



میلگرد گذاری فونداسیون؛ نحوه محاسبه میلگرد فونداسیون در نرم افزار

گروه صنعتی  
سبزسازه

## مقدمه

میلگرد گذاری فونداسیون به چه صورتی انجام می گیرد؟

قطعا شما هم می دانید که میلگردگذاری در طراحی سازه های بتنی دارای اهمیت ویژه ای است که قبلا هم در مقالاتی مانند آرماتور گذاری دال بتنی و آرماتور

گذاری دیوار برشی به آن اشاره کردیم اما یکی از مراحل مهمی که باید به آن توجه داشته باشیم میلگردگذاری فونداسیون است.

ما در این مقاله قصد داریم در ابتدا به جهت درک بهتر مطالب، با تعاریف و دسته بندی انواع فونداسیون ها آشنا شده و سپس به بررسی کلیه ضوابط طراحی و نحوه ی محاسبه میلگرد فونداسیون بپردازیم.

لازم به ذکر است در این مقاله با توجه به ارائه توضیحات کامل در خصوص اجرای عملیات آرماتوربندی در ایبوک اجرای فونداسیون از ارائه توضیحات مربوط به مراحل اجرایی آرماتوربندی صرف نظر شده و همچنین کلیه مطالب این مقاله با فرض آشنایی خوانندگان مقاله با مراحل مدل سازی و طراحی انواع پی، در نرم افزارهای عمرانی تهیه شده است.

نام مقاله: ..... میلگرد گذاری فونداسیون؛ نحوه محاسبه میلگرد فونداسیون در نرم افزار  
نویسنده: ..... آیت باهوش  
ناظر علمی: ..... نوش آفرین کرمی  
ناشر: ..... سبزسازه  
نسخه: ..... دوازدهم خرداد ماه ۱۴۰۰



نشانی دفتر مرکزی: تهران، خیابان مطهری، خیابان ملایری پور غربی،

پلاک ۱۰۲، طبقه ۵، واحد ۱۳

نشانی دفتر آموزش: بیرجند، پاسداران ۳۵، بلوک ۲، واحد ۸

تلفن: ۰۵۶۳۲۰۴۴۴۴۰

کد پستی: ۹۷۳۵۱۱۴۸۸۴

پرسش و پاسخ درباره این کتاب:

[/https://sabzsaze.com/foundation-reinforcement](https://sabzsaze.com/foundation-reinforcement)

حق چاپ و نشر محفوظ و مخصوص ناشر می باشد. لذا هرگونه استفاده از کل یا قسمتی از این کتاب بدون ذکر نام سبزسازه ممنوع بوده، شرعا حرام است و پیگرد قانونی دارد.



## فهرست مطالب

### صفحه

۱	تعاریف و آشنایی با انواع پی	۳
۱.۱	تعریف پی	۳
۲.۱	وظایف فونداسیون	۳
۳.۱	انواع پی	۴
۲	تعاریف و ضوابط انواع پی های ساختمانی	۷
۱.۲	پی گسترده	۸
۱.۱.۲	تعریف	۸
۲.۱.۲	ضوابط و الزامات مؤثر بر طراحی و محاسبه آرماتور پی گسترده	۱۰
۱.۱.۲	روش های طراحی پی و مشخصات ابعادی پی	۱۰
۲.۱.۲	اتصال با سایر اعضا و کنترل اثرات نیروی زلزله	۱۳
۳.۱.۲	مشخصات آرماتورها	۱۴
۴.۱.۲	حداقل های آیین نامه ای	۱۹
۳.۱.۲	طراحی و نحوه محاسبه آرماتورهای مصرفی در شالوده های گسترده	۲۲
۱.۱.۲	مدل سازی نوارهای طراحی	۲۳
۲.۱.۲	مشاهده میزان آرماتور مصرفی	۲۵
۳.۱.۲	تعیین تعداد و فاصله آرماتور طولی مورد نیاز	۳۰
۴.۱.۲	تعیین و کنترل طول پیوستگی و شرایط اجرایی آرماتورها	۳۳
۵.۱.۲	تعیین و کنترل آرماتورهای عرضی	۴۰
۶.۱.۲	تعیین و کنترل آرماتور اجرایی و اتصال سایر المان ها به فونداسیون	۴۲
۲.۲	پی منفرد	۴۶
۱.۲.۲	تعریف	۴۶
۲.۲.۲	ضوابط و الزامات مؤثر بر طراحی آرماتورهای پی منفرد	۴۸
۳.۲.۲	طراحی و نحوه محاسبه آرماتورهای مصرفی در شالوده های منفرد	۴۹
۳.۲	پی نواری	۴۹
۱.۳.۲	تعریف	۴۹
۲.۳.۲	ضوابط و الزامات مؤثر بر طراحی آرماتورهای پی نواری	۵۰
۳.۳.۲	طراحی و نحوه محاسبه آرماتورهای مصرفی در شالوده های نواری	۵۵
۴.۲	پی مرکب	۵۶
۵.۲	سایر پی ها و فونداسیون ها	۵۷
۳	نتیجه گیری	۵۹



# ۱ تعاریف و آشنایی با انواع پی

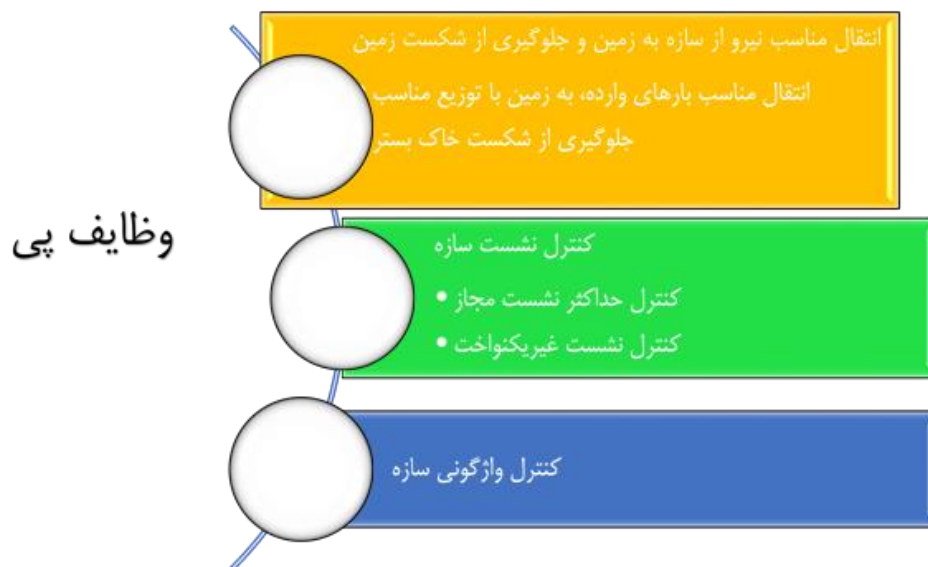
## ۱.۱ تعریف پی

بر اساس مبحث ۷ مقررات ملی ساختمان بند ۷-۱-۳-۲، پی یا فونداسیون سازه به صورت خلاصه به شرح ذیل تعریف می‌شود.

۲-۳-۱-۷ پی: به مجموعه بخش‌هایی از سازه و خاک در تماس با آن اطلاق می‌شود که انتقال بار بین سازه و زمین از طریق آن صورت می‌گیرد. پی‌ها عمدتاً به سه گروه تقسیم می‌شوند:

## ۲.۱ وظایف فونداسیون

همان‌طور که می‌دانید دلایلی متعددی جهت استفاده از فونداسیون یا همان پی در ساختمان‌های وجود دارد که در این قسمت به طور خلاصه بخشی از این وظایف در قالب شکل زیر بیان شده است.



شکل ۱ وظایف پی

لازم به ذکر است در این قسمت، از تشریح کامل وظایف فونداسیون صرف‌نظر شده و علاقه‌مندان می‌توانند با مراجعه به ایبوک "اجرای فونداسیون؛ بررسی مراحل اجرای انواع پی با چک‌لیست" که توسط گروه سبز سازه تهیه شده، با تمامی دلایل استفاده از پی به تفصیل آشنا شوند.



## ۳.۱ انواع پی

به طور معمول پی های ساختمانی بر اساس معیارهای گوناگونی از قبیل سطح قرارگیری، مشخصات ظاهری، ابعادی، متریالی و ... تقسیم بندی می شوند که مطابق با ضوابط بندهای ۷-۱-۳-۲ مبحث هفتم و ۹-۱۵-۱ مبحث نهم مقررات ملی ساختمان، می توان انواع فونداسیون ها را در سه گروه پی های سطحی، عمیق و نیمه عمیق و به شرح ذیل تقسیم بندی کرد.

