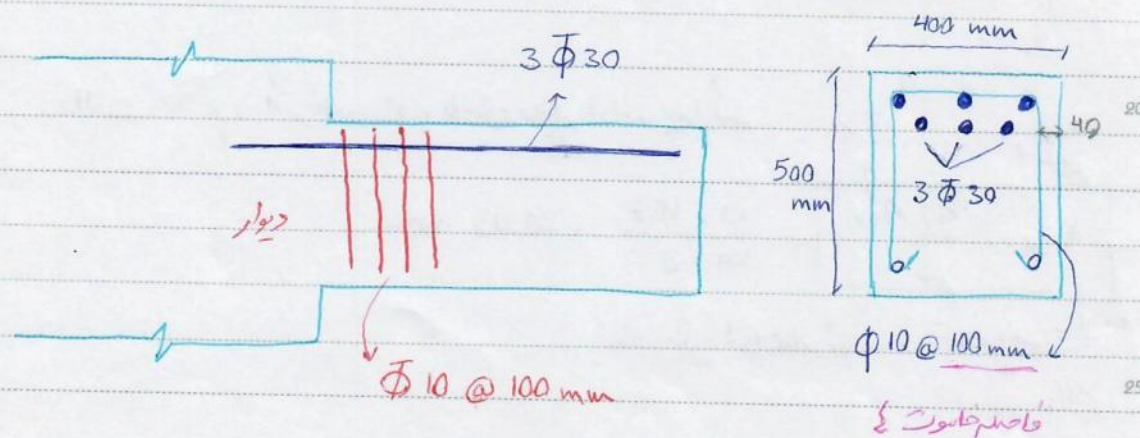
عوامل مؤثر بر چهار میلگرد:

- مقاومت بتن: هر چه در مقاومت بالاتر باشد چهار بهتر انجام خواهد شد.
- مقاومت فولاد: هر چه در مقاومت فولاد بالاتر باشد چهار سخت‌تر انجام خواهد شد.
 $\uparrow f_y \leftarrow \uparrow l_d$
- آج دار بودن میلگرد که اثر مثبت در میلگرد دارد.
- پوشش بتنی اطراف میلگرد: که هر چه بیشتر باشد، چهار راحت‌تر خواهد بود.
- فاصله‌ی بین میلگردها: هر چه بیشتر باشد چهار بهتر انجام خواهد شد.
- وجود خاموت در اطراف چهار: که اثر مثبت در چهار شده است.
- میزان پیوستگی بتن و فولاد: که اعتدالی آن چهار بهتر انجام خواهد شد.

مثال: تیر کنسولی مطابق شکل زیر در یک دیوار بتنی آرمه کشیده شده است.

طول تیری لازم برای میلگردهای بالای تیر جهت چهار در دیوار را بدست آورید.

$$f_c = 30 \text{ MPa}, f_y = 400 \text{ MPa}, \text{پوشش روی خاموت} = 40 \text{ mm}$$



مقدار ضلع در d_b ←
مقدار خاموت ←

5 $\psi_t = 1.3$

6 $\psi_e = 1$

6 $\psi_s = 1$

7 $\lambda = 1$

(صورت سوال گفته 40^{cm} روی خاموت) زیرا 30^{cm} بیش از d_b است

ضلع در معمولی (بدون اویس)

$\Phi 30 > \Phi 22$

چون عرض از بین لب تریه و بین معمولی است

انتهای ضلع در صورت سوال
اولی ترین فاصله سطح بین تا مرکز ضلع در
 $40 + 10 + \frac{30}{2} = 65 \text{ mm}$

7 نصف فاصله‌ی مرکز تا مرکز ضلع درهای چهارگانه
 $\frac{1}{2} \left[\frac{1}{2} \left(400 - 2 \times 40 - 2 \times 10 - 2 \times \frac{30}{2} \right) \right]$
 $= 67.5 \text{ mm}$

$\Rightarrow C_b = \text{Min} \{ 65, 67.5 \} = 65 \text{ mm}$

8 حالت اول: فرض بدون خاموت
 $K_{tr} = 0 \rightarrow \left(\frac{C_b + K_{tr}}{d_b} \right) = \frac{65 + 0}{30} = 2.167 < 2.5$

5 $l_d = \left(\frac{400}{1.0 \times 1 \times \sqrt{30}} \times \frac{1.3 \times 1 \times 1}{2.167} \right) \times d_b = 39.83 d_b = 1195 \text{ mm} > 300 \text{ mm}$

20 حالت دوم: اگر خاموت داخل دیوار ادامه پیدا کند

7 $K_{tr} = \frac{40 A_{tr}}{S_n} = \frac{40 \times 157}{100 \times 3} = 20.93 \text{ mm}$

تعداد ضلع درهای چهارگانه فاصله خاموت

صورت سوال

$$A_{tr} = 2 \times \frac{\pi}{4} \times 10^2 = 157$$

نقدار بار خاموت

نقطه خاموت

نقطه از 2.5 بود 2.5

نقطه از 2.5 بود 2.5

نقطه از 2.5 بود 2.5

$$\frac{c_b + k_{tr}}{d_b} = \frac{65 + 20.93}{30} = 2.86 > 2.5 \rightarrow \frac{c_b + k_{tr}}{d_b} = 2.5$$

$$l_d = 34.5 d_b = 1035 \text{ mm} > 300 \text{ mm} \quad \checkmark$$

نقطه از 5 و 5

رابطه ساده شده:

$$2 d_b \rightarrow \frac{400 - 2 \times 40 - 2 \times 10 - 3 \times 30}{2} = 105 \text{ mm}$$

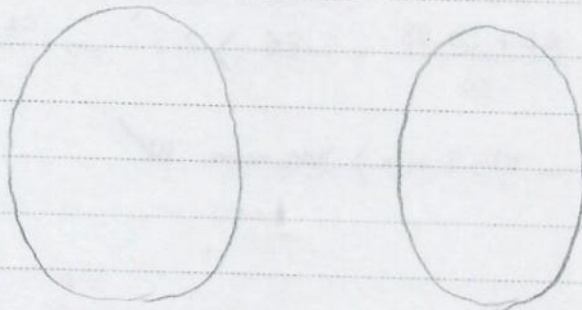
$$105 \text{ mm} > 2 d_b = 60 \text{ mm} \quad \checkmark$$

$$d_b \rightarrow \frac{40 + 10}{2} = 50 \text{ mm} > 30 \text{ mm} \quad \checkmark$$

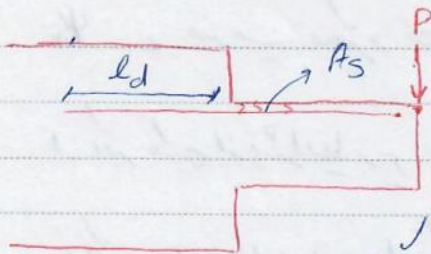
$$l_d = \left(\frac{f_y \psi_t \psi_e}{1.7 \lambda \sqrt{f'_c}} \right) d_b = \left(\frac{400 \times 1.3 \times 1}{1.7 \times 1 \times \sqrt{30}} \right) d_b = 56 d_b = 1680 \text{ mm}$$

$$1680 \text{ mm} > 300 \text{ mm} \quad \checkmark \Rightarrow 1.40 \text{ متر از عدد بدست آمده از رابطه}$$

$$1680 = 1035 + \frac{40}{100} \times 1035$$



طول محاری میلگرد تحت فشار:



علت کمترین طول محاری فشاری

نسبت طول محاری کشش:

عدم تشکیل ترک های عمود بر امتداد طول میلگرد

در فشاری (این ترک ها باعث کمترین پیوستگی بین بتن و میلگرد می شود)

۲- اتکای انتهای میلگرد در انتقال قسمتی از فشار می تواند ضعیف باشد.

$$l_{dc} = \left(\frac{0.24 f_y \psi_r}{\lambda \sqrt{f'_c}} \right) d_b \geq \frac{0.43 f_y \psi_r d_b}{f'_c}$$

$$f'_c \leq 31 \text{ MPa}, \lambda = 1$$

$$f'_c > 31 \text{ MPa}$$

$$(l_{dc} \geq 200 \text{ mm})$$

$$\text{if } f_y = 400 \text{ MPa}, f'_c = 30 \text{ MPa}$$

و سایر ضرایب برابر یک باشد

$$\Rightarrow l_{dc} = 17.5 d_b$$

۱- ضریب بتن سبک

ψ_r ← ضریب میلگرد محصور کننده

۱ - ضریب بتن ϕ_c

۴ - ضریب مسلک در محصور شده

۱ - اگر برای از سترایز برقرار باشد $\phi_r = 0.75$

مسلک‌های طولی توسط مسلک‌های عرضی با بایز از سترایز احاطه شده باشد :

الف) دور سیم
(۲-۵)

