

## جزوه مبحث ۹

### بتن و میلگرد

#### بتن (concrete):

ماده ای محکم و توپر که ابتدا حالت روانی و به هر شکلی می تواند دربیاید.

#### حالت های بتن:

بتن تازه (fresh concrete): بتنی که هنوز سیال و روان است.

بتن جوان (green concrete): بتنی که جامد شده است.

بتن سخت کننده (hardened concrete): بتنی که توان و ظرفیت باربری دارد.

#### رده بتن:

$C_{۱۶}$  به پایین: بتن غیرقابل ترمیم      مقاومت مشخصه  $۲۵Mpa \rightarrow C_{۲۵}$

$C_{۲۰}$  به بالا: بتن سازه ای  $f_c > ۲۰Mpa$  برای شکل پذیری کم و متوسط

$C_{۲۵}$  به بالا: بتن سازه ای برای شکل پذیری بالا

$C_{۳۵}$  به بالا: بتن پیش تنیده

$C_{۲۰}$  به پایین: غیرسازه ای (ملات - بتن مگر - جداول)

1-  $X_{avg} > f_c$

2-  $X_{min} > 0.9f_c$

#### ضوابط پذیرش بتن:

(میانگین حداقل دو آزمون هم شرایط را نمونه می گویند)

اگر هر دو مورد برقرار بود  $<<<===$  بتن قابل قبول است

اظهار نظر  $\leftarrow$  حداقل سه نمونه :  $X_1$  و  $X_2$  و  $X_3$

اگر فقط مورد ۱ برقرار نبود  $<<<===$  بتن عدم پذیرش

نه قابل قبول نه غیرقابل قبول

قطعی است

اگر فقط مورد ۲ برقرار نبود  $<<<===$  بتن غیر قابل قبول

عدم پذیرش قطعی: به تشخیص محاسب

است

اگر هر دو مورد برقرار نبود  $<<<===$  بتن غیر قابل قبول

است

### ۹-۲۲-۱۱-۲ تواتر نمونه برداری

۹-۲۲-۱۱-۲-۱ نمونه برداری در هر سازه برای هر نوع و رده‌ی بتن باید در محل مصرف نهایی، قبل از بتن ریزی در عضو مورد نظر، صورت گیرد. پذیرش بتن برای هر نوع و رده در هر سازه نیز به صورت جداگانه می‌باشد.

۹-۲۲-۱۱-۲-۲ در مواردی که حجم هر پیمانۀ اختلاط بتن در پای کار یک متر مکعب باشد، تواتر نمونه برداری باید حداقل برابر با بیش‌ترین مقادیر (الف) تا (ث) زیر باشد:

الف- یک نمونه در هر نوبت کاری روزانه،

ب- یک نمونه برای هر ۳۰ متر مکعب بتن،

پ- یک نمونه برای هر ۵۰ متر مربع سطح دال و دیوار،

ت- یک نمونه برای هر ۱۰۰ متر طول تیر و کلاف، در مواردی که جدا از سایر قطعات بتن ریزی می‌شوند،

ث- یک نمونه برای هر ۵۰ متر طول ستون.

۹-۲۲-۱۱-۳ در مواردی که حجم هر پیمانۀ اختلاط بتن در پای کار بیش‌تر یا کم‌تر از یک متر مکعب باشد، مقادیر بند فوق را می‌توان به همان نسبت افزایش یا کاهش داد؛ مشروط بر آن که این نسبت‌ها بیش‌تر از ۲ و یا کم‌تر از نصف نشوند. افزایش ۲ و کاهش نصف را در مواردی که بتن دارای گواهی نامۀ خاص یا پروانه‌ی استاندارد ملی باشد، می‌توان به نسبت کاهش داد؛ مگر آن که

## جزوه مبحث ۹

**مثال:** برای ستونهای طبقه اول یک سازه جهت آزمایش بتن چند آزمونه استوانه ای ۱۰ در ۲۰ سانتیمتر نیاز

است ؟ ارتفاع خالص طبقه: ۳/۴ متر - ضخامت طبقه: ۴۰ سانتیمتر - تعداد ستونها: ۳۰ عدد - ابعاد ستونها:

۴۰ در ۴۰ سانتیمتر - بتن توسط تراک میکسر به حجم تقریبی ۸ مترمکعب حمل شده و ریخته می شود.

۳۰\*۳.۴=۱۰۲m => 3 samples -> 2 samples ( 9-22-11-2-3) : طول کل ستونها

حجم کل بتن ریزی : 30\*3.4\*0.4\*0.4=16.32 m3 => 1 sample

100\*200 => 2\*3= 6

۱۸=۳\*۶ آزمونه

**مقاومت:** توان و ظرفیت باربری

**سختی:** ایستادگی در برابر تغییر شکل

**دوام:** حفظ کیفیت خاص تا مدت زمان معین

**عوامل موثر در زنگ زدگی:**

۱- رطوبت

۲- اکسیژن

۳- محیط اسیدی (بتن محیط قلیایی دارد)

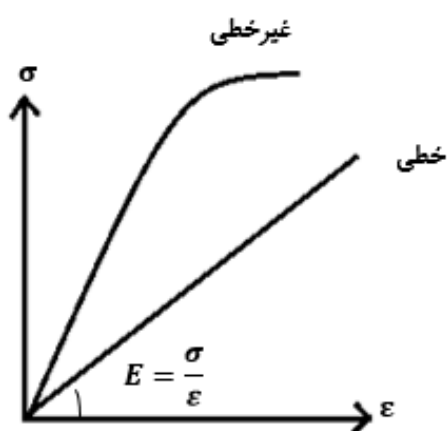
**دوام بتن تابع شرایط زیر است:**

۱- شرایط محیطی

۲- میزان پوشش آرماتورها

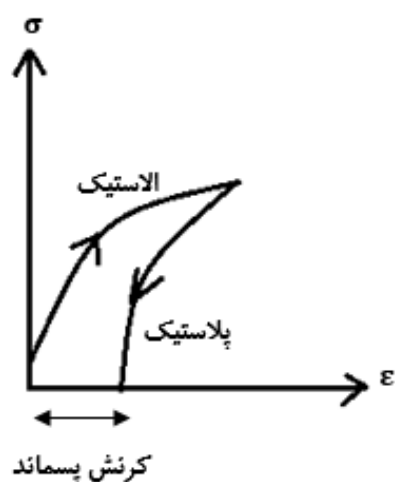
۳- کیفیت بتن

۴- عرض ترک ها



منحنی رفتار: (رابطه تنش - کرنش)

خطی یا غیر خطی  
الاستیک یا پلاستیک



منحنی رفتار بتن (ترد)

ماده ترد قابلیت نجات نمی دهد به صورت آنی

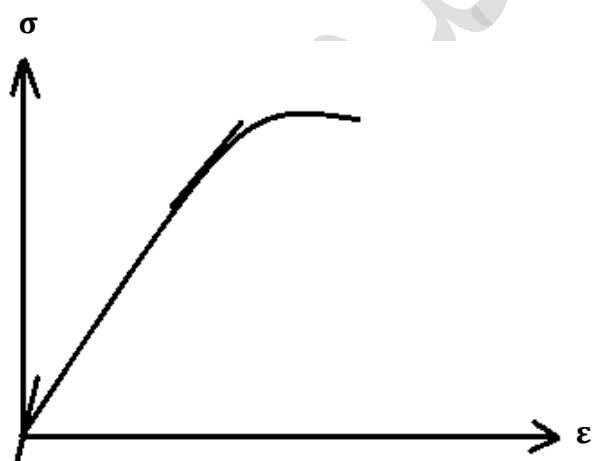
مسیر و ایمنی جانی ندارد

$F_c$  مقاومت فشاری ماکزیمم

$E$  مدول ابتدایی

$E$  مدول مماسی

$E$  مدول سکانت



## جزوه مبحث ۹

- ضریب الاستیسیته بتنهای با چگالی بتن  $W_c$  بین ۱۴۲۰ و ۲۵۶۰ کیلو گرم بر متر مکعب:

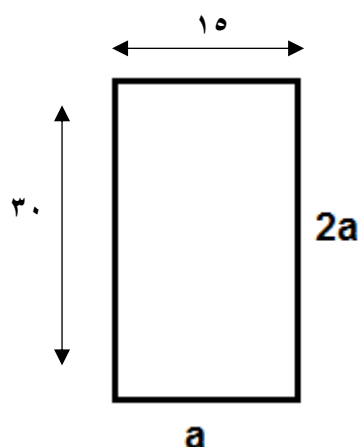
$$E_c = 0.043w_c^{1.5}\sqrt{f'_c} \quad (9-3-2-الف)$$

- رابطه فوق برای بتن های معمولی با چگالی ۲۳۰۰ کیلوگرم بر متر مکعب، به صورت زیر نوشته می شود:

$$E_c = 4700\sqrt{f'_c} \quad (9-3-2-ب)$$

نمونه استاندارد:

استاندارد ما نمونه استوانه‌ای با ابعاد ۱۵ در ۳۰ یا ۲۰ در ۱۰ سانتی متر است.