۷-۱-۳-۲ پی: به مجموعه بخش هایی از سازه و خاک در تماس با آن اطلاق می شود که انتقال بار

بین سازه و زمین از طریق آن صورت می گیرد. پی ها عمدتاً به سه گروه تقسیم می شوند:

الف- پی های سطحی: به پی هایی گفته می شود که در عمق کم و نزدیک سطح زمین (عمق پی

(D) کمتر از سه برابر عرض پی (B) ساخته می شوند. این پی ها شامل: پی های

منفرد، نواری، شبکه ای و گسترده می باشند. جنس پی های سطحی ممکن است سنگی، بتنی و

یا بتن آرمه باشند.

ب- پی های عمیق یا شمع ها: به پی هایی گفته می شود که نسبت عمق قرارگیری به کوچکترین بعد

افقی آن ها از ۱۰ تجاوز کند ( $\frac{D}{B} \geq 10$ ). این پی ها شامل انواع شمع ها، دیوارک ها و دیوارهای

جدا کننده می شوند. پی های عمیق در ساختمان ها معمولاً به وسیله یک سازه میانی، که

کلاhek یا سر شمع نامیده می شود، بارهای سازه را به زمین منتقل می نمایند.

ب- پی های نیمه عمیق: به پی هایی گفته می شود که در حد فاصل بین پی های سطحی و پی های

عمیق قرار دارند. پی های صندوقه ای معمولاً در این گروه قرار دارند و می توانند در جهت

اطمینان مثل پی های سطحی طراحی شوند.

۹-۱۵-۲ در این مبحث شالوده ی سطحی به قسمتی از سازه ساختمان گفته می شود که روی

سطح فوقانی آن ستون یا دیوار قرار گرفته، و سطح تحتانی آن مستقیماً روی زمین تکیه دارد؛ و بار

سازه را تحمل کرده و آن را به سطح یا لایه های فوقانی زمین منتقل می نماید. انواع شالوده های

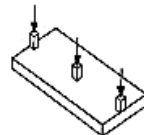
سطحی به شرح زیر می باشند؛ که در شکل ۹-۱۵-۱ نشان داده شده اند.



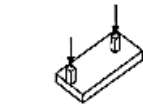
۹-۱۵-۳ در این میحث شالوده‌ی عمیق به اعضای عمیق شالوده (شمع)، و شالوده‌ی متکی بر آنها (سر شمع) گفته می‌شود که بارهای سازه را به عمق یا لایه‌های زیرین زمین منتقل می‌نمایند. انواع شالوده‌های عمیق به شرح زیر می‌باشند؛

الف- شمع منفرد: به شمعی گفته می‌شود که مستقیماً بار یک ستون را دریافت نموده و به زمین منتقل می‌نماید.

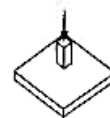
ب- گروه شمع: گروه شمع به تعدادی شمع گفته می‌شود که بار خود را از یک یا چند ستون از طریق یک سر شمع مشترک دریافت نمایند.



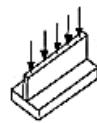
شالوده نواری



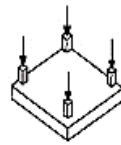
شالوده مرکب یک طرفه



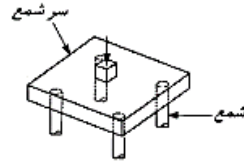
شالوده منفرد



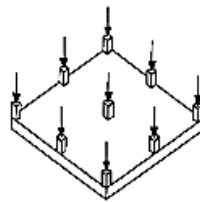
شالوده نواری دیواری



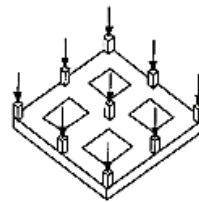
شالوده مرکب دو طرفه



شالوده عمیقی



شالوده گسترده



شالوده نواری شبکه ای

شکل ۹-۱۵-۱ انواع شالوده‌ها



تقسیم بندی انواع پی بر اساس مباحث نهم و هفتم مقررات ملی ساختمان			
پی های سطحی	پی منفرد	از نظر پلان	مربعی
			مستطیلی
			دایره ای
			چند ضلعی منظم
			هر شکل غیر منظم
	از نظر مقطع	مربعی	
		مستطیلی	
		خوزنقه ای و یا پلکانی	
	پی مرکب	از نظر عملکردی	یکطرفه
			دوطرفه
		از نظر پلان	مربعی
			مستطیلی
			دایره ای
			چند ضلعی منظم
			هر شکل غیر منظم
		از نظر مقطع	مربعی
			مستطیلی
			خوزنقه ای و یا پلکانی
	پی نواری	از نظر شکل مقطع	مربعی
			مستطیلی
خوزنقه ای و یا پاشنه دار			
از نظر امان سازه ای مافوق	شالوده نواری دیواری پلکانی و یا شیب دار		
	شالوده نواری معمولی		
پی گسترده	از نظر عملکردی و شکل ظاهری	دال مانند	
		تیر - دال	
		صندوقه ای	
سایر پی ها	از نظر عملکردی	تیر روی زمین	
		تیر باسکولی	
		کلاف رابط	
پی های عمیق	شمع منفرد	از نظر اجرایی	پیش ساخته
	گروه شمع	از نظر اجرایی	درجا ریز
پی های عمیق	گروه شمع	از نظر اجرایی	پیش ساخته
			درجا ریز
پی های نیمه عمیق		پی های سطحی و عمیق با توجه به عمق قرارگیری می توانند در این دسته قرار بگیرند.	

شکل ۲ انواع پی

در این قسمت از مقاله صرفاً به دسته بندی انواع پی ها، مطابق با ضوابط مباحث هفتم و نهم مقررات ملی اکتفا شده و در فصل های بعد به تفصیل به بررسی تعاریف، مشخصات و نکات اجرایی آرماتوربندی هر یک از این پی ها پرداخته خواهد شد.



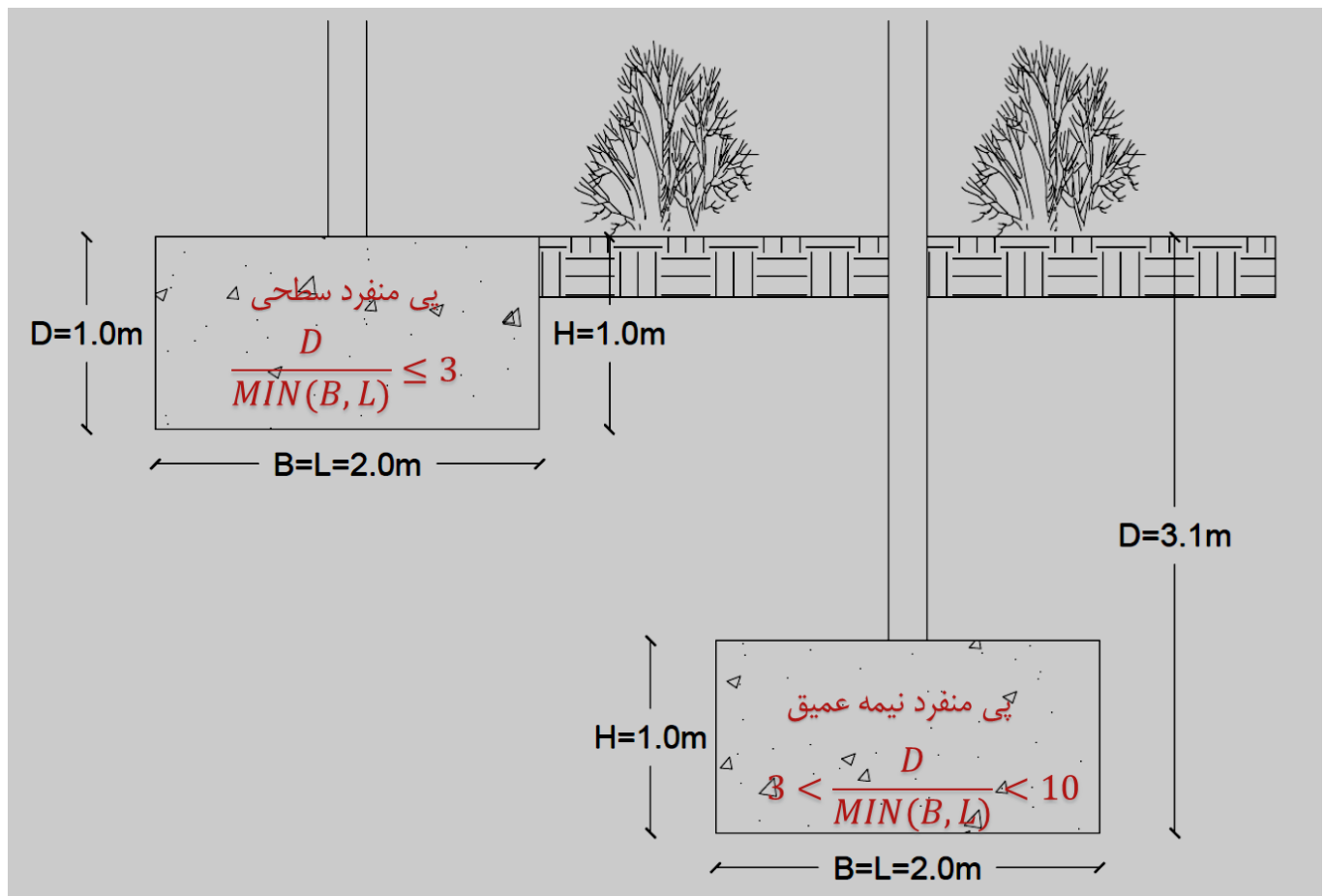
## ۲ تعاریف و ضوابط انواع پی های ساختمانی