ب) خاموت با حداقل قطر 13 mm و $S \leq 100 \text{ mm}$

ج) خاموت برای دایره ای با $S \leq 100 \text{ mm}$

د) در سایر حالت $\phi_r = 1$

مثال) محاسبات مهارهای طولی یک ستون با مقطع دایروی با مهارهای

قطر 30 mm و دوری $\phi = 10$ با گامهای 60 mm

$\phi 10 @ 60 \text{ mm}$

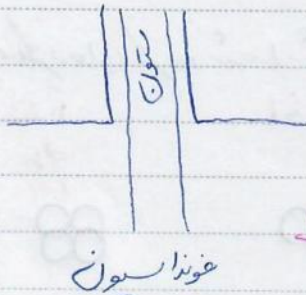
$$f_y = 400 \text{ MPa}$$

$$f'_c = 30 \text{ MPa}$$

جهت مهار در پی محاسبه کنید:

* دوری داخل به اطراف میانی میزنند $\Psi_r = 1$ (ص 14)

ستون معمولی $\lambda = 1$ (ص 7)



غونزالسیون

$$l_{dc} = \left(\frac{0.24 \times 400 \times 1}{1 \times \sqrt{30}} \right) d_b$$

$$= 17.53 d_b = 526 \text{ mm} > 200 \text{ mm}$$



$$0.43 f_y \Psi_r d_b = 0.43 \times 400 \times 1 \times d_b = 17.2 d_b$$

$$= 516 \text{ mm} < \overbrace{526 \text{ mm}}^{l_{dc}}$$



$$\Rightarrow l_{dc} = 526 \text{ mm}$$

طول محاری میلگرد های کمره ها :

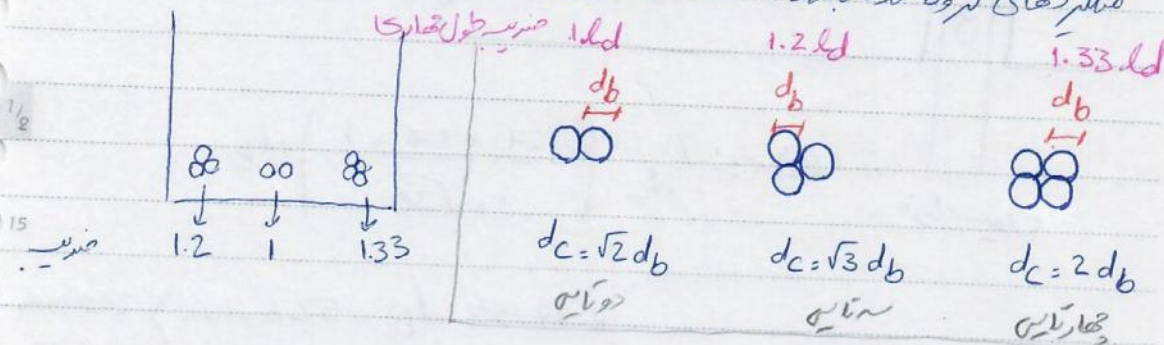
طول محاری کمره میلگرد های دوتایی ، ستایی و چهار تایی

به ترتیب باید در ضریب 1 ، 1.2 و 1.33

ضرب شود. هم چنین برای محاسبه ضرایب مربوط به طول محاری کمره

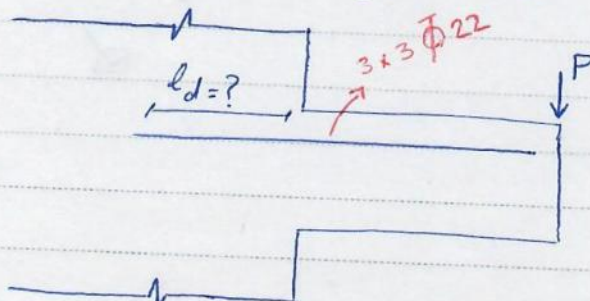
لازم است از یک قطر معادل برای کل کمره که سطح مقطع معادل معادل سطح مقطع

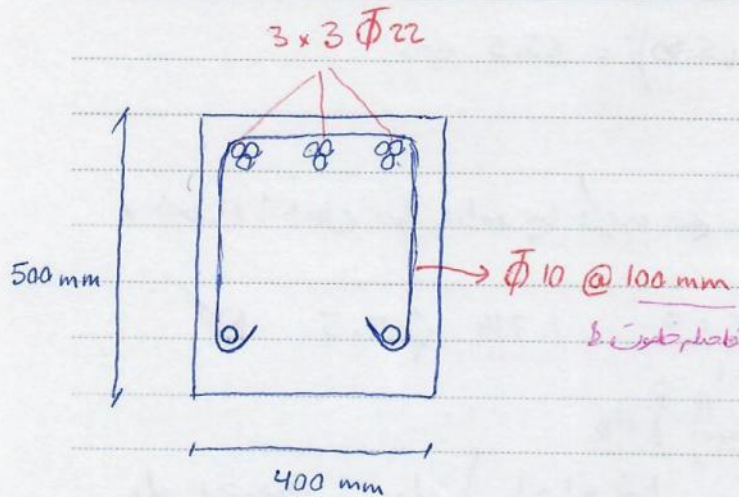
میلگرد های کمره شده باشد، استفاده شود.



مثال) تیر کنسولی حل شده در مثال قبل را با فرض میلگرد های $\phi 22$ mm

در کمره های ستایی حل کنید. $f'_c = 30 \text{ MPa}$ $f_y = 400 \text{ MPa}$





مهره های ۳ تا به هم وصل می شود
مهره $d_c = \sqrt{3} \cdot d_b$

$$l_d = \left(\frac{f_y}{1.1 \lambda \sqrt{f'_c}} \frac{\psi_t \psi_e \psi_s}{\left(\frac{c + K_{tr}}{d_b} \right)} \right) \times d_b$$

5 مهره $\psi_t = 1.3$ بین تراز زیر میله

6 مهره $\psi_e = 1$ میله بدون درگسی

6 مهره $\psi_s = 1$ $\frac{38.1}{d_c} > 22$ $d_c \rightarrow$ مهره 16
قطر معادل $= \sqrt{3} d_b = \sqrt{3} \times 22 = 38.1 \text{ mm}$

7 مهره $\lambda = 1$

7 مهره d_c $\left\{ \begin{array}{l} \text{فاصله بین ترازهای میله های معادل} \\ \text{فاصله بین مرکز ترازهای میله های معادل مجاور} \end{array} \right.$

$$= 40 + 10 + \frac{38.1}{2} = 69 \text{ mm}$$

فاصله بین ترازهای میله های معادل مجاور

$$= \frac{1}{2} \left[\frac{1}{2} \times (400 - 2 \times 40 - 2 \times 10 - 38.1) \right]$$

$$= 65.5 \text{ mm}$$

7 $C_b = \min(69, 65.5) = 65.5 \text{ mm}$

* $K_{tr} = 0$ ← دیوار ادا شده می باشد

5 $\frac{C_b + K_{tr}}{d_b} = \frac{65.5 + 0}{38.1} = 1.719 < 2.5$ ✓

5 $l_d = \left(\frac{f_y}{1.1 \lambda \sqrt{f'_c}} \right) \times \left(\frac{\psi_t \psi_s \psi_e}{\left(\frac{C_b + K_{tr}}{d_b} \right)} \right) d_b$
 $l_d = \left(\frac{400}{1.1 \times 1 \times \sqrt{30}} \right) \times \left(\frac{1.3 \times 1 \times 1}{1.719} \right) d_b = 50.21 d_b$

22 قطر حقیقی

$50.21 \times 22 = 1126 \text{ mm}$

1/2 $\Rightarrow 1126 \times 1.2 = 1326 \text{ mm}$

ضرب طول محاری گروه های سیم

روش دوم:

(حالت دوم - شرط) رابطه ساده شده:

20 $\text{فاصله آزاد بین میلگردهای محاربه} = \frac{1}{2} \times [400 - 2 \times 40 - 2 \times 10 - 38.1 \times 3]$
 $= 92.2 > 2 d_b$ ✓

25 (2) $\text{پوشش خالص} = 40 + 10 = 50 \text{ mm} > d_b$ ✓
 38.1
 38.1

→ $d_c = \sqrt{3} d_b$ برای سیم

$$C_b = \min(68.75, 53.125) = 53.125$$

حالت اول: فرض بر این است:

$$k_{tr} = 0 \rightarrow \left(\frac{C_b + k_{tr}}{d_c} \right) = \frac{53.125 + 0}{41.5} = 1.28 < 2.5 \quad \checkmark$$

$$l_d = \left(\frac{420}{1.1 \times 1 \times \sqrt{25}} \right) \times \frac{1.3 \times 1 \times 1}{1.28} \times d_c = 73.86 \times 41.5 = 3065.3 \text{ mm}$$

حالت دوم: حالت دوم: دایره دوار ادا می شود.