تبدیل نمونه استوانه‌ای به استوانه استاندارد:

استوانه $a*2a$	۱۰*۲۰	۱۵*۳۰	۲۰*۴۰	۲۵*۵۰	۳۰*۶۰
$\phi_1$	۱.۰۲	۱	۰.۹۷	۰.۹۵	۰.۹۱

$$\text{مقاومت نمونه استوانه به ابعاد } a*2a = \frac{\text{مقاومت نظیر استوانه استاندارد}}{\phi_1}$$

تبدیل نمونه‌های مکعبی به مکعب ۲۰ سانتی‌متر:

مکعب b	۱۰	۱۵	۲۰	۲۵	۳۰
$\phi_2$	۱.۱	۱	۱	۰.۹۵	۰.۹

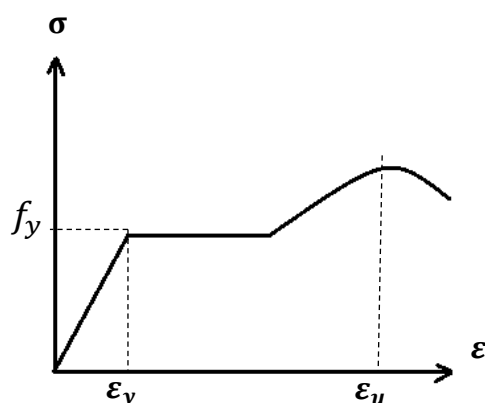
$$\text{مقاومت نمونه مکعبی به ابعاد } b = \frac{\text{مقاومت نظیر مکعب ۲۰ سانتی‌متر}}{\phi_2}$$

## جزوه مبحث ۹

تبدیل نمونه مکعبی ۲۰ سانتی متر به استوانه استاندارد:  
عدد مربوط به استوانه از عدد مربوط به مکعب کوچکتر است.

مکعب ۲۰ سانتی متر	$F_C < ۲۵Mpa$	$F_C = ۲۵Mpa$	$F_C > ۲۵Mpa$
	۰,۸ ↓	۱,۲۵ ↓	۰,۸ ↑    ۱,۲۵ ↑
استوانه استاندارد	$F_C < ۲۰Mpa$	$F_C = ۲۰Mpa$	$F_C > ۲۰Mpa$

منحنی رفتار فولاد:



۱- خطی و الاستیک

۲- جاری شدن

۳- سخت شدگی مجدد

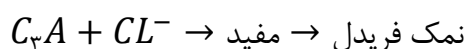
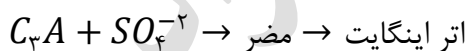
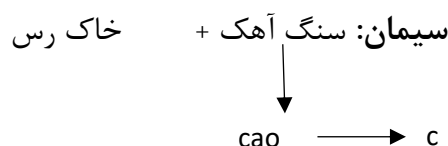
حد الاستیک  $f_y$

حد گسیختگی  $f_u$

در طراحی اول فولاد باید جاری شود سپس بتن گسیخته

$$\mu = \frac{\epsilon_u}{\epsilon_y} = \text{شکل پذیری}$$

انواع سیمان پرتلند:



تیپ ۱: معمولی

تیپ ۲: مقاومت بیشتر در برابر سولفات ها و کلریدها حرارت هیدراسیون کمتر ← اصلاح شده

هم سولفات هم کلرید ← کنارخلیج فارس و کویر

## جزوه مبحث ۹

تیپ ۳: زود سخت شونده

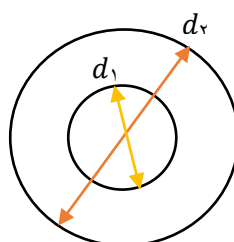
تیپ ۴: حرارت هیدراسیون کمتر ← بتن ریزی حجیم

تیپ ۵: مقاوم در برابر حمله سولفاتی ( $C_3A$  کم)

فقط سولفات ← کنار رودخانه

فولاد و میلگرد:

ردیف	علامت مشخصه	طبقه بندی از نظر شکل رویه	طبقه بندی از نظر شکل پذیری	مقاومت کششی حداقل	تنش حد تسلیم بر/مگا پاسکال		کشش کسختگی [۱]	
					حداکثر	حداقل	حداقل $A_{10}$	حداقل $A_5$
S240	س ۲۴۰	ساده	نرم	۳۶۰	-	۲۴۰	۱۸	۲۵
S340	آج ۲۴۰	آجدار مارپیچ	نیم سخت	۵۰۰	-	۳۴۰	۱۵	۱۸
S350	آج ۲۵۰	آجدار مارپیچ	نیم سخت	۵۰۰	۴۵۵	۲۵۰	-	۱۷/۱۲
S400	آج ۴۰۰	آجدار چنانگی	نیم سخت	۶۰۰	-	۴۰۰	۱۲	۱۶
S420	آج ۴۲۰	آجدار چنانگی	نیم سخت	۶۰۰	۵۴۵	۴۲۰	-	۱۶/۱۲
S500	آج ۵۰۰	آجدار مرکب	سخت	۶۵۰	-	۵۰۰	۸	۱۰
S500 C	آج ۵۰۰ سرد	آجدار	سخت	۵۵۰	-	۵۰۰	-	۱۲
S520	آج ۵۲۰	آجدار مرکب	سخت	۶۹۰	۶۷۵	۵۲۰	-	۱۳

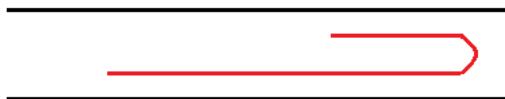


$\varphi \leftarrow \varphi S \leftarrow$  بدون آج

$\bar{\varphi} \leftarrow \bar{\varphi} 20 \leftarrow$  آجدار

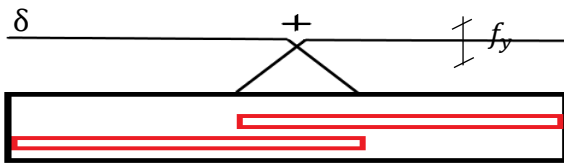
$$\gamma = \frac{M}{V} \rightarrow d_B = \gamma \frac{\sqrt{M(gr)}}{\gamma R l} d_1 < d_B < d_\gamma$$

$$۰,۰۰۷۸۵ \frac{gr}{mm^2}$$



طول گیرایی:

طول لازم جهت انتقال تنش از میلگرد به بتن هرچه پیوستگی میلگرد و بتن بیشتر باشد  $l_d$  کمتر است



طول وصله:

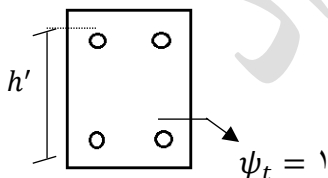
طول لازم جهت انتقال تنش از میلگرد به میلگرد طول گیرایی (پیوستگی) میلگرد در کشش: ( $l_d$ )

$$l_d = \frac{\psi_t \psi_e \psi_s \psi_g}{\lambda \left( \frac{c_b + k_{tr}}{d_b} \right)} \frac{0.9 f_y}{\sqrt{f'_c}} d_b$$

$$k_{tr} \geq 300 \text{ (mm)}$$

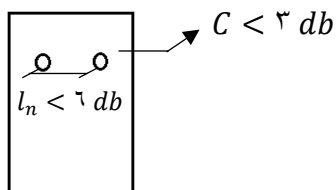
$$l_d = 300 \Leftarrow l_d < 300 \text{ اگر}$$