در قسمت قبل با تعاریف گروه های اصلی انواع پی ها (سطحی، عمیق و نیمه عمیق) آشنا شدیم در این قسمت قصد داریم به صورت مفصل به بررسی تعاریف و ضوابط طراحی انواع پی های سطحی آشنا شویم .

مطابق با ضابطه بند ۷-۱-۳-۲ مبحث هفتم مقررات ملی ساختمان در کلیه پی ها، نسبت عمق به عرض پی تعیین کننده نوع پی می باشد و ضخامت پی تأثیر مستقیمی در تعیین نوع پی سطحی و یا غیر سطحی ندارد.

برای درک بهتر به تصویر زیر توجه کنید.

همان طور که مشاهده می کنید در تصویر زیر دو پی منفرد مشابه با ابعاد  $۲*۲$  متر و به ضخامت یکسان ۱ متر فرض شده است، در این شکل با توجه به تغییر موقعیت قرارگیری کف پی (عمق پی) از سطح زمین، پی سمت راست مطابق با ضوابط بند ۷-۱-۳-۲ مبحث هفتم در گروه پی های نیمه عمیق قرار گرفته بوده و پی سمت چپ نیز علی الرغم داشتن ابعاد مشابه، در گروه پی های سطحی می باشد.



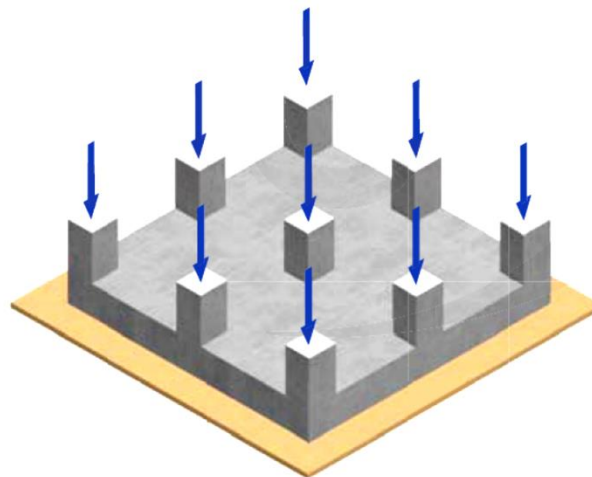
شکل ۳ تفاوت پی منفرد نیمه عمیق و سطحی

## ۱.۲ پی گسترده

### ۱.۱.۲ تعریف

پی گسترده بسته به عمق قرارگیری خود در زمین، ممکن است به عنوان پی سطحی و یا نیمه عمیق شناخته شود و مطابق با مفاد بند ۹-۱۵-۱-۲-ت، بار چند ستون یا دیوار را که در ردیفها و امتدادهای مختلفی قرار دارند را تحمل کند.

**ت- شالوده‌ی گسترده:** به شالوده‌ای اطلاق می‌شود که بار چند ستون یا دیوار را که در ردیفها و امتدادهای مختلف قرار دارند، به زمین منتقل می‌نماید. شالوده‌ی گسترده ممکن است به شکل دال، مجموعه‌ی تیر- دال و یا صندوقه‌ای ساخته شود.



Mat foundation

### شکل ۴ پی گسترده

پی گسترده، یکی از انواع بسیار پرکاربرد پی می‌باشد.

در خصوص علل استفاده از پی‌های گسترده می‌توان عوامل متعددی را بیان کرد که بخشی از این علل را در شکل زیر مشاهده می‌کنید:





کنترل تنش های موجود در زیر پی در محدوده تنش های مجاز تعیین شده از گزارش مکانیک خاک و یا مبحث هفتم مقررات ملی ساختمان

کنترل نشست های نامتقارن سازه (در حالتی که خاک بستر و یا شرایط بارگذاری به گونه ای باشد که احتمال وقوع این نشست وجود داشته باشد) در محدوده نشست های مجاز تعیین شده از گزارشات مکانیک خاک و یا مبحث هفتم مقررات ملی ساختمان

کنترل واژگونی برای ساختمان هایی با لنگر واژگونی بزرگ.

کنترل توزیع بارهای وارده در سطح بزرگ تر برای حالتی که اسکلت سازه دارای نامنظمی هندسی در پلان می باشد.

کنترل و مقابله با فشار هیدرولیکی آب زیرزمینی و خشک نگه داشتن طبقه زیرزمین ، برای طبقاتی که زیر سطح آب های زیرزمینی قرار دارند.

کنترل و جلوگیری از وقوع پدیده Uplift

غیر اقتصادی شدن استفاده از فونداسیون نواری و یا منفرد با توجه ابعاد بزرگ و نزدیک به هم آنها  
در این حالت گر زمین زیر پی آنقدر سست باشد و بار وارده از طرف سازه آنقدر زیاد باشد که سطح پوشیده شده توسط پی های منفرد بیش از نصف سطح زیربنا گردد، در این صورت اقتصادی است که از پی گسترده استفاده شود.

شکل ۵ علل استفاده از پی گسترده



شکل ۶ پی گسترده

## ۲.۱.۲ ضوابط و الزامات مؤثر بر طراحی و محاسبه آرماتور پی گسترده

### ۱.۲.۱.۲ روش‌های طراحی پی و مشخصات ابعادی پی

همان‌طور که می‌دانید ابعاد المان‌های سازه‌ای تأثیر مستقیمی در مراحل تعیین و محاسبه آرماتورهای المان‌های مربوطه دارند که در خصوص فونداسیون‌ها نیز این موضوع صادق می‌باشد.

مطابق با ضوابط بند ۹-۱۵-۲-۵ مبحث نهم مقررات ملی ساختمان در خصوص طراحی فونداسیون‌ها، محاسبات مربوط به ابعاد شالوده‌ها، با در نظر گرفتن ظرفیت باربری خاک و سایر شرایط مبحث هفتم و نهم مقررات ملی ساختمان صورت می‌پذیرد که در خصوص پی‌های سطحی مطابق با ضوابط بند ۹-۱۵-۳-۱ مبحث نهم مقررات ملی ساختمان، عواملی نظیر نحوه توزیع فشارهای اعمالی و حداقل‌های ارائه‌شده در این بند و همچنین بند ۷-۴-۷ مبحث هفتم مقررات ملی ساختمان در تعیین ابعاد پی تأثیرگذار می‌باشد. لازم به ذکر است در خصوص حداقل ابعاد پی‌های سطحی تناقضاتی مابین مبحث هفتم و نهم مقررات ملی ساختمان وجود دارد که توصیه می‌شود در این خصوص از ضوابط مبحث هفتم مقررات ملی ساختمان که دارای ضریب اطمینان بالاتری است استفاده شود.

در این قسمت از مقاله، با توجه به دور شدن از موضوع اصلی مقاله و با فرض آشنایی خوانندگان با این موضوعات از بررسی ضوابط دقیق ارائه‌شده در خصوص نحوه تعیین ضخامت فونداسیون‌ها صرف‌نظر گردیده و مطالعه مقالات "تنش خاک زیر پی؛ بررسی ترکیب بار کنترل تنش مجاز خاک زیر پی در safe" و "کنترل برش پانچ در safe به‌صورت تصویری و گام‌به‌گام به همراه رفع مشکل برش پانچ" و "کنترل برش یک‌طرفه در safe به همراه شناخت محل مقطع بحرانی برش یک‌طرفه" به علاقه‌مندان توصیه می‌شود.