$$k_{tr} = \frac{40 A_{tr}}{s.w} = \frac{40 \times 100.5}{200 \times 31.8} = 6.7 \quad \text{و} \quad 2.51$$

$$A_{tr} = 2 \times \frac{\pi}{4} \times 8^2 = 100.5$$

$$\frac{C_b + k_{tr}}{d_b}$$

$$l_d = \text{ } \times d_b$$

$$طول مورد نیاز = l_d = 3065 \text{ mm}$$

$$\text{میزان تقویت} : 1 \times l_d = 3065$$

$$\text{میزان تقویت} : 1.2 \times l_d = 3678$$

نور در دوام

(حالت در ۲۰۰۰) : سطح مقطع

$$① \quad \frac{1}{2} \left[\overbrace{350}^{\text{عرض}} - \overbrace{2 \times 40}^{\text{پوشش}} - \overbrace{2 \times 8}^{\text{فاصله از لبه}} \right]$$

$$= \frac{1}{2} [350 - 80 - 16]$$

فاصله از لبه ۲۰۰۰ : ۲۰۰۰

$$= 68.55 \text{ mm} < \frac{2d_c}{83}$$

نور توان از فرمول ساده شده استفاده کرد

Subject:

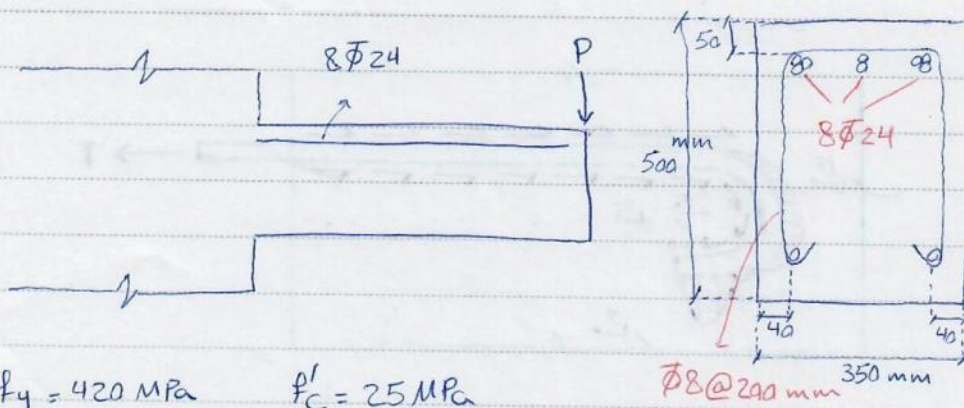
Page: ()

رابطه داده شده صحیح.

$$l_d = \left(\frac{f_y \psi_t \psi_e}{1.7 \lambda \sqrt{f'_c}} \right) d_b = \left(\frac{4100 \times 1.3 \times 1}{1.7 \times 1 \times \sqrt{30}} \right) d_b = 56 \times 22 = 1232 \text{ mm}$$

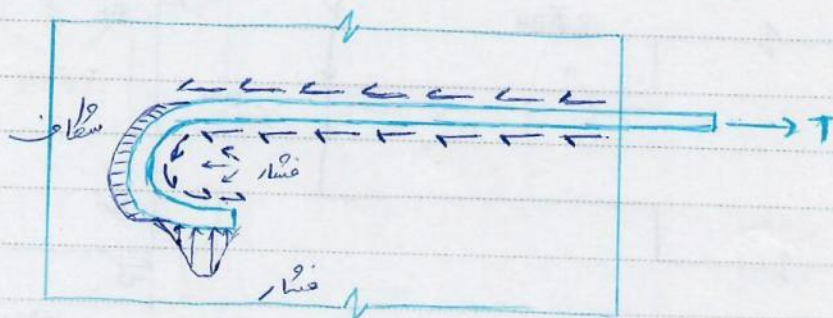
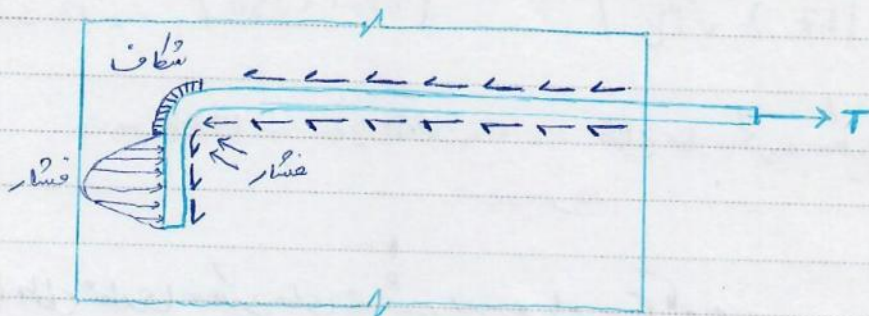
طول محاری نیروی مسلط‌دهای ۳۰٪ = $1.2 \times 1232 = 1478 \text{ mm}$
ضریب جبر ۱۶

محدود (طرح محاری مسلط‌دهای خمشی رو برو رابست) اگر چه.



$f_y = 420 \text{ MPa}$ $f'_c = 25 \text{ MPa}$

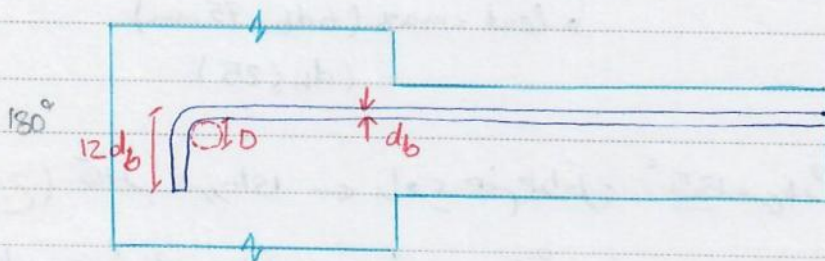
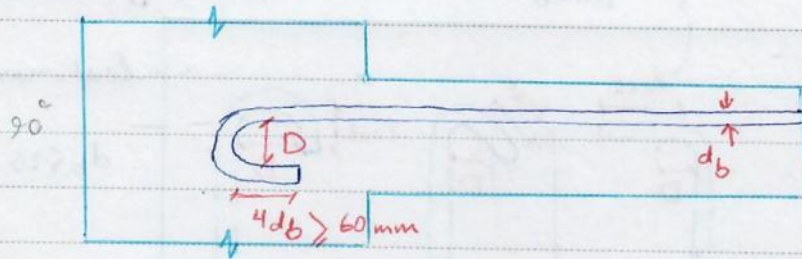
قالب در کشش:



ب دلیل عدم فضای لازم برای خمین طول چهاری بصورت مستقیم از چهار بصورت
قالب استفاده می شود. در این نوع چهار در قسمت مستقیم میلگرد قبل از خم از
تنش سوییچر بین بتن و میلگرد و در قسمت خم شده ی قالب از تنش های
فشاری برای پختن چهار استفاده می شود.
لازم بذکر است که قالب در انتقال تنش های فشاری در میلگردهای کف فشار
مضد واقع نمی شود. و نباید از آن به عنوان چهار فشاری استفاده کرد.

شرایط قلاب استاندارد:

الف) میلگرد های تحت کشش بجز خاموت و تیر



$$16 \text{ mm} \leq d_b \leq 25 \text{ mm} \rightarrow \min D = 6 d_b$$

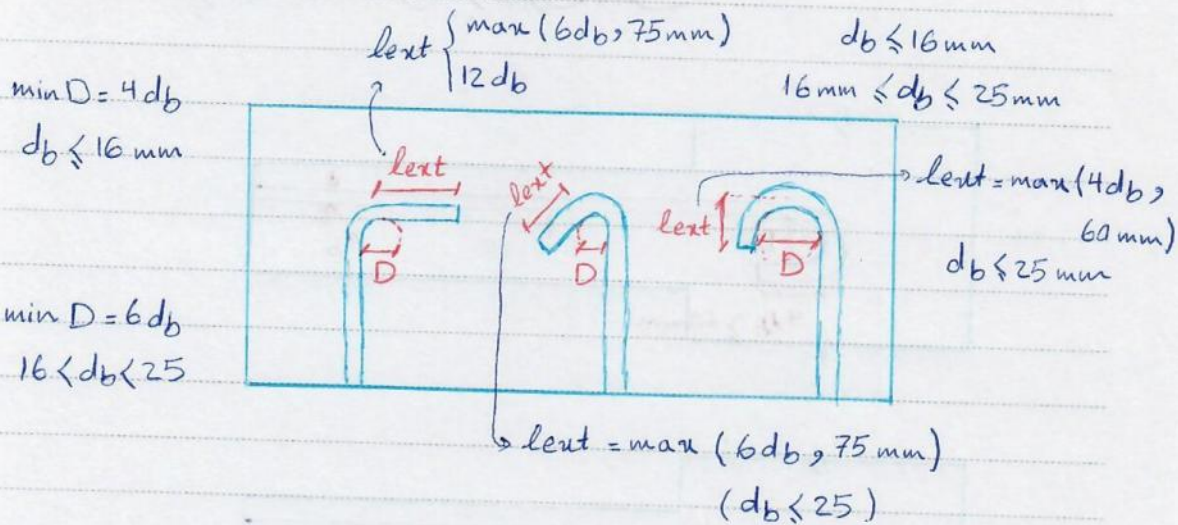
$$25 \text{ mm} \leq d_b \leq 36 \text{ mm} \rightarrow \min D = 8 d_b$$