$\psi_t$  (ضریب موقعیت):



کیفیت بتن بالا کمتر ← چسبندگی کمتر ←  $\psi_t$  بیشتر  
ضریب پوشش





$\psi_e$ : (ضریب اندود میلگرد)

استفاده در موقعیتی که خوردگی زیاد باشد

اپوکسی ترنیم  $\psi_e = 1$

اپوکسی بزنیتم:

حالت الف:  $\psi_e = 1/5$   $l_n < 6 db$  و  $C < 3 db$

حالت ب: در غیر اینصورت  $\psi_e = 1/2$

$db < 20 (mm) \rightarrow \psi_s = 0.8$

$\psi_s$  ضریب قطر میلگرد

$db > 20 (mm) \rightarrow \psi_s = 1$

ضریب اندازه

۱/۰	فولاد S420 و S400 S350 S340	$\psi_g$
۱/۱۵	فولاد S520 و S500	ضریب رده‌ی فولاد

حالت خاص:

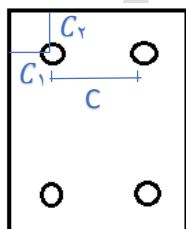
اگر  $\psi_t \psi_e > 1.7$  آنرا برابر ۱.۷ قرار می‌دهیم

$\psi_t \psi_e \leq 1.7$

$\psi_t = 1/5$   $\psi_e = 1/5$

$C_b$  (ضریب فاصله میلگردها):

$$C_b = Ma (C_1 \text{ و } C_2 \text{ و } C_3)$$



## جزوه مبحث ۹

$k_{tr}$  (ضریب خاموت):

$$k_{tr} = \frac{40 A_{tr}}{S n}$$

$A_{tr}$  مساحت ساق های قائم

$S$  فاصله خاموت ها

$N$  تعداد میلگردها در محل تقاطع

$$\frac{C_b + k_{tr}}{d_b} \leq 2/5$$

روش تقریبی محاسبه:

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

در جهت اطمینان  $K_{tr} = 0$

در این رابطه  $A_{tr}$  سطح مقطع کل آرماتورهای عرضی در فاصله  $S$  و  $n$  تعداد میلگردها یا سیم‌هایی است که دارای مهار یا وصله پوششی در طول صفحه‌ی شکاف خوردگی می‌باشند. استفاده از مقدار صفر برای  $K_{tr}$  حتی در صورت وجود یا نیاز به آرماتور عرضی محصور کننده مجاز است. نسبت  $(C_b + K_{tr})/d_b$  که نشان‌گر اثرات محصور شدگی است، نباید بیش از  $2/5$  در نظر گرفته شود.

۹-۲۱-۳-۱-۴ در محاسبه‌ی طول گیرایی، نیازی به اعمال ضریب کاهش مقاومت  $\phi$  نیست.

۹-۲۱-۳-۱-۵ در محاسبه‌ی طول گیرایی، مقدار  $\sqrt{f'_c}$  نباید از  $8/3$  مگاپاسکال تجاوز نماید.

۹-۲۱-۳-۱-۶ در محاسبه طول گیرایی،  $\lambda$  ضریب بتن سبک برای بتن سبک  $0/75$  و برای بتن معمولی  $1/0$  در نظر گرفته می‌شود.

$k_3$ : ضریب اضافه آرماتور

به علت جاری شدگی زودتر میلگرد

$k_3$  یک ضریب اختیاری است.

## جزوه مبحث ۹

عدم اعمال آن در جهت اطمینان است.

$$k_3 = \frac{\text{سطح مقطع آرماتور لازم}}{\text{سطح مقطع آرماتور بکار رفته}} < 1$$

طول گیرایی میلگرد:

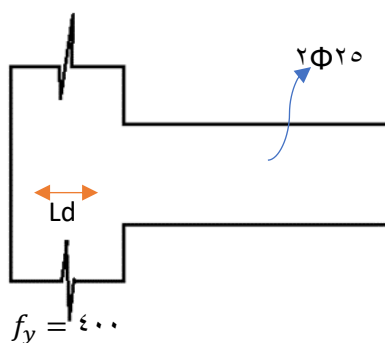
$$L_{dc} = \max \left\{ \begin{array}{l} \rightarrow \frac{\psi_r \cdot 24 f_y}{\lambda \sqrt{f'_c}} \rightarrow db \quad k_{tr} \geq 200 \text{ (mn)} \\ \rightarrow 0.043 f_y \psi_r \end{array} \right.$$

در این روابط ضریب محصور شدگی  $\psi_r$  برای محصور شدگی توسط دورپیچ، تنگ دایروی پیوسته با قطر بیش از ۶ میلی متر و گام کمتر از ۱۰۰ میلی متر، تنگ سیمی به قطر بیش از ۱۲ میلی متر و فواصل کمتر از ۱۰۰ میلی متر و دورگیر طبق ضوابط بند ۹-۲۱-۶-۴ با فواصل کمتر از ۱۰۰ میلی متر، برابر با ۰/۷۵؛ و برای سایر حالات برابر با ۱/۰ در نظر گرفته می شود.

طول گیرایی گروه میلگرد:

مثال:

مطلوبست محاسبه طول گیرایی لازم برای میلگرد در بالای تیرمعلق به کنسول شکل زیر:



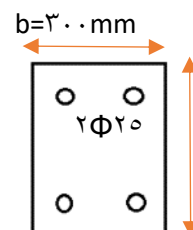
$$f_y = 400$$

$$f_c = 30$$

$$\Psi_t = 1.3 \quad \Psi_e = 1 \quad \Psi_s = 1 \quad \lambda = 1 \quad \Psi_g = 1$$

$$c_b = 50 \text{ mm} \quad d_b = 20 \text{ mm} \quad k_{tr} = 1 \quad k_{tr} = 0$$

$$L_d = 2160 \text{ mm}$$



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

خم:

(۱) میلگرد طولی

۹۰° (۱-۱)

۱۸۰° (۲-۱)

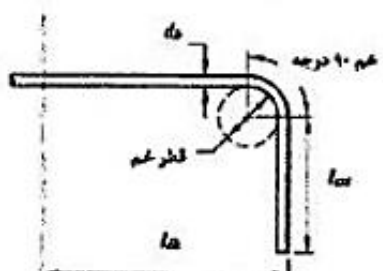
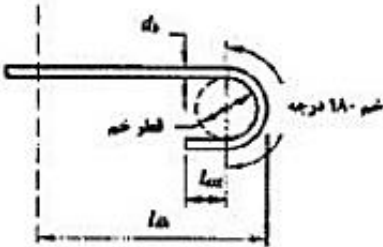
(۲) میلگرد عرضی

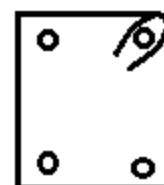
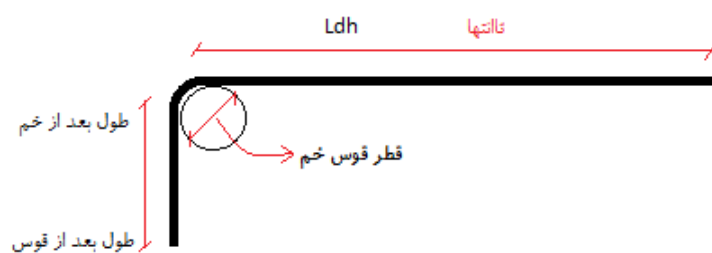
۹۰° (۱-۲)

۱۳۵° (۲-۲)

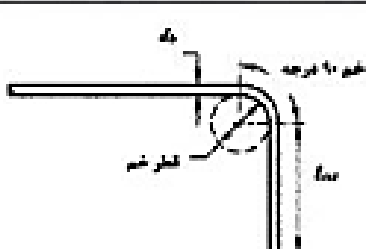
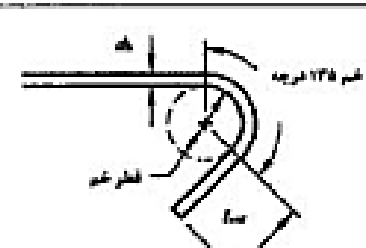
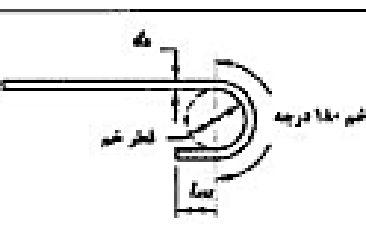
۱۸۰° (۳-۲)