### ۹-۱۵-۲-۵ معیارهای طراحی

۹-۱۵-۲-۱ ابعاد شالوده‌ها باید با در نظر گرفتن ظرفیت باربری خاک و پایداری در برابر واژگونی و لغزش در سطح تماس شالوده و خاک از طریق اصول مکانیک خاک و سنگ در انطباق با مبحث هفتم مقررات ملی ساختمانی ایران طراحی شوند.

۹-۱۵-۲-۲ در طراحی شالوده‌های سطحی می‌توان از ضریب تاثیر عمق برای مقاومت برشی یک طرفه و مقاومت برشی دو طرفه صرف نظر نمود.

۹-۱۵-۲-۳ شالوده‌ها باید برای مقاومت در برابر تلاش‌ها و عکس العمل‌های ناشی از بارهای ضریب‌دار طراحی شوند.

۹-۱۵-۲-۴ سیستم‌های شالوده را میتوان بر اساس هر روشی که تعادل و سازگاری هندسی را ارضا میکند، طراحی نمود.

۹-۱۵-۲-۵ طراحی شالوده‌ها بر اساس روش خریایی (پیوست ۹-۳) مجاز است.

۹-۱۵-۲-۶ لنگرهای خارجی در هر مقطع از شالوده‌ی نواری، شالوده‌ی منفرد یا سر شمع، با عبور دادن یک صفحه‌ی عمودی از عضو و محاسبه‌ی لنگر نیروهای وارده در مساحت کل عضو روی یک طرف صفحه‌ی عمودی به دست می‌آیند.



### ۹-۱۵-۳-۱ کلیات

۹-۱۵-۳-۱-۱ حداقل مساحت کف شالوده‌های سطحی بر این اساس تعیین می‌شود که تنش‌های اتکایی ناشی از نیروها و لنگرهای اعمال شده به شالوده، از تنش‌های اتکایی مجاز بیش‌تر نشوند. تنش‌های اتکایی مجاز از طریق اصول مکانیک خاک و سنگ در انطباق با مبحث هفتم مقررات ملی ساختمان به دست می‌آیند.

۹-۱۵-۳-۱-۲ ضخامت حداقل شالوده‌های سطحی ۳۰۰ میلی متر می‌باشد.

۹-۱۵-۳-۱-۳ در شالوده‌های سطحی شیب‌دار، پلکانی و با ضخامت متغیر، عمق و موقعیت پله‌ها یا زاویه‌ی شیب باید به صورتی باشند که الزامات طراحی در همه‌ی مقاطع برآورده شوند.

۹-۱۵-۳-۱-۴ توزیع فشار خاک در زیر شالوده‌های سطحی باید سازگار با مشخصات و سختی‌های سازه، شالوده و زمین باشد؛ و بر اساس اصول شناخته شده‌ی مکانیک خاک و سنگ در انطباق با مبحث هفتم مقررات ملی ساختمان تعیین شود.

۹-۱۵-۳-۱-۵ در توزیع فشار خاک در زیر شالوده‌های سطحی منفرد و مرکب یک طرفه، در صورت عدم انجام تحلیل با جزئیات دقیقتر میتوان شالوده را صلب فرض نمود.

۹-۱۵-۳-۱-۶ در توزیع فشار خاک در زیر شالوده‌های سطحی مرکب دو طرفه، گسترده و شبکه‌ی نوارهای متقاطع، سختی زمین را می‌توان با استفاده از فنر با فرض مدول بسترهای متفاوت با توجه به مشخصات ژئوتکنیکی شبیه سازی نمود.



#### ۷-۴-۷ ملاحظات اجرایی پی‌های سطحی

##### ۱-۷-۴-۷ انتخاب موقعیت و عمق پی

برای انتخاب موقعیت و عمق پی باید موارد ذیل مد نظر قرار گیرد.

۷-۴-۷-۱-۱ عمق پی حداقل باید ۰/۵ متر باشد

۷-۴-۷-۱-۲ برای تعیین تراز زیر پی باید موارد ذیل رعایت شود:

الف- پی باید در تراز اجرا شود که تغییرات فصلی باعث تورم یا انقباض در خاک‌های رسی نشود.  
ب- پی باید در تراز اجرا شود که در آن ریشه درختان و بوته‌ها موجب تغییر مکان بیشتر از حد مجاز نگردد.

پ- پی باید بر روی لایه باربر مناسب طبیعی و یا خاک بهسازی شده اجرا شود.

ت- پی باید در تراز اجرا شود که در آن تراز، یخ زدگی زمین در پی خرابی ایجاد نکند.

ث- تراز ایستایی در زمین و مسائلی که ممکن است در اثر حفاری برای پی در زیر سطح آب پیش آید باید در نظر گرفته شود.

ج- اثرات حفاری‌های احتمالی در محدوده نزدیک پی که برای ساخت و سازهای دیگر و یا عبور زیرزمینی خدمات شهری مورد نیاز است در نظر گرفته شود.

چ- جابه جایی احتمالی زمین و کاهش مقاومت لایه باربر در اثر نشست آب و یا اثرات آب و هوایی و یا روش‌های ساختمانی باید در نظر گرفته شود.

ح- حتی‌الامکان اجرا پی در عمق بیشتر به منظور تامین پایداری پی مد نظر قرار گیرد.

۷-۴-۷-۱-۳ محل پی‌هایی که در نزدیکی شیب‌ها ساخته می‌شود باید مطابق با موارد ذیل انتخاب شود:

الف- پی‌ها باید از لبه شیب در بالا و پایین شیب فاصله مناسبی داشته باشند که با کنترل پایداری شیب و تغییر شکل‌ها مشخص می‌شود.

ب- زمانی که پی در بالای شیب قرار می‌گیرد خطی که با شیب ۲ افقی به ۱ قائم از لبه پی می‌گذرد نباید با سطح شیب برخورد کند، مگر آن که تحلیل دقیق پایداری و تغییر شکل پی انجام شود.

پ- پی‌هایی که باید بر رو یا در مجاورت سطوح شیب ساخته شوند، باید یا از سطح شیب عقب نشینی کنند و یا با مهارهای افقی و قائم مناسب برای جلوگیری از نشست‌های مخرب تجهیز شوند.

#### ۲.۲.۱.۲ اتصال با سایر اعضا و کنترل اثرات نیروی زلزله

یکی دیگر از عوامل مؤثر بر طراحی و آرماتور گذاری فونداسیون‌ها، اثرات اتصال سایر اعضا به فونداسیون و اثرات اعمال بار زلزله می‌باشد، که در این خصوص مطابق به ضوابط بندهای ۹-۱۵-۲ و ۹-۱۵-۳-۲ مبحث نهم مقررات ملی ساختمان، رعایت نکات زیر در طراحی فونداسیون ضروری می‌باشد.



### ۹-۱۵-۲-۲ اتصال به دیگر اعضا

۹-۱۵-۲-۲-۱ طراحی و جزئیات اتصالات ستون‌ها، ستون پایه‌ها و دیوارهای درجا ریز و یا پیش ساخته به شالوده باید مطابق بخش ۹-۱۷-۲ باشند.

### ۹-۱۵-۲-۳ اثرات زلزله

۹-۱۵-۲-۳-۱ اعضای سازه‌ای امتداد یافته در زیر تراز پایه‌ی سازه باید نیروهای ناشی از اثرات زلزله را به شالوده منتقل نمایند. طراحی این اعضا باید مطابق بند ۹-۲۰-۲-۳ بوده؛ و اعضا باید با سیستم مقاوم در برابر نیروی زلزله در بالای تراز پایه‌ی سازه سازگار باشند.

۹-۱۵-۲-۳-۲ در سازه‌های با شکل پذیری زیاد و متوسط، شالوده‌های سطحی و عمیق که نیروهای ناشی از زلزله را تحمل می‌کنند و یا به زمین منتقل می‌نمایند، باید مطابق بخش ۹-۲۰-۹ طراحی شوند.