$$36 \text{ mm} \leq d_b \leq 57 \text{ mm} \rightarrow \min D = 10 d_b$$

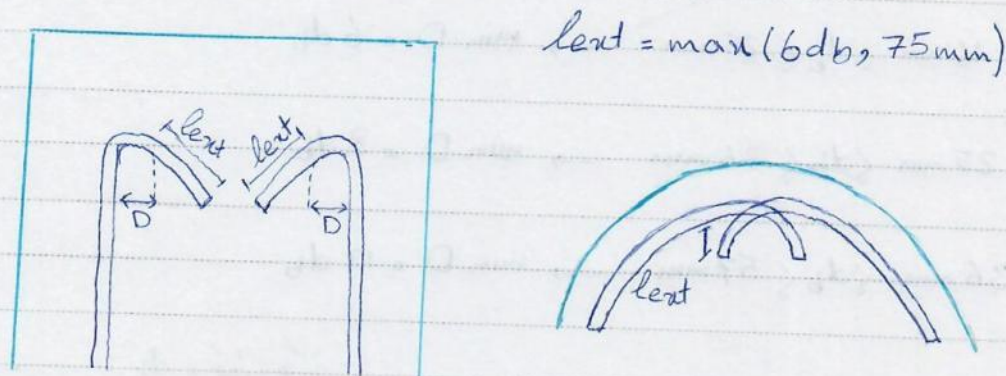
$$\text{قطر میلگرد} = d_b$$

$$\text{قطر خیم} = D$$

(ب) برای قلاب خاموتی و شیب در سلب در جهت قطر 25 mm
($d_b \leq 25 \text{ mm}$)



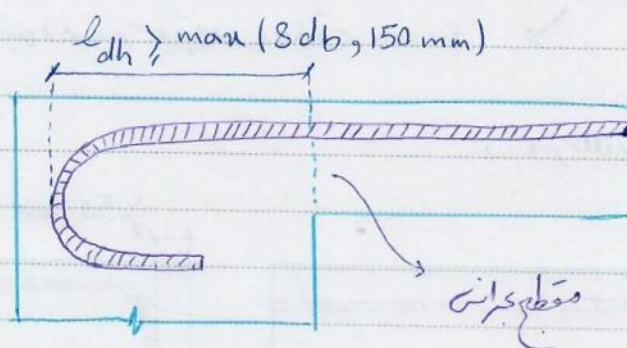
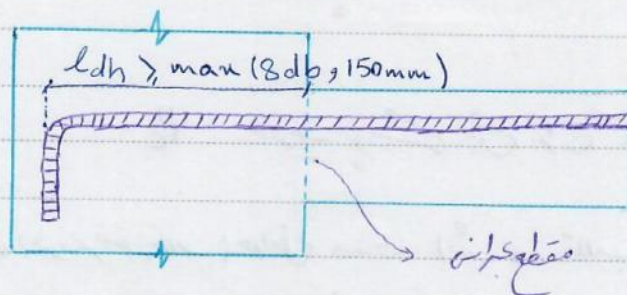
(ج) قلاب لرزه‌ای ← زاویه خم حداقل 135° در سلب و 90° در ستون.
دایره‌ای که زاویه خم حداقل 90° در سلب.



$l_{ext} = \max(6d_b, 75 \text{ mm})$

مساحت قلاب برای غیر لرزه‌ای $\rightarrow D$

طول چهارم قلاب استاندارد در کشش:



طول چهارم قلاب عبارت است از فاصله از مقطع جبرانی تا بیرون ترین نقطه قلاب
قلاب استاندارد.

$$l_{dh} = \left(\frac{0.24 f_y \psi_e \psi_c \psi_r}{\lambda \sqrt{f'_c}} \right) d_b \geq \max(8d_b, 150\text{ mm})$$

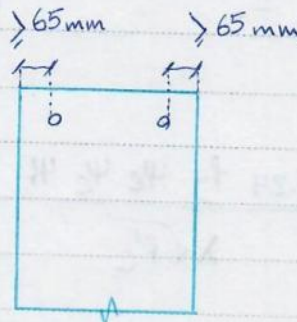
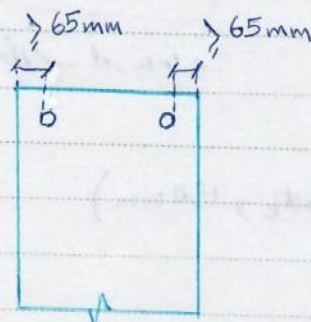
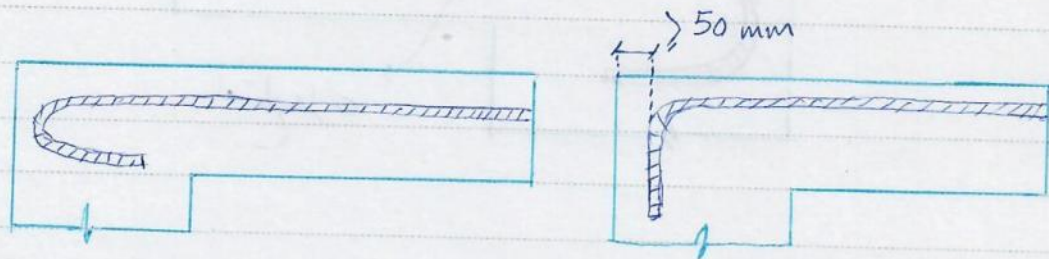
$\psi_e =$ $\begin{cases} 1.2 & \text{روانی پوست} \\ 1 & \text{بدون پوست} \end{cases}$

$\lambda =$ $\begin{cases} 0.75 & \text{بتن سبک} \\ 1 & \text{بتن معمولی} \end{cases}$

ψ_c ضریب پوسته بتن برای $d_b \leq 36 \text{ mm}$

$\psi_c = 0.7$ $\left\{ \begin{array}{l} \text{پوسته جانبی (عمود بر صفحه قلاب) حداقل 65 mm باشد} \rightarrow \text{قلاب 180} \\ \text{پوسته جانبی (عمود بر صفحه قلاب) حداقل 65 mm} \rightarrow \text{قلاب 90} \\ \text{پوسته جانبی (عمود بر صفحه قلاب) حداقل 50 mm} \end{array} \right.$

در سایر حالات $\psi_c = 1$



ψ_r : ضریب محصورشدگی فولاد عرضی

برای قلاب 90° و $d_b \leq 36 \text{ mm}$

تک یا عمود بر میلگرد چهارگانه و فاصله حداقل $3d_b$ در طول محاری l_{dh} وجود داشته باشد $\rightarrow \psi_r = 0.8$

تک یا موازی با میلگردهای محاری فاصله حداقل $3d_b$ در طول مستقیم بعد از خم و صحت خم شده وجود داشته باشد $\rightarrow \psi_r = 0.8$

فاصله اولین خاموت (تک)

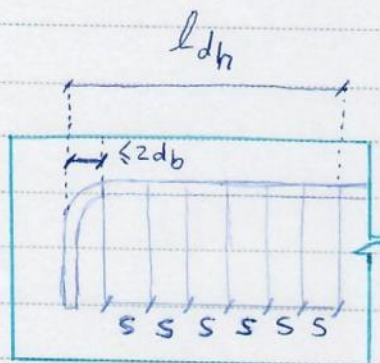
در فاصله حداقل $2d_b$

از خط پیروسی خم باشد $\Rightarrow$

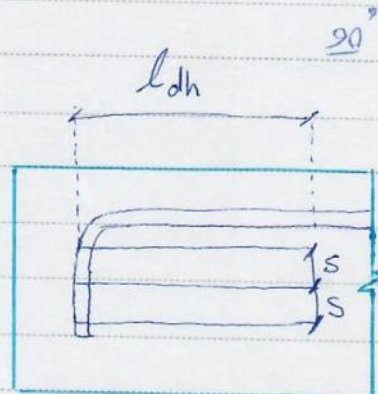
برای قلاب 180° و $d_b \leq 36 \text{ mm}$

تک یا عمود بر میلگرد چهارگانه در طول l_{dh} فاصله حداقل $3d_b$ وجود داشته باشد $\rightarrow \psi_r = 0.8$