### میلگرد طولی

نوع قلاب	قطر میلگرد (mm)	حداقل قطر داخلی خم (mm)	طول مستقیم پس از خم $l_{ext}$	شکل
قلاب ۹۰ درجه	۲۵ تا ۱۰	$6d_b$	$12d_b$	
	۳۴ تا ۲۸	$8d_b$		
	۵۵ تا ۳۶	$10d_b$		
قلاب ۱۸۰ درجه	۲۵ تا ۱۰	$6d_b$	۴۵ و $4d_b$ میلی متر هر کدام بزرگتر است	
	۳۴ تا ۲۸	$8d_b$		
	۵۵ تا ۳۶	$10d_b$		



جدول ۹-۲۱-۲ قلاب استاندارد برای مهار میلگردهای عرضی

نوع قلاب	قطر میلگرد (mm)	حداقل قطر داخلی خم (mm)	طول مستقیم پس از خم $l_{dev}$	شکل
قلاب ۹۰ درجه	۱۰ تا ۱۶	$4d_b$	$6d_b$ و ۷۵ میلی متر، هر کدام بزرگتر است	
	۱۸ تا ۲۵	$6d_b$	$12d_b$	
قلاب ۱۳۵ درجه	۱۰ تا ۱۶	$4d_b$	$6d_b$ و ۷۵ میلی متر، هر کدام بزرگتر است	
	۱۸ تا ۲۵	$6d_b$	$6d_b$ و ۷۵ میلی متر، هر کدام بزرگتر است	
قلاب ۱۸۰ درجه	۱۰ تا ۱۶	$4d_b$	$4d_b$ و ۶۵ میلی متر، هر کدام بزرگتر است	
	۱۸ تا ۲۵	$6d_b$	$6d_b$ و ۶۵ میلی متر، هر کدام بزرگتر است	

طول گیرایی در خم: ( $L_{dh}$ )

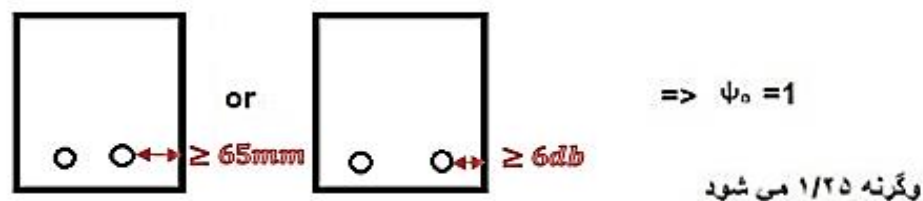
$$L_{dh} = \frac{\psi_e \psi_r \psi_o \psi_c}{\lambda} \cdot \frac{0.43 f_y}{\sqrt{f'_c}} d_b^{1.5} * K3 \geq \text{Max} (8 \text{ و } 150) (mm)$$

ضریب اصلاح	شرایط	مقدار ضریب
$\psi_s$ ضریب پوشش	برای میلگردهای با اندود اپوکسی یا با اندود دو گانه ای اپوکسی و روی	۱/۲
	برای میلگردهای بدون اندود و میلگردهای با اندود روی (گالوانیزه)	۱/۰
$\psi_r$ ضریب آرماتور محصور کننده	برای میلگردهای با قطر کوچکتر یا مساوی ۲۴ میلی متر با $A_{th} \geq 0.40A_{hs}$ و یا با فاصله ای میلگردهای مهار شونده بیش از شش برابر قطر میلگرد	۱/۰
	برای سایر موارد	۱/۶
$\psi_o$ ضریب محل مهار	برای میلگردهای با قطر کوچکتر یا مساوی ۲۴ میلی متر و مهار شده در هسته ی ستون و با پوشش جانبی عمود بر صفحه ی قلاب بیش از ۶۵ میلی متر و یا با پوشش جانبی عمود بر صفحه ی قلاب بیش از شش برابر قطر میلگرد	۱/۰
	برای سایر موارد	۱/۲۵
$\psi_c$ ضریب مقاومت بتن	برای بتن با مقاومت کمتر از ۴۲ مگاپاسکال	$f'_c/105 + 0.6$
	برای بتن با مقاومت بزرگتر یا مساوی ۴۲ مگاپاسکال	۱/۰

$db < 34mm$

وگرنه ۱/۶ می شود  $\Rightarrow \psi_r = 1$  or  $A_{th} \geq 0.40A_{hs}$  or  $6db >$  فاصله میلگردها

$db < 34mm$



$A_{hs}$  مساحت کل میلگردهای مهار شده با قلاب  $A_{th}$  در ۹-۲۱-۳-۳-۳ تعریف شده است.

۹-۲۱-۳-۳-۳ مساحت کل تنگ‌ها و خاموت‌های محصور کننده‌ی میلگرد مهار شده با قلاب،  $A_{th}$  که حداقل طولی معادل  $0.75l_{dh}$  از انتهای خم را در امتداد  $l_{dh}$  محصور کرده‌اند، شامل موارد زیر است:

الف- تنگ‌ها و خاموت‌های محصور کننده‌ی قلاب (حداقل دو تنگ یا خاموت) موازی طول  $l_{dh}$  با فاصله‌ی مساوی در طول انتهای آزاد خم. فاصله‌ی این تنگ‌ها و خاموت‌ها باید کمتر از هشت قطر میلگرد بوده و در طول پانزده برابر قطر میلگرد، اندازه‌گیری شده از قسمت مستقیم میلگرد مهار شده واقع باشند.

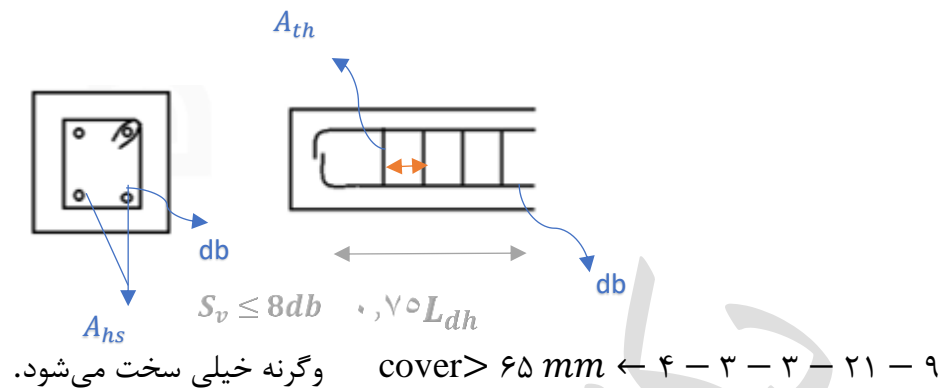
ب- تنگ‌ها و خاموت‌های محصور کننده‌ی قلاب (حداقل دو تنگ یا خاموت) عمود بر طول  $l_{dh}$  با فاصله‌های مساوی در امتداد طول مستقیم. فاصله‌ی این تنگ‌ها و خاموت‌ها باید کمتر از هشت برابر قطر میلگرد باشد.

۹-۲۱-۳-۳-۴ برای میلگردهای مهار شده با قلاب استاندارد در انتهای غیر ممتد عضو که در آن پوشش جانبی و فوقانی (یا تحتانی) قلاب کمتر از ۶۵ میلی متر است، قلاب باید در طول گیرایی  $l_{dh}$  توسط تنگ یا خاموت عمود بر امتداد میلگرد و با فواصل کمتر از سه برابر قطر میلگرد محاط شود؛ فاصله‌ی اولین تنگ یا خاموت از بر بیرونی خم قلاب نباید بیش‌تر از دو برابر قطر میلگرد باشد.

۹-۲۱-۳-۳-۳:

$A_{hs}$  مساحت کل میلگرد های طولی دارای قلاب =

$A_{th}$  مساحت کل خاموت‌ها در طول  $0.75l_{dh}$  و فاصله کمتر از  $A_{db}$  =



طول وصله برای آرماتور کششی

وصله پوششی  $db < 34mm$

طول وصله  $= 1.3ld \geq 300(mm)$

تبصره:

$$f_s < 0.5f_y$$

کمتر از ۵۰ درصد آرماتورها در یک مقطع همپوشانی داشته باشند.