مطابق با ضوابط بند ۹-۱۵-۲-۲-۱ و بند ۹-۱۷-۲ لازم است، کلیه نیروها و لنگرهای ایجادشده در پای ستون‌ها، دیوارها یا ستون پایه‌ها، با استفاده یکی از روش‌های میلگرد انتظار، میل مهار یا اتصالات مکانیکی به شالوده منتقل شوند که در این خصوص لازم است هر یک از این میلگردها و موارد مذکور در مرحله طراحی ستون‌ها و دیوارهای سازه‌ای به صورت دقیق موردبررسی و طراحی قرار گیرند.

در این مقاله با توجه به اینکه بررسی هر یک از موارد فوق، ملزم به آشنایی کامل با انواع سیستم‌های سازه‌ای و همچنین جزئیات طراحی مربوط به هر المان می‌باشد، از بررسی کامل ضوابط مربوط به طراحی هر یک از این میلگردها صرف نظر شده است و فقط در قسمت‌های بعدی مقاله به بررسی جزئی ضوابط مرتبط با آن اکتفا شده است.

۹-۱۷-۲-۱-۱ نیروها و لنگرهای ایجاد شده در پای ستون‌ها، دیوارها یا ستون پایه‌ها، باید از طریق مقاومت اتکایی بتن و میلگردها، میلگردهای انتظار، میل مهارها یا اتصالات مکانیکی به شالوده‌ها منتقل شوند.

### ۳.۲.۱.۲ مشخصات آرماتورها

در طراحی و محاسبه آرماتورهای پی‌های سطحی مطابق با ضوابط بند ۹-۱۵-۲-۱-۱ مبحث نهم مقررات ملی ساختمان، یکی دیگر از موضوعات دارای اهمیت، تعیین شرایط و خصوصیت آرماتورهای مصرفی در پی‌ها می‌باشد.

مشخصات آرماتورهای مصرفی به‌عنوان یکی از عوامل مؤثر در طراحی آرماتورهای فونداسیون‌ها شناخته می‌شود، زیرا مطابق با ویرایش جدید مبحث نهم مقررات ملی ساختمان دیگر امکان استفاده از هر نوع میلگردی در فونداسیون مجاز نبوده و می‌بایست الزامات ارائه شده در این قسمت برای آن رعایت شود.



۱-۱-۲-۱۵-۹ مشخصات بتن و میلگردهای فولادی باید به گونه‌ای باشند که ضوابط طراحی و دوام مطابق فصل‌های ۳-۹ و ۴-۹ را برآورده سازند.

همان‌طور که در بند فوق مشاهده می‌کنید اولین شرط در خصوص میلگردهای مصرفی در بتن، تأمین ضوابط طراحی و دوام ارائه‌شده در فصل چهارم می‌باشد که مطابق با ضوابط این فصل تمامی آرماتورهای مصرفی در بتن می‌بایست شرایط زیر را تأمین نمایند.

#### ۸-۴-۹ مشخصات مورد نیاز آرماتورها در طراحی

۱-۸-۴-۹ کلیه‌ی آرماتورهای طولی و عرضی مصرفی در سازه‌های بتن آرمه باید آجدار باشند. استفاده از آرماتورهای ساده فقط در دورپیچ‌ها مجاز است.

۲-۸-۴-۹ تنش حد تسلیم آرماتورها باید از یکی از دو روش زیر به دست آید:

الف- روش جایجایی- تنش نظیر ۰/۲ درصد کرنش ماندگار،

ب- روش توقف نیرو - تنش نظیر نقطه‌ای که افزایش نیرو بعد از آن مشاهده نمی‌شود. استفاده از این روش برای آرماتورهایی مجاز است که دارای یک نقطه تسلیم کاملاً واضح و مشخص باشند.

۳-۸-۴-۹ در کرنش‌های کم‌تر یا مساوی با کرنش حد تسلیم،  $\epsilon_y$ ، تنش فولاد  $f_s$ ، از رابطه‌ی (۱-۴-۹) محاسبه می‌شود:

$$f_s = E_s \epsilon_s \quad \text{در صورتی که } \epsilon_s \leq \epsilon_y \quad (1-4-9)$$

در کرنش‌های بزرگتر از کرنش حد تسلیم، تنش فولاد مستقل از کرنش بوده و مطابق رابطه‌ی (۲-۴-۹) منظور میگردد:

$$f_s = f_y \quad \text{در صورتی که } \epsilon_s > \epsilon_y \quad (2-4-9)$$

۴-۸-۴-۹ مدول الاستیسیته،  $E_s$ ، برای آرماتورها برابر با ۲۰۰۰۰۰ مگاپاسکال است.

۵-۸-۴-۹ تنش حد تسلیم به کار برده شده در محاسبات برای آرماتورها بستگی به مشخصات فولاد مصرفی داشته و بر اساس نوع کاربری نباید از مقادیر داده شده در جدول ۴-۹-۴ برای آرماتورهای آجدار، و جدول ۵-۴-۹ برای آرماتورهای ساده بیش‌تر باشد.

۶-۸-۴-۹ نوع آرماتورهایی که برای کاربری مشخص سازه‌ای استفاده می‌شوند، باید برای آرماتورهای آجدار مطابق جدول ۴-۹-۴، و برای آرماتورهای ساده مطابق جدول ۵-۴-۹ باشد.



### جدول ۹-۴-۴ کاربرد آرماتورهای آجدار طولی و عرضی

ملاحظات	نوع آرماتور		حداکثر مقدار بزرگ یا بزرگ مجاز برای کاربرد در محاسبات (مکاناسکال) [۱]	محل مورد استفاده	کاربرد
	سیم‌های آجدار	میله‌رده‌های آجدار			
-	غیر مجاز	بند ۹-۴-۸-۹	۵۵۰	قاب‌های لرزه‌ای ویژه	خمش، نیروی محوری، حرارت و انقباض
			۵۵۰	کلیه اجزای دیوارهای لرزه‌ای ویژه	
			۵۵۰	سایر موارد	
[۲]	همه رده‌های آجدار	همه رده‌های آجدار	۵۵۰	سایر موارد	
-	همه رده‌های آجدار	همه رده‌های آجدار	۷۰۰	سیستم‌های ویژه لرزه‌ای	آرماتورهای محصور کننده، و یا آرماتورهای تکیه گاهی آرماتورهای طولی
			۷۰۰	دورپیچ‌ها	
			۵۵۰	سایر موارد	
-	همه رده‌های آجدار	همه رده‌های آجدار	۵۵۰	قاب‌های لرزه‌ای ویژه	برش
			۵۵۰	کلیه اجزای دیوارهای لرزه‌ای ویژه	
			۴۲۰	دورپیچ‌ها	
			۴۲۰	برش اصطکاک	
-	همه رده‌های آجدار	همه رده‌های آجدار	۴۲۰	خاصیت‌ها، بست‌ها، تنگ‌ها	
-	همه رده‌های آجدار	همه رده‌های آجدار	۴۲۰	آرماتورهای طولی و عرضی	پیچش
-	غیر مجاز	همه رده‌های آجدار	۵۵۰	سیستم‌های لرزه‌ای ویژه	مهارها
			۵۵۰	سایر موارد	
-	همه رده‌های آجدار	همه رده‌های آجدار	۴۲۰	دورگیرهایی که برای برش استفاده می‌شوند	محل‌هایی که در طراحی آن از روش خرپایی استفاده می‌شود
			۵۵۰	سایر موارد	

[۱] اعداد این ستون بیانگر حداکثر مقدار بزرگ برای هر رده آرماتور است.

[۲] استفاده از شبکه‌های آجدار جوشی نیز مجاز است.





## جدول ۹-۴-۵ کاربرد آرماتورهای دورپیچ ساده

شماره ی رده	محل مورد استفاده	کاربری
میلگردها و سیم‌های ساده	حداکثر مقدار $f_y$ یا $f_{yk}$ مجاز برای کاربرد در طراحی، مگاپاسکال	
انواع آرماتورهای گرم و سرد نوردیده که دارای ویژگی‌های جدول ۹-۴-۲ می‌باشند	۷۰۰	دورپیچ‌ها در سیستم‌های لرزه‌ای ویژه
	۷۰۰	دورپیچ‌ها
	۴۲۰	دورپیچ‌ها
	۴۲۰	دورپیچ‌ها

۹-۴-۸-۷ سیم‌های ساده و آجدار و شبکه‌های جوشی ساخته شده از سیم‌های ساده و آجدار باید مطابق استاندارد ملی ایران به شماره ۱۱۵۵۸ باشند.