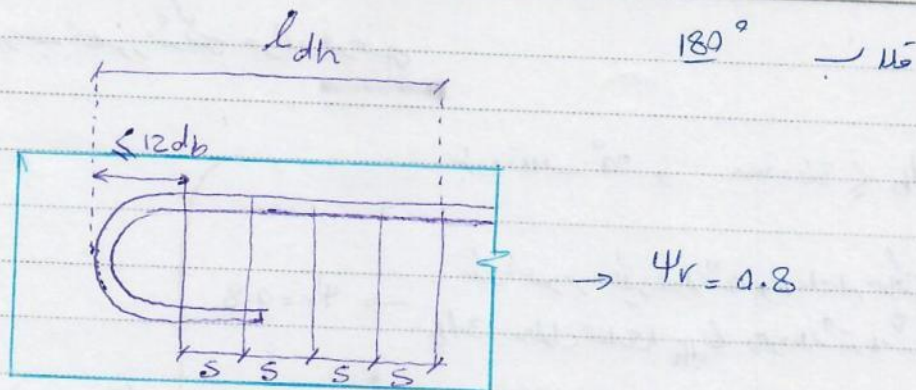
$\psi_r = 1$ در سایر حالات



$$s \leq 3d_b$$



$$s \leq 3d_b$$

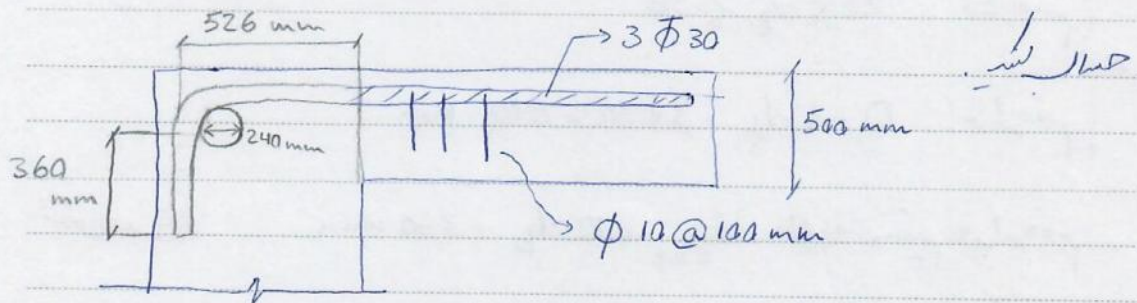


$$s \leq 3d_b$$

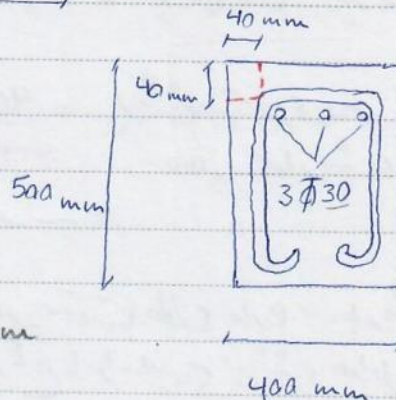
نکته: بنابر آیین نامی ACI 318-14 اگر پوشش جانبی بتن در ۲ طرف مقطع (عمود بر صفحه میلگرد) و پوشش روی میلگرد کمتر از 65 mm باشد، لازم است که در محدوده‌ی طول محاری از تکیه‌ای عمود بر میلگرد، فواصل $s \leq 3d_b$ استفاده شود. که در این حالت باید $\psi_r = 0.8$ در نظر گرفته شود.

مثال ۱: در تکیه کنونی با ابعاد $400 \times 500 \text{ mm}$ که بتون با مقطع 400 mm

مقتل شده است، طول محاری مسلطه های خمشی که در ستون وارد می شود را



$f_y = 400 \text{ MPa}$ $f'_c = 30 \text{ MPa}$



مثال ۱۸: $l_d = 1195 \text{ mm} > 600 \text{ mm}$

باید از طول محاری مسلطه در تکیه استفاده کرد

مثال ۲۳: $l_{dh} = \frac{0.24 f_y \psi_e \psi_c \psi_r}{\lambda \sqrt{f'_c}} d_b$

مثال ۲۴: $\lambda = 1$ (بتن معمولی) $\psi_e = 1$ (مسلطه معمولی) $\psi_c = 1$ (عدم پوشش بتن)

مثال ۲۵: $\psi_r = 1$ (عدم حضور میلگرد در قسمت طول محاری)

cover = $40 + 10 = 50 \text{ mm} < 65 \text{ mm}$
↓
فاصله
پوشش جانمایی میلگرد

$$l_{dh} = \frac{0.24 \times 400 \times 1 \times 1 \times 1}{1 \times \sqrt{30}} d_b = 17.53 d_b = 526 \text{ mm} \quad \text{حد 23}$$

↓
30

حد 21

$$25 < d_b \leq 36 \quad \text{قطر عظمی}$$

حد 5

$$D = 8 d_b = 8 \times 30 = 240 \text{ mm} \quad \text{قطر عظمی}$$

حد 22

$$l_{ext} = 12 d_b = 360 \text{ mm} \quad \text{طول مستقیم بعد از خم}$$

حد 10

$$40 + 10 = 50 < 65 \text{ mm} \quad \text{پوشش روی میلگرد}$$

حد 1/2

$$40 + 10 = 50 < 65 \text{ mm} \quad \text{پوشش در عصب عمودی میلگرد محاسباتی}$$

استفاده از خاموت در طول محاسباتی
فاصله $S = 3 d_b$

حد 25

حد 15

چون به لحاظ اجرایی، کارکنان بتن خاموت در قسمت طول محاسباتی بسیار مشکل است، بنابراین باید به طراح توصیه شود که طرح را بر اساس پوشش حداقل 65 mm مورد بازبینی قرار دهد

حد 20

حد 25

حل قطع مسلحه‌های خمشی

حل قطع تئوری: محاسبه از نظر تئوری بر اساس خمشی موجود دیگریم اگر ممان

مورد نظر نیازی نیست.

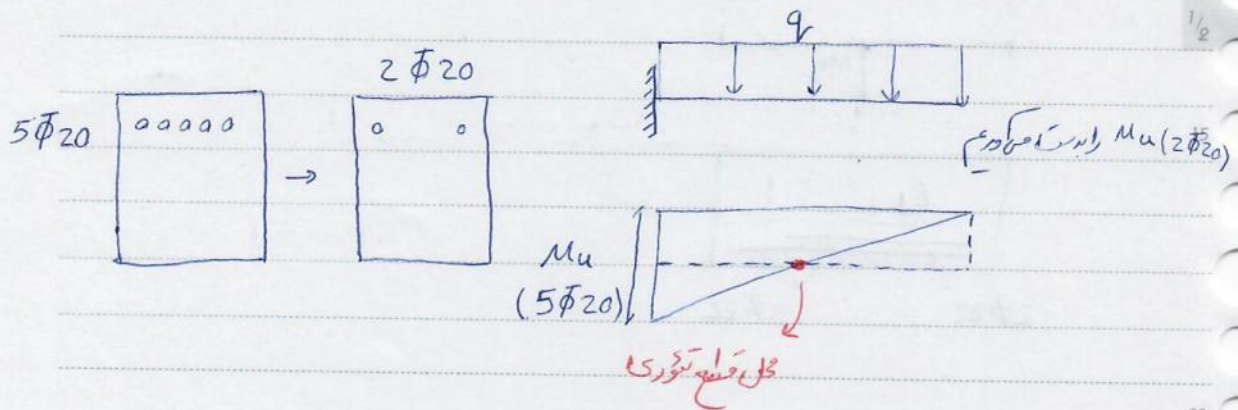
قطر مسلحه‌هایی که قطع شده است.

ارتفاع مؤثر تیر

$$\text{حل قطع علمی: } \left(d_o \geq 12 d_b \right) + \max(\text{حل قطع تئوری}, \text{حل قطع علمی}) *$$

به طور مثال برای تعیین حل قطع تئوری $2\phi 20$ از $5\phi 20$ موجود

ظرفیت خمشی اگر ممان را کمتر از $(2\phi 20)$ را با دیگر اسم این خمشی تیر قطع می‌کنیم



$$M_u = \phi \rho b d^2 f_y \left(1 - 0.59 \rho \frac{f_y}{f'_c} \right)$$

۵ نام مسلحه داریم ، ۳ نام مسلحه بریم → ۲ تا باقی می‌ماند
به ظرفیت خمشی این ۲ تا رو حساب می‌کنیم که ببینیم مسلحه اون ۳ تا رو قطع
کنیم یا نه!