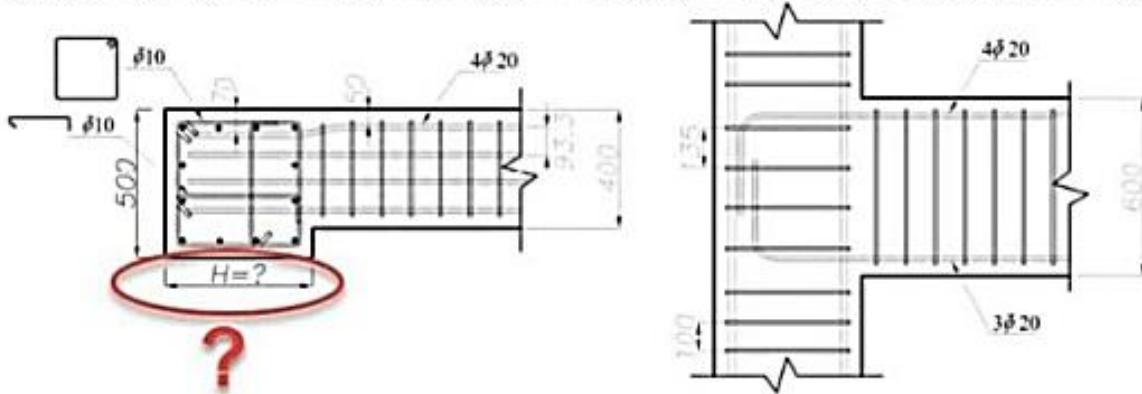
۹-۲۱-۴-۱-۴ برای وصله پوششی غیر تماسی در اعضای خمشی، فاصله عرضی مرکز به مرکز میلگردهای وصله شده نباید از یک پنجم طول وصله و ۱۵۰ میلی متر تجاوز نماید.



## جزوه مبحث ۹

مثال:

مطابق شکل زیر یک تیر به ابعاد  $b=400\text{ mm}$  و  $h=600\text{ mm}$  به یک ستون به عرض  $400\text{ mm}$  متصل شده است. تیر مربوط به لبه کناری سازه بوده و بنابراین به جهت همباد شدن نما، تیر در لبه ستون کار شده است. تیر تحت لنگر منفی می باشد و میلگردهای فوقانی تحت کشش هستند. بتن از نوع C25 و فولادهای خمشی از نوع S400 می باشد. حداقل بعد ستون در راستای قلاب را بیابید ( $H=?$ )



- با توجه به اینکه پوشش جانبی قلابها در داخل ستون 75 mm می باشد:

$$side\ cover = 75\text{ mm} > 65\text{ mm} \rightarrow \psi_o = 1$$

- در طول قلاب ۳ تنگ بسته قرار گرفته و هر تنگ بسته دارای دو ساق  $\phi 10$  میباشد و بنابراین:

$$\left. \begin{aligned} A_{th} &= 3(2\phi 10) = 3(2\pi \times 5^2) = 471\text{ mm}^2 \\ A_{hs} &= 4\phi 20 = 4 \times 314 = 1256\text{ mm}^2 \rightarrow 0.4A_{hs} = 502\text{ mm}^2 \end{aligned} \right\} A_{th} < 0.4A_{hs} \rightarrow \psi_r = 1.6$$

$$s = 93.3\text{ mm} - 20\text{ mm} < 6d_b = 120\text{ mm}$$

$$l_{dh} = \frac{f_y \psi_o \psi_r \psi_s \psi_c}{23\lambda \sqrt{f'_c}} d_b^{1.5} = \frac{400 \times 1 \times 1.6 \times 1 \times \left(\frac{25}{105} + 0.6\right)}{23 \times 1 \times 5} 20^{1.5} = 417\text{ mm}$$

- با فرض اینکه پوشش انتهای قلاب حداقل 50 mm باشد، بعد ستون حداقل باید  $417 + 50 = 467\text{ mm}$  باشد. به لحاظ اجرایی بعد ستون باید برابر 500 mm انتخاب شود.

طول وصله آرماتور فشاری:

$$\text{IF } f_y \leq 420\text{ (mpa)}$$

$$\text{طول وصله} \geq 0.71 f_y d_b$$

$$\text{IF } f_y \geq 420\text{ (mpa)}$$

$$\text{طول وصله} \geq (0.13 f_y - 24) d_b$$

$$\text{Min} = 300\text{ mm}$$

## کنترل ترک و فواصل میلگردها

### ۹-۱۹-۳ توزیع آرماتور خمشی و کنترل عرض ترک

۹-۱۹-۳-۱ در تیرها و دال های یک طرفه برای کنترل عرض ترک ها و میزان گسترده گی آنها در ناحیه ی تحت کشش بتن، کافی است فاصله ی میلگردهای خمشی آجدار،  $s$  از حدودی که در زیر تعیین شده اند تجاوز نکند.

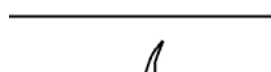
$$s=380\left(\frac{280}{f_s}\right)-2.5c_c \quad (۴-۱۹-۹)$$

$$s=300\left(\frac{280}{f_s}\right) \quad (۵-۱۹-۹)$$

در این روابط،  $f_s$  میزان تنش در آرماتور کششی زیر اثر بارهای بهره برداری بر حسب مگاپاسکال، و  $c_c$  کمترین فاصله ی سطح میلگردهای کششی آجدار از وجه کششی عضو بر حسب میلی متر است.

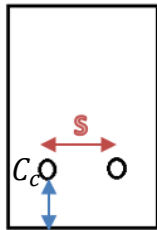
۹-۱۹-۳-۲ در محاسبه ی تنش کششی  $f_s$  در آرماتورها، به جای محاسبه ی دقیق بر مبنای روابط سازگاری کرنش ها در ارتفاع مقطع، می توان آن را برابر با  $\frac{2}{3}f_y$  به حساب آورد.

۹-۱۹-۳-۳ در مواردی که تنها یک میلگرد به عنوان آرماتور کششی در مقطع موجود است، عرض دورترین وجه کششی نباید از  $s$  که از بند ۹-۱۹-۳-۱ تعیین می شود، بیشتر باشد.

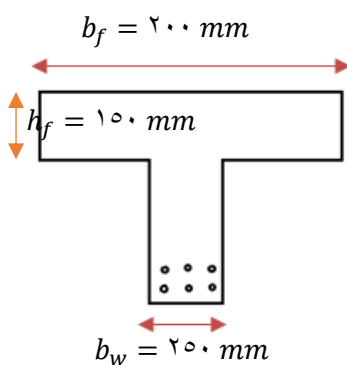


به جای رابطه دقیق:

$$f_s = \frac{2}{3}f_y \text{ در جهت سادگی}$$



فقط یک میلگرد داشتیم :  $b \leq S$



مثال: مطلوبست کنترل عرض ترک برای مقطع با مشخصات شکل زیر

کاور ۳۵ میلیمتر

$M = 670 \text{ kn.m}$

$S_{400}$

تمرین:  $f_s$  را از مقطع ترک خورده بدست آورید.

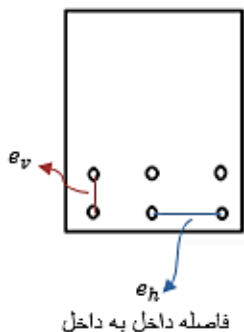
$$f_s \leq \frac{2}{3} f_y = \frac{2}{3} * 400 = 266 \text{ (mpa)}$$

Cover = 35 mm

$$S = \frac{250 - (2 * 35 + 22)}{2} = 74 \text{ mm}$$

$$\text{رابطه ۱} : 380 \left( \frac{280}{266} \right) - 2.5 * 35 = 313$$

$$\text{رابطه ۲} : 300 \left( \frac{280}{266} \right) = 316$$



$$eh \geq \max$$

قطر آرماتور

20 mm

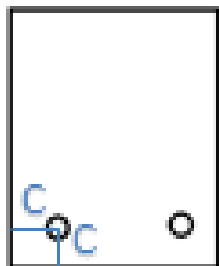
قطر بزرگترین سنگدانه بتن \* 1,33

حداقل فاصله بین میلگردها:

## جزوه مبحث ۹

فاصله آرماتور کمتر از این مقدار بتن ریزی را دچار مشکل می کند.

$$e_v \geq 25 \text{ mm}$$



$$c \geq \max$$

حداقل پوشش روی میلگرد:

قطر آرماتور

قطر بزرگترین سنگدانه  $1,33^*$

مقادیر جدول

۵-۹-۴-۹ پوشش بتنی روی آرماتورها در شرایط محیطی معمولی (غیر خورنده)

۱-۵-۹-۴-۹ ضخامت پوشش بتنی روی کلیه آرماتورهای طولی و عرضی نباید از مقادیر داده شده در جدول ۶-۴-۹ کمتر باشد.