۹-۴-۸-۸ در سیم‌های آجدار، فقط استفاده از قطرهای ۱/۵ تا ۱۶ میلی متر مجاز است. در صورت استفاده از سیم‌های آجدار با قطرهای بزرگ‌تر از ۱۶ میلی متر، طول‌های مهار و وصله با منظور نمودن این سیم‌ها مشابه سیم‌های ساده و با استفاده از بند ۹-۲۱-۳-۷ محاسبه می‌گردند.

۹-۴-۸-۹ در آرماتورهای طولی آجدار در قاب‌های ویژه و دیوارهای لرزه‌ای ویژه و اجزای آن‌ها از جمله دیوار پایه‌ها و تیرهای هم‌بند که تحت اثر لنگر خمشی، نیروی محوری، و یا هر دو به صورت توأم قرار می‌گیرند، باید سه شرط زیر ارضا شوند:

الف- تنش تسلیم اندازه گیری شده در آزمایشگاه از تنش حد تسلیم در محاسبات،  $f_y$ ، بیش از ۱۲۵ مگاپاسکال فراتر نرود.

ب- نسبت تاب کششی اندازه گیری شده در آزمایشگاه به تنش حد تسلیم اندازه گیری شده در آزمایشگاه از ۱/۲۵ کمتر نباشد.



پ- حداقل درصد ازدیاد طول گسیختگی در طول آزمون ۲۰۰ میلی متری برای آرماتورهای به قطر ۱۰ تا ۲۰ میلی متر برابر با ۱۴ درصد، برای آرماتورهای به قطر ۲۲ تا ۳۵ میلی متر برابر ۱۲ درصد، و برای آرماتورهای به قطر بزرگتر از ۳۵ میلی متر و تا ۵۷ میلی متر برابر ۱۰ درصد باشد.

۹-۴-۸-۱۰ استفاده از آرماتورهای با مقاومت تسلیم بیشتر از ۵۵۰ مگاپاسکال در قاب‌های ویژه مجاز نمی‌باشد. در آرماتورهایی که در جداول ۹-۴-۴ و ۹-۴-۵ مقاومت تسلیم ۷۰۰ مگاپاسکال مجاز شمرده شده است، باید مشخصات استاندارد ASTM A706 رعایت شوند.

۹-۴-۸-۱۱ در سازه‌ها استفاده از آرماتورهای S520 تولید شده با روش ترمکس و مشابه آن به شرطی مجاز است که تمام شرایط جدول ۹-۴-۲ رعایت شده باشد. در سازه‌های شکل‌پذیر ویژه انجام آزمایشات لازم در هر پروژه الزامی است.

۹-۴-۸-۱۲ ضریب انبساط حرارتی برای کلیه آرماتورها برابر با  $12 \times 10^{-6}$  به ازای هر درجه سلسیوس است.

پی‌های ساختمانی به‌عنوان یک عضو سازه‌ای، بسته به شرایط اجرایی، ممکن است تحت تأثیر نیروهای محوری، برشی، خمشی و ... قرار گیرند که مطابق با مفاد فوق و همچنین با توجه به نحوه و نوع اثر این نیروها، لازم است در هنگام طراحی و تعیین آرماتورهای مصرفی، شرایط انتخاب میلگرد و یا آرماتور مصرفی به‌گونه‌ای باشد که در آن به موضوع حداکثر تنش تسلیم میلگرد دقت کافی شود.

به‌عنوان یک نکته بسیار مهم باید توجه داشت که به‌طور عمده، طراحی آرماتورهای پی، برای جلوگیری از گسیختگی خمشی و برشی می‌باشد که مطابق با ضوابط بند فوق برای آرماتورهای برشی، استفاده از آرماتور تا رده S420 (مطابق با ضوابط این بند و با استناد به مفاد تفسیر آبا استفاده از آرماتور AIV مجاز نمی‌باشد) و برای آرماتورهای طولی استفاده از آرماتورهای تا رده S550 مجاز می‌باشد.

طبقه‌بندی میلگردها بر اساس مقاومت مشخصه فولاد  $f_{yk}$  انجام می‌شود. میلگردهای موجود در بازار از تنوع بسیار برخوردارند، ولی اغلب میلگردهای متداول در ایران را که بنام AI، AII، AIII و AIV خوانده می‌شوند، می‌توان به ترتیب معادل فولادهای S220، S300، S400 و S500 دانست. برای میلگرد S350 معادلی در طبقه بندی متداول ایران وجود ندارد.



## ۴.۲.۱.۲ حداقل‌های آیین‌نامه‌ای

همان‌طور که می‌دانید آیین‌نامه‌های طراحی به جهت کنترل بهتر شرایط طراحی و تأمین عملکرد بهینه در المان‌های سازه‌ای، محدودیت‌هایی را برای کلیه عوامل مؤثر بر طراحی تعیین می‌کنند که در خصوص آرماتورهای مصرفی در پی نیز، این محدودیت‌ها در خصوص قطر، فاصله و حداقل و حداکثر آرماتور مصرفی در پی مطابق با ضوابط مبحث نهم مقررات ملی ساختمان به شرح زیر می‌باشد.

### ۲,۱,۲,۴,۱ حداقل آرماتور خمشی مجاز

مطابق با ضوابط بند ۹-۱۵-۳-۱-۷ مبحث نهم مقررات ملی ساختمان، لازم است در شالوده‌ها، در خصوص حداقل میلگرد خمشی ضوابط زیر رعایت شود.

۹-۱۵-۳-۱-۷ در تعیین میلگردهای حداقل خمشی در شالوده‌های سطحی، ضوابط دال‌های یک طرفه برای شالوده‌های سطحی با عمل‌کرد یک طرفه، و ضوابط دال‌های دو طرفه برای شالوده‌های سطحی با عمل‌کرد دو طرفه ملاک محاسبه می‌باشند. تیرهای روی زمین و تیرهای باسکولی از ضوابط تیرها پیروی می‌کنند.

❓ **حال سؤالی که مطرح است این است که نوع عملکرد پی‌های گسترده به چه صورت می‌باشد؟**

در پاسخ به این سؤال مطابق با ضوابط بند ۹-۱۵-۳-۴ مبحث نهم مقررات ملی ساختمان، شالوده‌های گسترده در دسته شالوده‌های با عملکرد دوطرفه قرار می‌گیرند که در این خصوص مطابق با ضوابط بند ۹-۱۵-۳-۴ مبحث نهم مقررات ملی ساختمان، می‌بایست این نوع از پی‌ها مطابق با ضوابط دال‌های دوطرفه طراحی شوند؛ بنابراین با توجه به این توضیحات و مطابق با ضوابط این نوع از دال‌ها، لازم است، کلیه مفاد بند ۹-۱۰-۷ مبحث نهم مقررات ملی ساختمان در خصوص آرماتور گذاری فونداسیون‌ها رعایت شود.

### ۹-۱۵-۳-۴ شالوده‌های سطحی مرکب دو طرفه و گسترده

۹-۱۵-۳-۴-۱ طراحی و جزئیات شالوده‌های مرکب دو طرفه و گسترده باید مطابق این بخش و فصل ۹-۱۰ باشند.

۹-۱۵-۳-۴-۲ از روش طراحی مستقیم که در بند ۹-۱۰-۹ آمده است، نباید برای طراحی شالوده‌های مرکب دو طرفه و شالوده‌های گسترده استفاده شود.



### ۹-۱۰-۷ آرماتور گذاری در دال ها

#### ۹-۱۰-۷-۱ ضوابط کلی

۹-۱۰-۷-۱-۱- مقادیر آرماتورهای لازم در مقاطع مختلف دال در هر امتداد، بر مبنای لنگرهای خمشی ضریب دار وارد بر آن مقاطع محاسبه می شوند.

۹-۱۰-۷-۱-۲ حداقل آرماتور خمشی در دال های دوطرفه

الف- حداقل مساحت آرماتور خمشی،  $A_{s,min}$  برابر با  $0.0018A_g$  بوده و یا مطابق آنچه در بند (ب) زیر تعریف شده است، محاسبه می شود. این آرماتور باید در نزدیکی سطح کششی در جهت دهانه، و در عرض دال ( $b_{slab}$ ) تعبیه شود.

### ۲,۱,۲,۴,۲ حداکثر و حداقل فاصله مجاز در آرماتورهای خمشی

مطابق با ضوابط بند ۹-۱۰-۷-۱-۳ و ۹-۲۱-۲ مبحث نهم مقررات ملی ساختمان، حداقل و حداکثر فاصله مجاز در آرماتورهای خمشی مصرفی در پی ها به شرح ذیل می باشد.