مقاطع مجاور تحت کنترل طول مجاری:

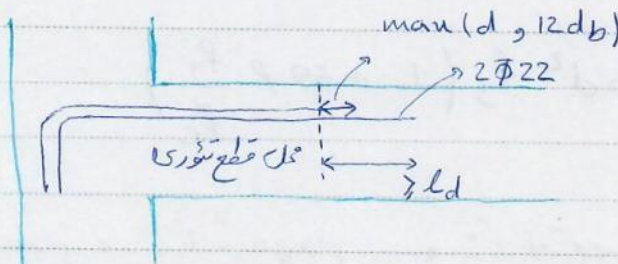
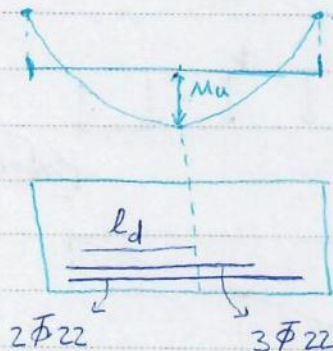
حل تنگی حد اکثر در اکثر موارد (حل تنگی های مثبت و منفی حد اکثر)

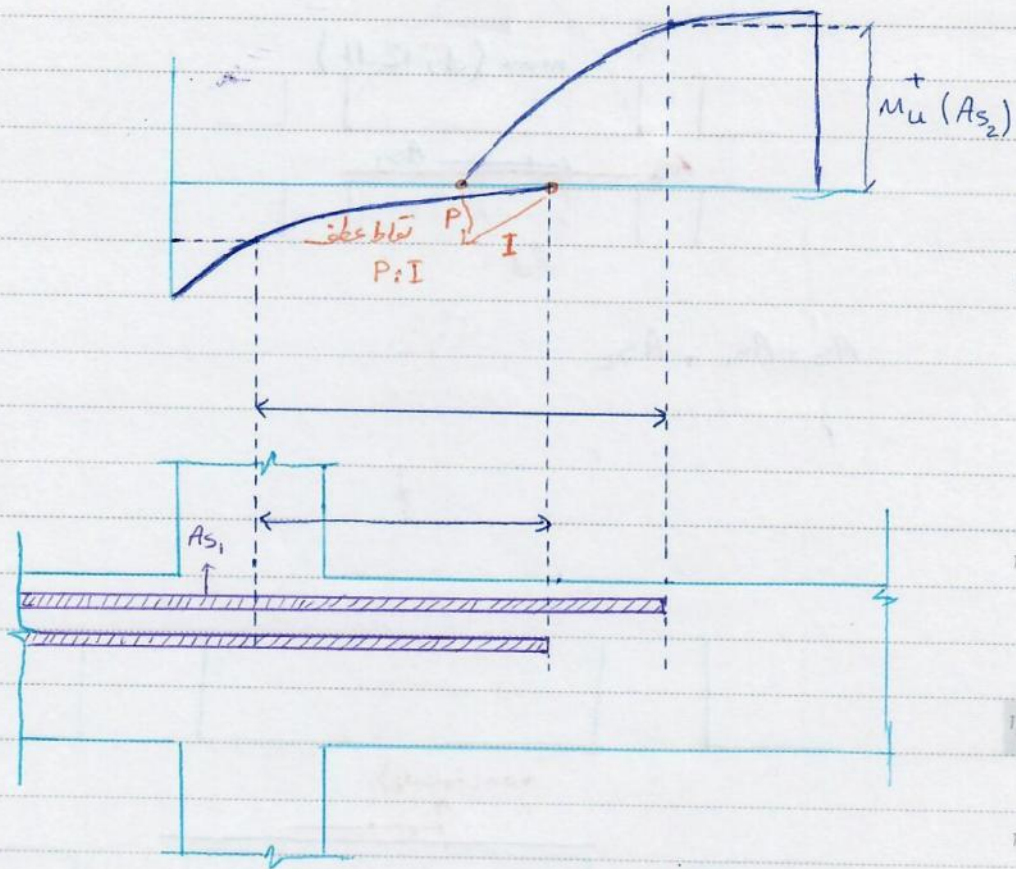
مقاطع در طول تیر که از آن به بعد دیگر با ظرفیت خمشی مسلکده های
مقطع شده یا ختم شده نیازی نیست (حل قطع تئوری)

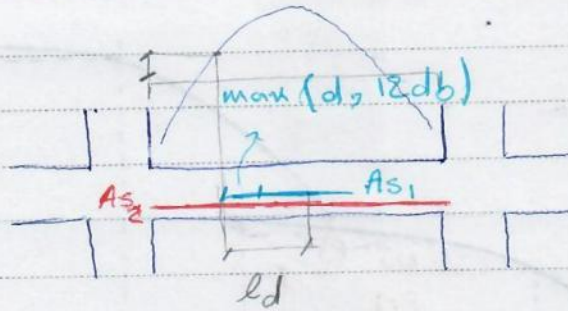
مسلکده ها باید از محل تنگی حد اکثر مثبت یا منفی و یا در محل قطع یا ختم تئوریک

مسلکده های مجاور با اندازه های حداقل طول l_d ادامه یابند. هم چنین

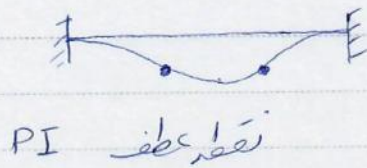
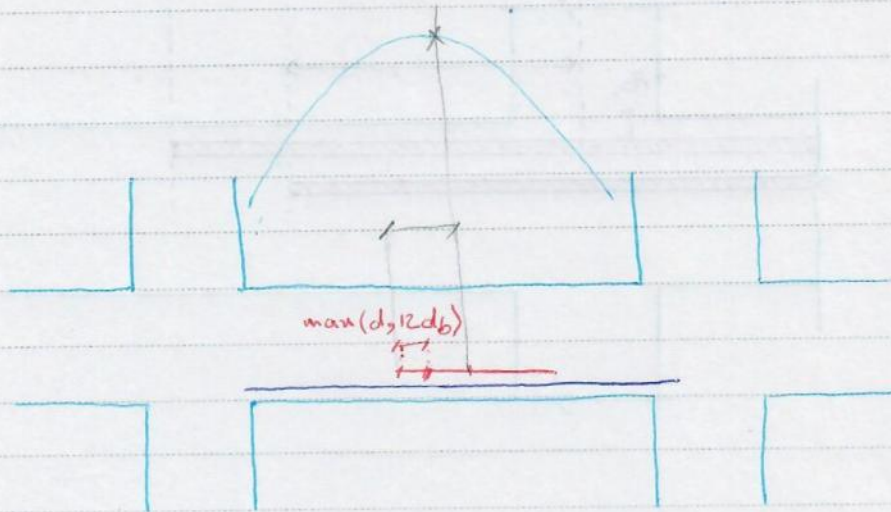
باید مسلکده از محل قطع تئوری با اندازه ی $\max(d, 12d_b)$ ادامه داده شود



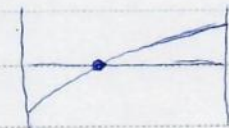
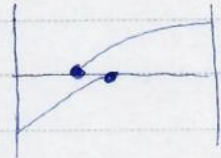




$$A_s = A_{s1} + A_{s2}$$



PI $\frac{1}{2} \frac{1}{2}$



قطع اگر مقرر را در صورتی می توان انجام داد که از عدم شکست برش مقطع مطمئن باشیم، بنابراین این نامده برای کاهش احتمال ترک قطری و شکست برشی در منطقه ی نزدیکی به مقطع مسلک در ناحیه کششی، قطع مسلک را با مشروطات زیر آورده شدن می از ۳ شرط زیر گذارسته است:

$$v_u \leq \frac{2}{3} \phi v_n$$

مقاومت برش اسمی مقطع
برش مورد نیاز در مقطع
(با برهای ضریب ۱)

2- بکار بردن خاموت اضافی در فاصلی $\frac{3}{4}d$ از محل قطع مسلک

$$\frac{A_v}{s} \geq \frac{0.41 b_w}{f_{yt}}$$

مقاومت تسلیم خاموت

$$s \leq \frac{d}{8 \beta_b}$$

فاصله ی خاموت

$$\beta_b = \frac{\text{فولاد قطع شده}}{\text{کل فولاد کششی}}$$

3- برای مسلک ۳۶ و ۳۸ و ۴۰

$$v_u \leq \frac{3}{4} \phi v_n$$

برش با ضریب

مقاومت برش طراحی شده

$$A_{s \text{ continued}} \geq 2 A_{s \text{ required}}$$

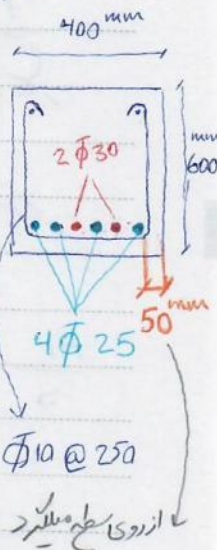
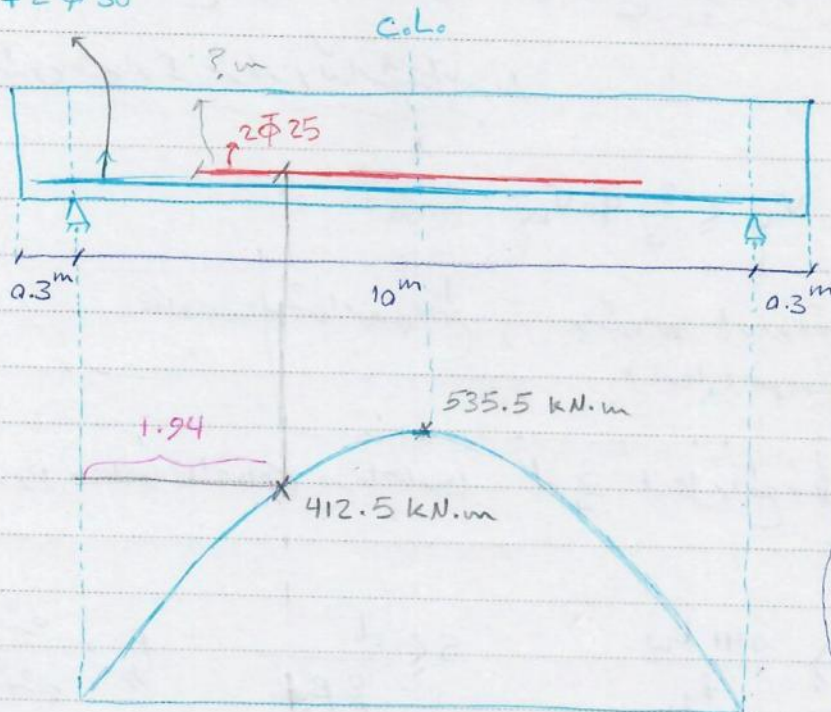
مساحت فولاد ادامه داده شده