۲-۵-۹-۴-۹ برای گروه میلگردها، ضخامت پوشش بتنی روی آنها، نباید از کوچکترین دو مقدار (الف) و (ب) زیر کمتر باشد.

الف- قطر معادل گروه میلگردها؛

ب- ۷۵ میلی متر برای مواردی که بتن بر روی خاک ریخته شده و با آن در تماس دائمی است؛ و ۵۰ میلی متر برای مواردی که بتن در تماس با خاک ریخته نشده است.

جدول ۹-۴-۶ حداقل ضخامت پوشش بتن روی میلگرد برای اجزای بتنی

شرایط محیطی سازه بتنی	نوع عضو	میلگردها	پوشش روی میلگردها میلی متر
بتن در تماس دائم با خاک است.	کلیدی اعضا	کلیدی میلگردها	۷۵
بتن در تماس با هوا و یا تماس غیر دائم با خاک است.	کلیدی اعضا	میلگردهای به قطر ۱۸ تا ۵۸ میلی متر	۵۰
		میلگردها و سیم‌های به قطر ۱۶ میلی متر و کمتر	۴۰
بتن در تماس با هوا و یا خاک نیست.	دال‌ها، تیرچه‌ها و دیوارها	میلگردهای بزرگتر از قطر ۳۶ میلیمتر	۴۰
		میلگردهای قطر ۳۴ میلی متر و نازک‌تر	۲۰
	تیرها، ستون‌ها، ستون پایه‌ها و اعضای کششی	آرماتورهای طولی، خادرت‌ها، بست‌ها، دورپیچ‌ها و تنگ‌ها	۴۰

۹-۴-۹-۶ در محیط‌های خورنده و یا در سایر شرایط محیطی غیر متعارف، ضخامت پوشش حداقل روی آرماتورها باید در صورت لزوم افزایش یافته و در هر حال نباید از مقادیر داده شده در پیوست ۹-۳-۱ به منظور تامین دوام عضو کمتر باشد.

جدول ۹-۱-۱ دسته بندی شرایط محیطی از دیدگاه دوام بتن

ردیف	رده بندی	رده مشخصه	توصیف شرایط	نمونه هایی از شرایط محیطی مشابه با رده بندی
۱	خطر خوردگی یا حملات شیمیایی وجود ندارد.	X0	بخش غیر مسلح و بدون سایر فلزات مدفون در بتن تمام شرایط محیطی به غیر از شرایطی که در آنها پدیده های پخش زدن- آب شدن- سایش یا حملات شیمیایی ایجاد شوند	—
			بتن آرمه خیلی خشک	- بتن در داخل ساختمان ها یا رطوبت بسیار کم
۲	خوردگی ناشی از یون های کلرید به غیر از آب شور دریا (بتن دارای میلگرد یا سایر فلزات مدفون و در تماس با آب حاوی یون های کلرید، شامل نمک های یخ زده، یا منبجی غیر از آب دریای شور)	XCD1	رطوبت متوسط	- سطوح بتنی در معرض یون های کلرید موجود در هوا
		XCD2	مرطوب، به تدریج خشک	- استخر شنا
		XCD3	بتن آرمه در تماس مستقیم با خاک دارای یون کلرید	- قسمت هایی از ساختمان که در تماس با خاک مهاجم هستند و در زیر سطح آب زیر زمینی واقع شده اند (آب سه راحنی می تواند از سطح به داخل نفوذ پیدا کند)
		XCD4	چرخه های تر و خشک شدن	- بخش هایی از ساختمان که در معرض پاشش کلریدی قرار دارند - روسازی های محوطه ساختمان ها، - دال پارکینگ ها

بستن آرمه در معرض نمک های کم موجود در هوا و خیلی دور از دریا	XCS1	<p>۳</p> <p>خوردگی ناشی از یون های کلرید آب دریای شور (بستن دارای میلگرد یا سایر فلزات مدقون و در تماس با یون های کلرید ناشی از آب دریا، و یا نمک های موجود در هوا)</p>	- ساختمان های دور از ساحل
به طور دائم غرقاب یا درون خاک خیس یا مرطوب	XCS2		- بخش هایی از ساختمان های دریایی که در آب دریا قرار دارند. - بخش هایی از سازه که در خاک ساحلی یا پایین- تر از سطح کف دریا قرار دارند.
بستن آرمه در معرض نمک های زیاد موجود در هوا و بدون تماس مستقیم با آب دریا یا پاشش	XCS3		- ساختمان های نزدیک ساحل
نواحی در معرض پاشش و جزر و مد	XCS4		- بخش هایی از ساختمان های دریایی در معرض پاشش و جزر و مد

#### ۹-۱-۲-۳ پوشش بتنی روی میلگردها

۹-۱-۲-۳-۱ پوشش بتنی روی میلگردها برابر است با حداقل فاصله بین سطح بتن تا  
نزدیکترین رویه میلگرد، اعم از طولی یا عرضی و یا سیم آرماتوربندی.

۹-۱-۲-۳-۲ ضخامت پوشش بتنی میلگردها متناسب با شرایط محیطی و نوع قطعه‌ی مورد  
نظر، نباید از مقادیر داده شده در جدول ۹-۱ و موارد (الف) و (ب) زیر کم‌تر باشد.  
(الف) قطر میلگردها؛

(ب) چهار سوم بزرگ‌ترین اندازه‌ی اسمی سنگ دانه‌ها.

جدول ۹-۱-۵ مقادیر حداقل ضخامت پوشش بتن روی میلگردها در شرایط محیطی خورنده  
کلریدی به میلیمتر

نوع شرایط محیطی				نوع عضو
(۴) XCS4	(۳) XCS3 و XCD4	(۲) XCS2 و XCD2 XCD3	(۱) XCS1 و XCD1	
۷۵	۶۰	۵۰	۴۵	تیرهای اصلی و ستون‌ها
۶۰	۵۰	۴۰	۳۵	دال‌ها و تیر فرعی و تیرچه
۷۵	۶۰	۵۰	۴۵	دیوارها
۵۵	۴۵	۳۵	۳۰	پوسته‌ها
۹۰	۷۵	۶۰	۵۰	شالوده‌ها

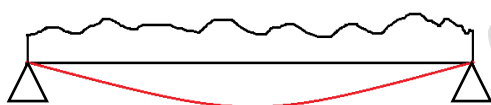
- رواداری منفی مجاز ضخامت پوشش بتنی روی میلگردها حداکثر (۱۰-) میلی متر است
- در صورتی که حفاظتهای سطحی بتن با مواد مناسب اعمال شوند، مقادیر پوشش بتنی را می‌توان کاهش داد. میزان کاهش باید براساس نوع پوشش و نتایج مطالعات آزمایشگاهی بدست آید.
- اگر رده‌ی بتن (مقاومت مشخصه) بیشتر از حداقل رده‌ی مندرج در جدول ۹-۱-۲ باشد و رده‌ی بتن به اندازه‌ی ۵ مگاپاسکال بالاتر از حداقل رده باشد، میتوان ۵ میلی متر مقدار پوشش را کاهش داد.
- برای میلگرد با قطر بیش از ۲۶ میلی متر، مقادیر پوشش باید ۱۵ درصد اضافه شود.
- حداکثر مقدار پوشش روی میلگرد نباید از ۱/۱۵ برابر مقدار "حداقل" بیشتر شود.