#### ۹-۱۰-۷-۳-۲ فاصله آرماتورهای خمشی

الف- حداقل فاصله آرماتورهای خمشی  $S$  باید طبق بند ۹-۲۱-۲ باشد؛

ب- برای دال های توپر، حداکثر فاصله آرماتورهای طولی در مقاطع بحرانی کمترین مقدار از  $2h$  و  $350$  میلی متر، و در بقیه ی مقاطع کمترین مقدار از  $3h$  و  $350$  میلی متر باشد.

#### ۹-۲۱-۲-۱ فاصله ی حداقل میلگردها

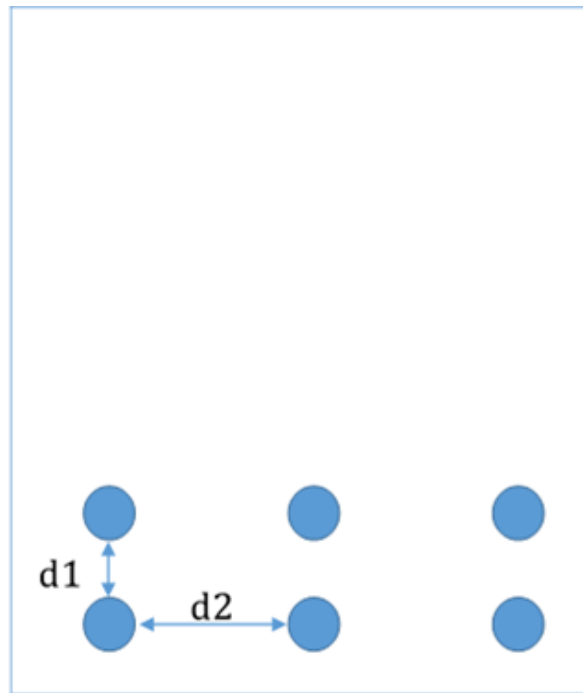
۹-۲۱-۲-۱-۱ فاصله ی آزاد میلگردهای موازی واقع در یک سفره ی افقی نباید کمتر از هیچ یک از مقادیر زیر باشد:

الف-  $25$  میلی متر؛

ب- قطر بزرگترین میلگرد؛

پ-  $1/33$  برابر قطر اسمی بزرگترین سنگ دانه.

۹-۲۱-۲-۱-۲ در میلگردهای موازی واقع در چند سفره ی افقی، میلگردهای لایه ی فوقانی باید مستقیماً در بالای میلگردهای لایه ی تحتانی قرار گرفته، و فاصله ی آزاد بین دو لایه نباید کمتر از  $25$  میلی متر باشد.



$$d_1 \geq 25 \text{ mm}$$

$$d_2 \geq \max\{25 \text{ mm}, d_{1 \text{ max}}, 1.33 \text{ قطر بزرگترین سنگدانه}\}$$

### شکل ۷ جزئیات آرماتور گذاری

#### ۲,۱,۲,۴,۳ حداقل قطر و فاصله آرماتور برشی مصرفی

مطابق با ضوابط بند ۹-۲۱-۶ لازم است بسته به نوع آرماتور عرضی مصرفی در شالوده‌ها، ضوابط ارائه شده در این قسمت از مبحث نهم برای آرماتورهای عرضی رعایت گردد که با توجه به حجم گسترده مطالب مربوط به آرماتورهای عرضی از بررسی کلی ضوابط ارائه شده در مبحث نهم صرف نظر شده و به بررسی ضوابط مربوط به تنگ‌ها در این مقاله اکتفا شده است.

مطابق با ضابطه ۹-۲۱-۶-۲ در خصوص حداقل قطر و فاصله مجاز مابین تنگ‌ها مصرفی، ضوابط و الزامات زیر ارائه شده است که رعایت نکات آن در مراحل طراحی و اجرای آرماتورهای مصرفی الزامی می‌باشد.



### ۹-۲۱-۶-۲ تنگ‌ها

۹-۲۱-۶-۱ تنگ‌ها باید از حلقه‌های بسته‌ی میلگردهای آجدار تشکیل شده، و فواصل آن‌ها از یک دیگر شرایط زیر را تامین کنند.

الف- فاصله‌ی آزاد حداقل  $1/33$  برابر حداکثر قطر اسمی سنگ دانه.

ب- فاصله‌ی مرکز به مرکز تنگ‌ها نباید از هیچ یک از مقادیر زیر بیش تر باشد:

- ۱۶ برابر قطر میلگرد طولی؛

- ۴۸ برابر قطر میلگرد عرضی؛

- کوچک‌ترین بعد عضو.

۹-۲۱-۶-۲ قطر تنگ‌ها باید حداقل برابر مقادیر زیر باشد:

الف- قطر ۱۰ میلی متر برای میلگرد طولی تا قطر ۳۲ میلی متر.

ب- قطر ۱۲ میلی متر برای میلگرد طولی به قطر ۳۴ میلی متر و بزرگ‌تر و یا گروه میلگردهای طولی.

تا این قسمت از مقاله با ضوابط مربوط به آرماتور گذاری شالوده‌های گسترده آشنا شدیم، در قسمت بعدی مقاله قصد داریم به بررسی نحوه محاسبه و تعیین آرماتورهای مصرفی در فونداسیون‌ها با استفاده از نرم‌افزار Safe آشنا شویم.

## ۳.۱.۲ طراحی و نحوه محاسبه آرماتورهای مصرفی در شالوده‌های گسترده

همان‌طور که می‌دانید، طراحی فونداسیون با استفاده از نرم‌افزارهای گوناگونی قابل انجام می‌باشد که نرم‌افزار قدرتمند Safe یکی از بهترین نرم‌افزارهای موجود در این زمینه می‌باشد، ما در این قسمت از مقاله قصد داریم به بررسی کامل الزامات مربوط به محاسبه آرماتورهای مربوط به یک پی گسترده در نرم‌افزار Safe بپردازیم.

پیش از هر چیز لازم است به این نکته دقت شود که با توجه به اینکه ضوابط مبحث نهم مقررات ملی ساختمان، دقیقاً مشابه ضوابط آیین‌نامه ACI318-19 بوده و هنوز در نرم‌افزارهای طراحی نظیر Safe این آیین‌نامه اعمال نشده است ما ناچار هستیم در طراحی و آرماتور گذاری فونداسیون‌های، از ویرایش قبلی آیین‌نامه ACI (ACI318-14) استفاده کنیم که این موضوع با توجه مشابهت اکثری الزامات ارائه‌شده در هر دو ویرایش مشکل آن‌چنانی جهت طراحی آرماتورهای پی‌های گسترده به وجود نمی‌آورد و در صورت وجود مغایرت لازم است در خصوص کنترل دستی موارد مذکور اقدام شود.

به‌طور مثال در خصوص محاسبه حداقل آرماتورهای فونداسیون‌ها در ویرایش جدید ACI با ویرایش قدیم آن وجود دارد که در قسمت‌های بعدی به بررسی ضوابط آن خواهیم پرداخت.

در این قسمت فرض بر این است که خوانندگان این مقاله با نحوه مدل‌سازی و تحلیل سازه آشنا هستند و قصد دارند با نحوه طراحی آرماتورهای لازم در فونداسیون آشنا شوند. در خصوص مراحل طراحی فونداسیون‌ها لازم است مطابق گام زیر اقدام شود.

## مدل سازی نوارهای طراحی

۱.۳.۱.۲

اولین گام مهم و اساسی و پیش از مرحله تحلیل و آنالیز فونداسیون، مرحله مدل سازی نوارهای طراحی آرماتورهای موجود در فونداسیون می باشد که در خصوص فونداسیون های گسترده، این نوارها با توجه به ارجاع آیین نامه به ضوابط طراحی دال های دوطرفه، نوارهای طراحی در این نوع از فونداسیون ها دقیقاً مشابه دال های دوطرفه محاسبه و مدل سازی می شود.

## ۹-۲-۴ نوار دال یا نوار پوششی

به قسمتی از سیستم دال گفته می شود که در دو سمت محور ستون های هم ردیف در پلان قرار می گیرد؛ و به محورهای طولی گذرنده از وسط چشمه های مجاور محدود شود. نوارهای پوششی در هر دو جهت دال تعریف می شود.