مساحت فولاد مورد نیاز

مثال) محل قطع 2 $\Phi 25$ از عجزی میلبردهای مقطع تیر دوسره سازه‌ی

زیر نسبت این بار گنجانست است با نسبت آکریه . $f_y = 400 \text{ MPa}$ $f_c = 25 \text{ MPa}$

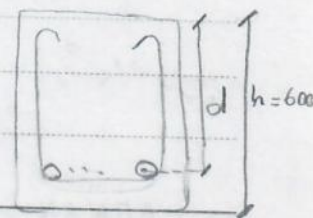
2 $\Phi 25 + 2 \Phi 30$



$$A_s = \left(2 \times \frac{\pi}{4} \times 30^2 \right) + \left(4 \times \frac{\pi}{4} \times 25^2 \right) = 3377 \text{ mm}^2$$

$$\rho = \frac{A_s}{bd} = \frac{3377}{400 \times 535} = 0.01578$$

$$d = h - \frac{50}{\text{cover}} - \frac{30}{2} = 600 - 65 = 535$$



ARMAN

چون بزرگتره اینو در نظر میگیریم

تقسیم: محل قطع نیروی (مقدورترین) $2\phi 25$

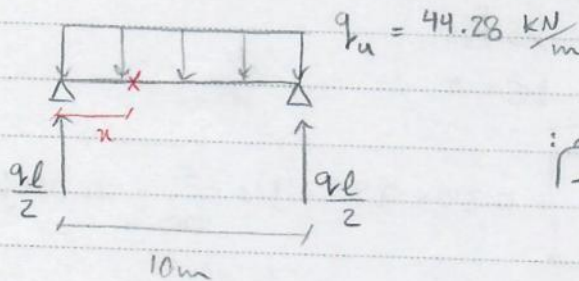
$$(2 \times \frac{\pi}{4} \times 25^2) + (2 \times \frac{\pi}{4} \times 30^2)$$

فولاد باقی مانده = $2\phi 25 + 2\phi 30 = 2395 \text{ mm}^2 = A_s_{\text{نار}}$

$$\rho = \frac{2395}{400 \times 535} = 0.0119 \rightarrow M_u = 412.49 \text{ kN.m}$$

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

$$\phi \rho b d^2 f_y \left(1 - 0.59 \rho \frac{f_y}{f'_c}\right)$$



$$q = q_u$$

در محل تقویر بار، x را می توانیم:

$$M_x = \frac{q_l}{2} \times u - q_u \times \frac{u}{2} \Rightarrow M_x = \frac{q_u}{2} (l - u)$$

*
محل قطع نیروی $= x_t$
محل قطع عملی $= x_p$

$$412.5 = \frac{44.28}{2} u (10 - u)$$

$M_x = M_u$

$$\Rightarrow x_t = 2.48 \rightarrow \text{محل قطع نیروی}$$

31

$$x_p = 2.48 - \max \left(0.535, \frac{12 \times 0.025}{\max(d, 12d_b)} \right)$$

$$x_p = 2.48 - 0.535 = 1.94 \text{ m}$$

کنترل طول محاری:

$$l_d = \left(\frac{f_y}{1.1 \lambda \sqrt{f'_c}} \times \frac{\psi_t \psi_e \psi_s}{\left(\frac{c_b + k_{tr}}{d_b} \right)} \right) d_b$$

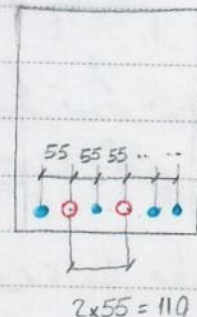
فاصله مرکز تا مرکز تسمه میلگرد = $\frac{400}{5} - 2 \times 50 - \left(2 \times \frac{25}{2} \right) = 55 \text{ mm}$

5) تعداد فاصله بین 4 میلگرد

فاصله مرکز تا مرکز تسمه میلگرد = $\frac{2 \times 55}{2} = 55 \text{ mm}$

میلگرد های قطع شده

فاصله سطح سطح تا مرکز تسمه میلگرد 25 = $50 + \frac{25}{2} = 62.5 \text{ mm}$



میزان ترمیم طول محوری

$$\frac{c_b + k_{tr}}{d_b} = \frac{55 + 0}{25} = 2.2 < 2.5 \quad \checkmark$$

$\Rightarrow c_b = \min(62.5, 55) = 55 \text{ mm}$

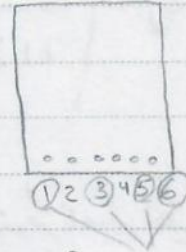
5) $l_d = \left(\frac{400}{1.1 \times 1 \times \sqrt{25}} \times \frac{1 \times 1 \times 1}{2.2} \right) d_b = 826 \text{ mm} > 300 \text{ mm} \quad \checkmark$

فاصله میلگرد قطع شده از لبه جانبی = $5 - 1.94 = 3.06 \text{ m} > 0.826 \text{ m} = l_d$

میلگرد قطع شده

از جمله طول محاسب: کنترل طول محاسباتی اگر ماتورهای ابعاد داده شده به جز 30

$$d = \left(\frac{f_y}{1.1 \lambda \sqrt{f_c}} \times \frac{\psi_t \psi_e \psi_s}{c_b + k_{tr}} \right) \times d_b$$



فاصله مرکز تا مرکز اگر ماتور اول تا سوم و سوم تا پنجم

$$= \frac{110}{2} = 55$$

فاصله مرکز تا مرکز اگر ماتور پنجم تا هفتم

$$= \frac{55}{2} = 27.5$$

متوسط فاصله

$$= \frac{55 + 27.5}{2} = 41.25$$

فاصله سطح بین تا مرکز میلگرد

$$= 50 + \frac{30}{2} = 65 \text{ mm}$$

→ $c_b = \min (41.25, 65) = 41.25 \text{ mm}$

$$\left(\frac{c_b + k_{tr}}{d_b} \right) = \frac{41.25 + 0}{30} = 1.375 < 2.5 \quad \checkmark$$

$$d = \left(\frac{400}{1.1 \times 1 \times \sqrt{25}} \times \frac{1}{1.375} \right) \times 30 = 1588 \text{ mm} \approx 1.59 \text{ m}$$

طول لازم داده شده میلگرد 30

$$= 2.48 + 0.25 = 2.73 > 1.59 \quad \checkmark$$

بعد از قطع تنوری اگر ماتورهای عرضی (سمت تنگی به)

طول محاسباتی اگر ماتورهای

از داده شده اگر ماتور 30

$$0.30 - 0.05$$

از سطح تا سطح

استرل نسبت برش در کل قطع می‌شود:

$$V_u \leq \frac{2}{3} \phi V_n$$

$$V_n = V_c + V_s = 178.3 + 134.4 = 312.7 \text{ kN}$$

$$V_c = \frac{1}{6} \sqrt{f'_c} b d = \frac{1}{6} \sqrt{25} \times \frac{400}{b} \times \frac{535}{d} = 178.3 \times 10^3 \text{ N} = 178.3 \text{ kN}$$

$$V_s = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{s} = \frac{157 \times 400 \times 535}{250} = 134.4 \text{ kN}$$

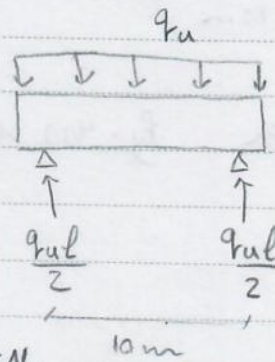
$$A_v = 2 \times \frac{\pi}{4} \times 10^2 = 157 \text{ mm}^2$$

$$q_u = 44.28 \text{ kN/m}$$

$$V_u = \frac{q_u l}{2} = 44.28 \times 1.94$$

$$= \frac{44.28 \times 10}{2} - 44.28 \times 1.94 = 135.5 \text{ kN}$$

در کل قطع می‌شود



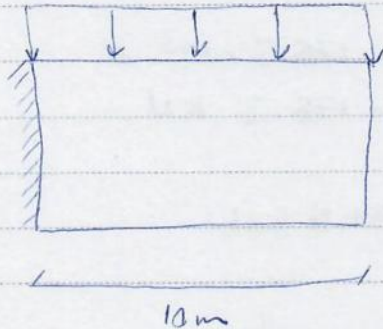
مقرن : مطلوب است :