کنترل افتادگی:

جدول ۹-۱۹-۱ ممان اینرسی مؤثر،  $I_e$

لنگر سرویس	ممان اینرسی مؤثر، $I_e$
$M_a \leq \frac{2}{3} M_{cr}$	$I_g$
$M_a > \frac{2}{3} M_{cr}$	$\frac{I_{cr}}{1 - \left(\frac{\frac{2}{3} M_{cr}}{M_a}\right)^2 (1 - \frac{I_{cr}}{I_g})}$

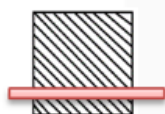


$$\Delta_i = \frac{f \left( \text{بارگذاری و همشرایط تکیه گاهی و طول دهانه} \right)}{EI}$$

$$E_c = 0.043 W_c^{1.5} \sqrt{f'_c} = 4700 \sqrt{f_c}$$

مقطع

$$\alpha_e = \frac{E_s}{E_c}$$

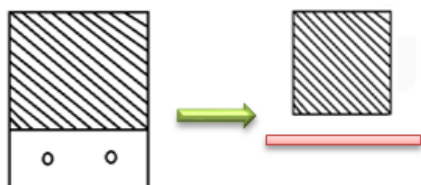


۱- ترک نخورده

$$I' = I + Ad^2 \leftarrow (I_{ul}) \text{ ممان کامل بتن آرمه}$$

$$I = bh^3/12 \leftarrow (I_g) \text{ ممان بتنی}$$

۲- ترک خورده



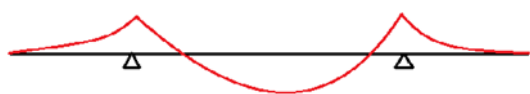
Mcr لنگر خمشی ترک دهنده گی =

Ma لنگر خمشی ماکزیمم -

$$= \frac{Mc}{I_g} \rightarrow M_{cr} = \frac{F_r I_g}{y_t} \sigma$$

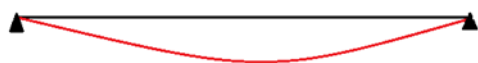
مقاومت کششی بتن  $F_r = 0.62 \sqrt{F_c}$

فاصله دورترین تار کششی تا تار خنثی  $m_{cr}$

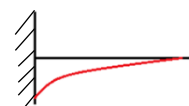
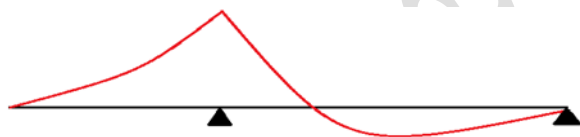


$$I_e = 0.5 I_{en} + 0.25 (I_{e1} + I_{e2})$$

$$I_e = I_g$$



$$I_e = 0.85 I_{en} + 0.15 I_{e1}$$



افتادگی بلند مدت:

بارها:

$$1- \text{ثابت و دائمی (Sus)} \leftarrow \alpha L.L - D.L \leftarrow Sus = D.L + 0.2 L.L$$

$$2- \text{گذرا و لحظه ای (Sh)} \leftarrow (1 - \alpha) L.L \leftarrow Sh = 0.8 L.L$$

زمان بارگذاری	$\zeta$
۵ سال $\geq$	۲
۱۲ ماه	۱.۴
۶ ماه	۱.۲
۳ ماه	۱

$$\Delta_{t,sus} = \lambda \Delta_{i,sus}$$

$$\longrightarrow \rho' = \frac{A'_s}{bd} \rightarrow \text{فولاد فشاری}$$

$$\lambda = \frac{\varphi}{1 + 50 \cdot \rho'}$$

مراحل محاسبه افتادگی کل:

- ۱- محاسبه افتادگی اولیه ناشی از بار ثابت
- ۲- محاسبه افتادگی بلند مدت ناشی از بار ثابت
- ۳- محاسبه افتادگی اولیه ناشی از بارگذرا
- ۴- محاسبه افتادگی کل

$$(\Delta_{tot})$$

$$(\Delta_{i,sus})$$

$$\Delta_{t,sus} = \lambda \Delta_{i,sus}$$

$$\Delta_{i,sh} = -\Delta_{i,sus} + \Delta_{i,tot}$$

$$\Delta_{tot} = \Delta_{i,sus} + \Delta_{t,sus} + \Delta_{i,sh}$$

## جزوه مبحث ۹

### تیرها:

۱. تیرنوع یک: تیری که به اعضای غیر سازه ای متصل است که در اثر افتادگی آسیب می بیند
۲. تیر نوع دو: تیری که به اعضای غیرسازه ای متصل است که در اثر افتادگی زیاد آسیب نمی بیند
۳. تیر نوع سه: تیری که به اعضای غیرسازه ای متصل نیست

### تیر نوع سه:

$$\Delta_{i,sh} < L/180 \quad \text{بام} \quad (1)$$

$$\Delta_{i,sh} < L/360 \quad \text{سایر طبقات} \quad (2)$$

$$\Delta_{tot} < L/240 \quad \text{تیرنوع دو:}$$

$$\Delta_{tot} < L/480 \quad \text{تیرنوع یک:}$$

در این حالت می توان اما در جهت اطمینان انجام ندهیم بهتر است.

$$\Delta_{tot} + \Delta_{t,sus} + \Delta_{i,sh}$$

جدول زیر برای تیر نوع سه و فولاد S۴۲۰ اعتبار دارد:

شرایط تکیه گاهی	ارتفاع تیر
دو انتها ساده	$L/16$
یک سر ساده یک سر ممتد	$L/18,5$
دو انتها ممتد	$L/21$
طره (کنسول)	$L/8$

افتادگی جواب داده  $\longrightarrow$  مقدار متناظر در جدول  $h >$

$$f_y \neq 420 \text{ mpa} \rightarrow \text{مقادیر جدول} * \left( 0.4 + \frac{f_y}{700} \right)$$

## جزوه مبحث ۹

۱۱-۹-۲-۶-۳ برای تیرهای ساخته شده با بتن سبک با وزن مخصوص ۱۴۴۰ تا ۱۸۴۰ کیلو گرم بر متر مکعب، مقادیر جدول ۱۱-۹ باید در  $1.09 \geq 1.65 - 0.0003w_c$  ضرب شوند.

ستون ها با شکل پذیری متوسط (ویرایش ۱۳۹۹)	
	<p><math>h_x \geq \max \{ 40\text{mm}, 1.5d_s, 1.33d_{\text{eq}} \}</math></p> <p>فاصله آزاد میلگردهای طولی ۳-۱-۳-۲-۱-۹</p>
	<p><math>\begin{cases} V_s \leq 0.33\sqrt{f_c}b_xd &amp; \min(d/2, 600) \\ V_s &gt; 0.33\sqrt{f_c}b_xd &amp; \min(d/4, 300) \end{cases}</math></p> <p>فاصله تگ ها در ناحیه غیر بحرانی ۵-۳-۳-۵-۲-۹</p>
	<p><math>\frac{\min(b_{c1}, b_{c2})}{L_u} \geq \frac{1}{25}</math>      <math>\frac{\min(b_{c1}, b_{c2})}{\max(b_{c1}, b_{c2})} \geq 0.3</math></p> <p>محدودیت های هندسی ستون ۱-۳-۵-۲-۹</p>
	<p><math>\min(b_{c1}, b_{c2}) \geq 250\text{mm}</math></p> <p>قطر حداقل خاسوت ها ۳-۳-۳-۵-۲-۹</p>
	<p><math>L_0 = \max \left\{ \frac{L_u}{6}, b_{c1}, b_{c2}, 450\text{mm} \right\}</math></p> <p>طول ناحیه بحرانی ۲-۳-۳-۵-۲-۹</p>
	<p><math>S_2 \leq \begin{cases} \min(8d_s, 200\text{mm}, 0.5b_{c1}, 0.5b_{c2}) &amp; f_y \leq 420\text{Mpa} \\ \min(6d_s, 200\text{mm}, 0.5b_{c1}, 0.5b_{c2}) &amp; f_y \geq 520\text{Mpa} \end{cases}</math></p> <p>فاصله خاموت ها در ناحیه بحرانی و محل اتصال ستون به این توجه: فاصله اولین دورگیر از بر اتصال نباید از نصف این مقدار بیشتر در نظر گرفته شود. ۳-۳-۳-۵-۲-۹ ۶-۳-۳-۵-۲-۹</p>
	<p><math>L_{\text{core}} = \max(1.3l_c, 300\text{mm})</math></p> <p>طول وصله پوششی ۱-۲-۴-۲-۹</p>
	<p><math>x=300\text{mm}</math></p> <p>محل اتصال ستون به این ۶-۳-۳-۵-۲-۹</p>

رده بتن حداقل C۲۰

نسبت آرماتور طولی بین یک تا ۸ درصد

ستون ها با شکل پذیری زیاد (ویرایش ۱۳۹۹)		
		محاسبه مقدار میلگردهای عرضی طبق روابط $A_{sx}$
	$h_x \geq \max \{ 40mm, 1.5d_b, 1.33d_{avg} \}$	فاصله آزاد میلگردهای طولی ۳-۵-۲-۲۱-۹
	$S_2 \leq \min(16d_b, 48d_v, b_{c1}, b_{c2})$	فاصله تگ ها در ناحیه غیر بحرانی ۶-۳۰-۳-۶-۲۰-۹
	$\min(b_{c1}, b_{c2}) \geq 300mm$ $\frac{\min(b_{c1}, b_{c2})}{\max(b_{c1}, b_{c2})} \geq 0.4$	محدودیت های هندسی ستون ۳-۶-۲-۹
	$\begin{cases} d_v = 10mm & d_b \leq 32mm \\ d_v = 12mm & d_b > 34mm \end{cases}$	قطر حداقل خاموت ها ۳-۳۰-۳-۶-۲۰-۹
	$L_0 = \max \left\{ \frac{L_u}{6}, b_{c1}, b_{c2}, 450mm \right\}$	طول ناحیه بحرانی ۱-۳۰-۳-۶-۲۰-۹
	$S_1 = \min \left\{ \frac{H}{4}, \frac{B}{4}, \begin{cases} 6d_b \text{ for } f_y \leq 420Mpa \\ 5d_b \text{ for } f_y = 520Mpa \end{cases}, S_0 \right\}$ $S_0 = \max \left\{ 100mm, \min(150, 100 + (\frac{350 - h_x}{3})) \right\}$	فاصله خاموت ها در ناحیه بحرانی و محل وصله ها و محل اتصال ستون به پی ۳-۳۰-۳-۶-۲۰-۹ ۹-۳۰-۳-۶-۲۰-۹
	$L_{Overlap} = \max(1.3L_d, 300mm)$	طول وصله پوششی ۱-۲۰-۳-۲۱-۹
در صورتی که تپه فونداسیون تا تپه پی بیش از نصف ضخامت فونداسیون فاصله داشته باشد: $\geq 300mm$ و در غیر این صورت $\geq 300mm$		محل اتصال ستون به پی ۹-۳۰-۳-۶-۲۰-۹ ۴-۲۰-۹-۲۰-۹

رده بتن حداقل C۲۵

نسبت آرماتور طولی بین یک تا ۶ درصد



تیر ها با شکل پذیری متوسط (ویرایش ۱۳۹۹)		
<p>حداکثر فاصله آرماتور عرضی در مقطع عضو <math>S_4</math> ۳-۵-۶-۱۱-۹</p>		<p>حداکثر فاصله آرماتور عرضی در محور طولی تیر <math>S_2</math> ۳-۵-۶-۱۱-۹</p>
$\begin{cases} V_s \leq 0.33\sqrt{f_c} b_w d & \min(d, 600) \\ V_s > 0.33\sqrt{f_c} b_w d & \min(d / 2, 300) \end{cases}$		$\begin{cases} V_s \leq 0.33\sqrt{f_c} b_w d & \min(d / 2, 600) \\ V_s > 0.33\sqrt{f_c} b_w d & \min(d / 4, 300) \end{cases}$
محدودیت های هندسی ۲-۵-۲۰-۹	قطر حداقل خاموت ها ۲-۳-۲۰-۵-۲۰-۹	حداقل فاصله آرماتور عرضی در مقطع عضو ۱۳-۵-۶-۱۱-۹
$d \leq L_u / 4$ $b \geq \max(h / 4, 250\text{mm})$	$d_v = 8\text{mm}$	$S_4 \leq \min(16d_b, 48d_v, b, h)$
فاصله آرماتورهای عرضی در ناحیه بحرانی ۲-۳-۲۰-۵-۲۰-۹	طول ناحیه بحرانی ۱-۳-۲۰-۵-۲۰-۹	فاصله آزاد میلگرد موازی تیرها ۱-۱-۲۰-۲۱-۹
$S_1 \leq \min(d / 4, 8d_b, 24d_v, 300\text{mm})$	$L_u = 2h$	$h_x \geq \min(25\text{mm}, d_b, 1.33d_{agg})$
	فاصله آرماتورهای عرضی ناحیه غیر بحرانی ۳-۳-۲۰-۵-۲۰-۹	فاصله اولین دورگیر از اتصال ۲-۳-۲۰-۵-۲۰-۹
	$S_2 \leq d / 2$	$S_0 \leq 50\text{mm}$

رده بتن حداقل C۲۰

حداقل میزان آرماتور طبق بند ۹-۱۱-۵

حداکثر میزان آرماتور طبق مقطع بالانس

تیرها یا شکل پذیری ویژه (ویرایش ۱۳۹۹)		
حداکثر فاصله آرماتور عرضی در مقطع عضو $S_4$ ۳-۵-۶-۱۰-۹	حداکثر فاصله آرماتور عرضی در محور طولی تیر $S_2$ ۳-۵-۶-۱۰-۹	
$\begin{cases} V_s \leq 0.33\sqrt{f_c'} b_w d & \min(d, 600) \\ V_s > 0.33\sqrt{f_c'} b_w d & \min(d/2, 300) \end{cases}$	$\begin{cases} V_s \leq 0.33\sqrt{f_c'} b_w d & \min(d/2, 600) \\ V_s > 0.33\sqrt{f_c'} b_w d & \min(d/4, 300) \end{cases}$	
محدودیت های هندسی ۷-۲-۶-۲۰-۹	قطر حداقل خاموت ها ۲-۳-۲-۶-۲۰-۹	حداقل فاصله آرماتور عرضی در مقطع عضو ۱۳-۵-۶-۱۰-۹
$d \leq L_u / 4 \quad b \geq \max(0.3h, 250\text{mm})$	$\begin{cases} d_v = 10\text{mm} & d_b \leq 32\text{mm} \\ d_v = 12\text{mm} & d_b > 34\text{mm} \end{cases}$	$S_4 \leq \min(16d_b, 48d_v, b, h)$
فاصله آرماتورهای عرضی در ناحیه بحرانی ۷-۳-۲-۶-۲۰-۹	طول ناحیه بحرانی ۷-۳-۲-۶-۲۰-۹	فاصله آزاد میلگرد موازی تیرها ۱-۱-۲-۲۱-۹
$S_1 \leq \min(d/4, \begin{cases} 6d_b \text{ for } f_y \leq 420 \\ 5d_b \text{ for } f_y \geq 520 \end{cases}, 150\text{mm})$	$L_u = 2h$	$h_s \geq \min(25\text{mm}, d_b, 1.33d_{agg})$
فاصله آرماتورهای عرضی در محل وصله ۴-۲-۲-۶-۲۰-۹	فاصله اولین دورگیر از اتصال ۲-۳-۲-۶-۲۰-۹	فاصله آرماتورهای عرضی ناحیه غیر بحرانی ۷-۳-۲-۶-۲۰-۹
$S_5 \leq \min(d/4, 100\text{mm})$	$S_0 \leq 50\text{mm}$	$S_1 \leq \min(\begin{cases} 6d_b \text{ for } f_y \leq 420 \\ 5d_b \text{ for } f_y \geq 520 \end{cases}, 150\text{mm})$

رده بتن حداقل C۲۵

حداقل میزان آرماتور طبق بند ۹-۱۱-۵

حداکثر نسبت آرماتور : ۰/۰۲۵ برای فولاد  $S_{420}$  به پایین

حداکثر نسبت آرماتور : ۰/۰۲۰ برای فولاد  $S_{520}$