الف) محاسبه محل قطع تنوی 3 $\Phi 20$

ب) محاسبه محل قطع عکس 3 $\Phi 20$

ج) کنترل برش در محل قطع

$$q_u = 25 \text{ kN/m}$$

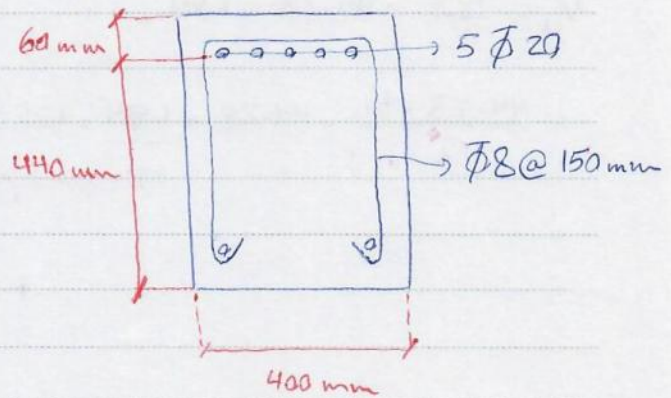


$$q_u = 25 \text{ kN/m} \leftarrow \text{فرض ۱}$$

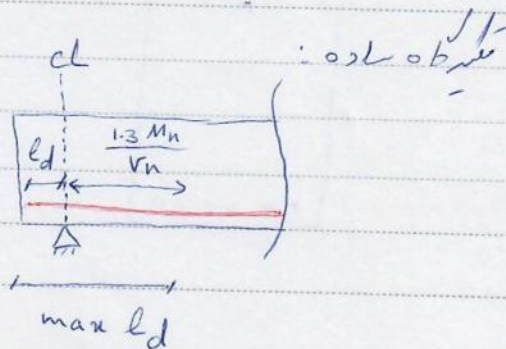
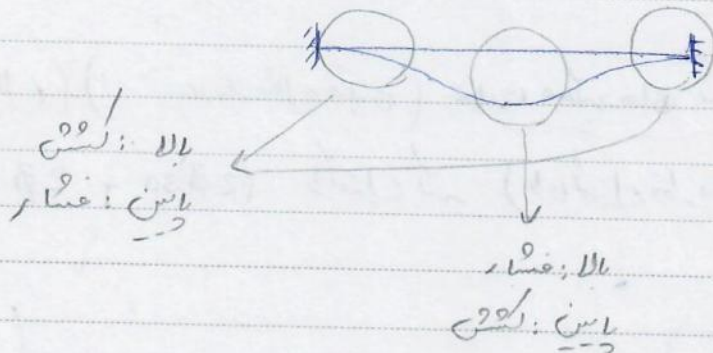
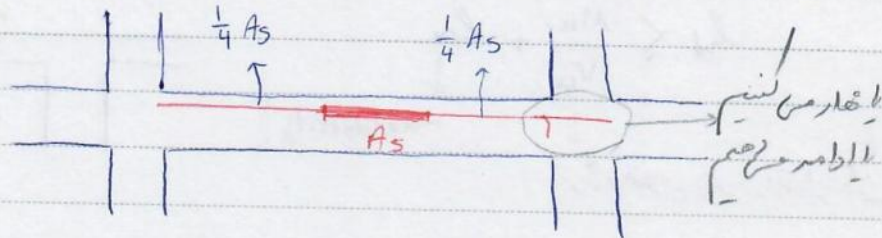
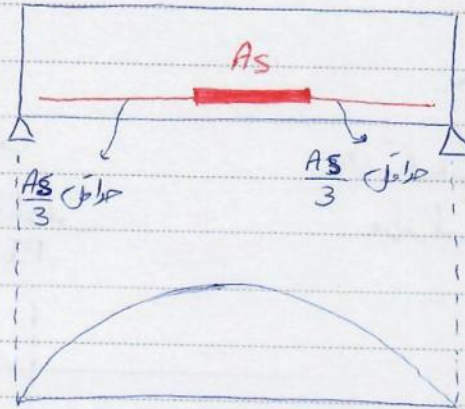
محاسبه q_u بر اساس

اگر مایه موجود باشد با مقطع

$$f'_c = 25 \text{ MPa} \quad f_y = 400 \text{ MPa}$$



ضوابط خاص اگر طاق و رمبہ :



ظرفیت اسمی مقطع در مرکز تکیه ساده

$$l_d \leq \frac{1.3 M_u}{V_u} + l_a$$

برش ضریب دار
مرکز تکیه ساده

ادامه اگر موقوع بعد از
مرکز تکیه ساده

میرمونت

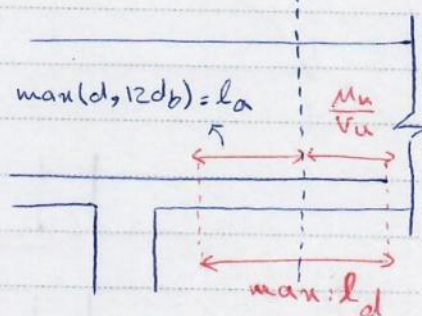
نقطه عطف
PI

ظرفیت خمشی اسمی مقطع در محل نقطه عطف

$$l_d \leq \frac{M_u}{V_u} + l_a$$

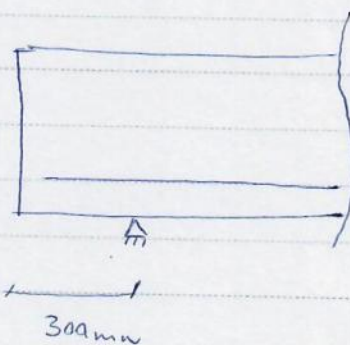
$\max(d, 12d_b)$

برش ضریب دار در نقطه عطف



مثال (استفاده از مثال قبلی) مهارت میلبردهای مثبت تکیهگاه

(برای کنترل کشش) (2 Φ 30 + 2 Φ 25)



از طرف دیگر $l_y = 300 - 40 = 260 \text{ mm}$

$A_s = 2 \Phi 25 + 2 \Phi 30 = 2395 \text{ mm}^2 \rightarrow \rho = 0.0119$

$M_n = \rho b d^2 f_y \left(1 - 0.59 \rho \frac{f_y}{f'_c} \right) = 458.3 \text{ kN.m}$

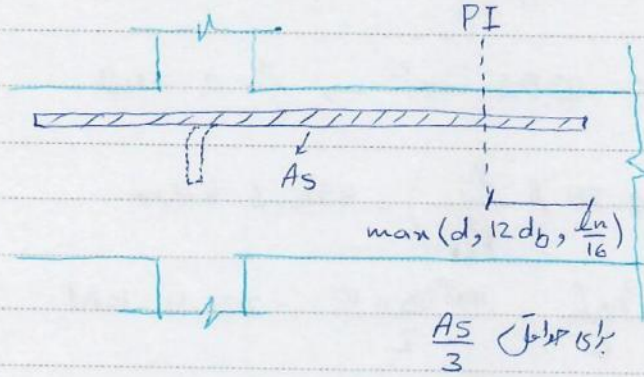
از طرف دیگر $V_u = \frac{q_u l}{2} = \frac{44.28 \times 10}{2} = 221.4 \text{ kN}$

از طرف دیگر $\Phi 30$ برای $l_d = 1.59 \text{ m} \rightarrow$ از جدول قبل

$1.3 \frac{M_n}{V_u} + l_a \geq l_d$

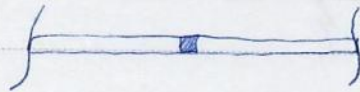
$1.3 \frac{458.3}{221.4} + 0.26 = 2.95 \text{ m} \geq 1.59 \text{ m} \quad \checkmark$

ضوابط چهار میلگرد خمشی منفرد:



طول دهانه آزاد l_n

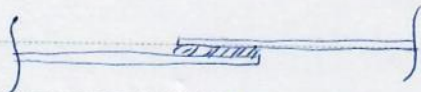
وصله میلگرد:



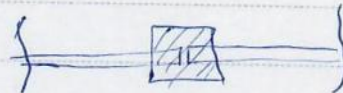
وصله جوش



وصله جوش



جوش کوته

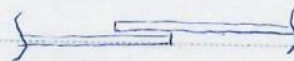
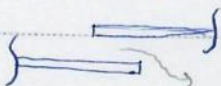


وصله مکانیک

غیر غاسی

غاسی

نکته: * وصله جوش



ARMAN

بین شان

بین می ریزند