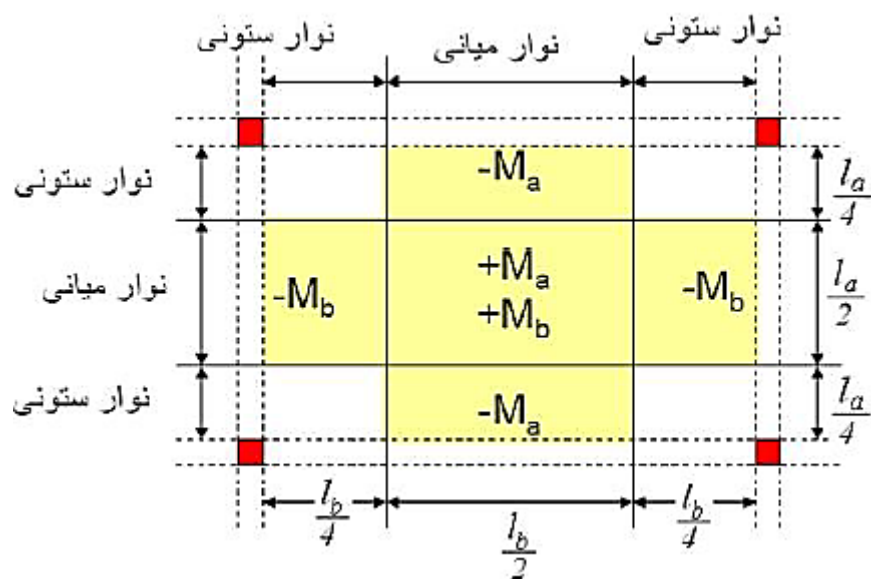
## ۹-۲-۵ نوار ستونی

به قسمتی از نوار دال گفته می شود که در دو سمت محور ستون ها واقع شود؛ و عرض آن در هر سمت محور، برابر با کوچک ترین دو مقدار  $0.25l_1$  یا  $0.25l_2$  باشد. اگر تیر وجود داشته باشد، باید آن را در نوار ستون منظور نمود.

## ۹-۲-۶ نوار میانی

نواری از سیستم دال است که در بین دو نوار ستون مجاور قرار می گیرد.

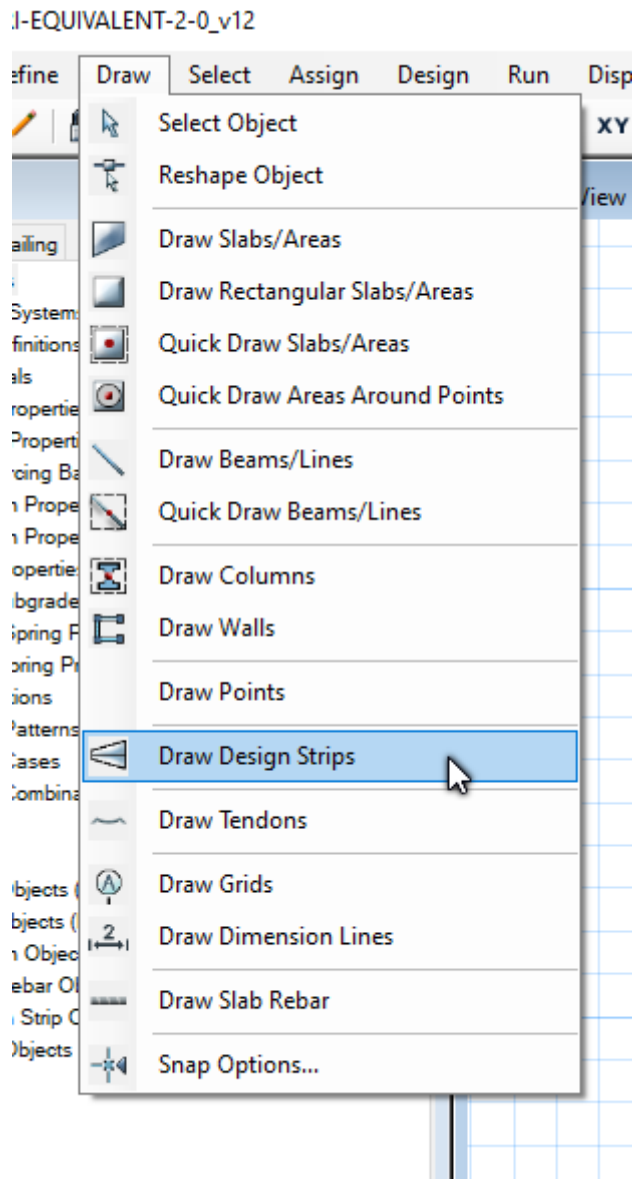
همان طور که مشاهده می کنید مطابق با ضوابط فصل ۱۰ مبحث نهم مقررات ملی ساختمان، نحوه محاسبه نوارهای میانی و ستونی در دال ها بسیار آسان بوده و دارای پیچیدگی خاصی نمی باشد و تنها با انجام یک عمل ضرب کوچک امکان پذیر می باشد.



شکل ۸ جزئیات نوارهای طراحی

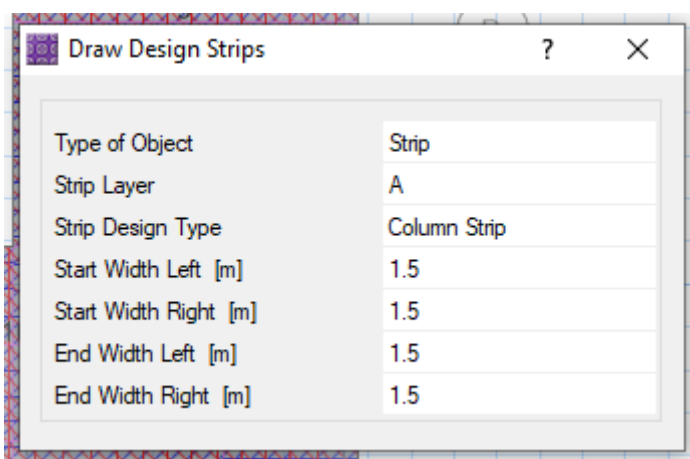


در خصوص نحوه مدل‌سازی این نوارها نیز کافی است مطابق با شکل زیر و با استفاده از گزینه Draw Design Strip و با اعمال تنظیمات مناسب نسبت به ترسیم خطوط این نوارها در فایل مدل‌سازی شده اقدام گردد. به‌طور مثال در شکل ۱۰، با فرض اینکه ابعاد نوارهای ستونی برابر با ۳ متر (۱،۵ متر در هر سمت از خط ترسیم نوار ستونی) می‌باشد، تنظیمات مربوط به ترسیم، نوارهای طراحی اعمال شده است.



شکل ۹ مدل‌سازی نوارهای طراحی Draw Design Strips



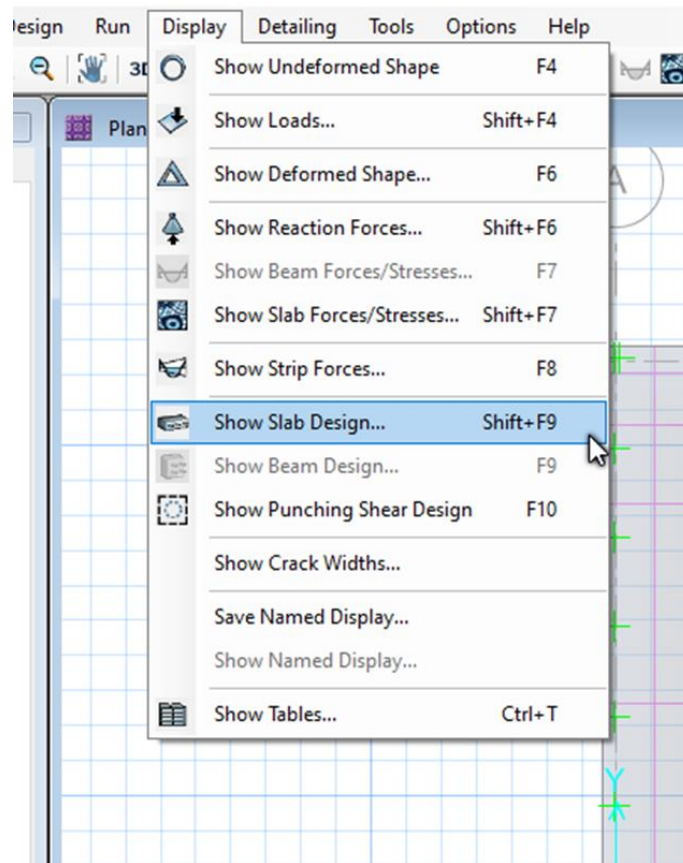


شکل ۱۰ تنظیمات صفحه Draw Design Strips

### مشاهده میزان آرماتور مصرفی

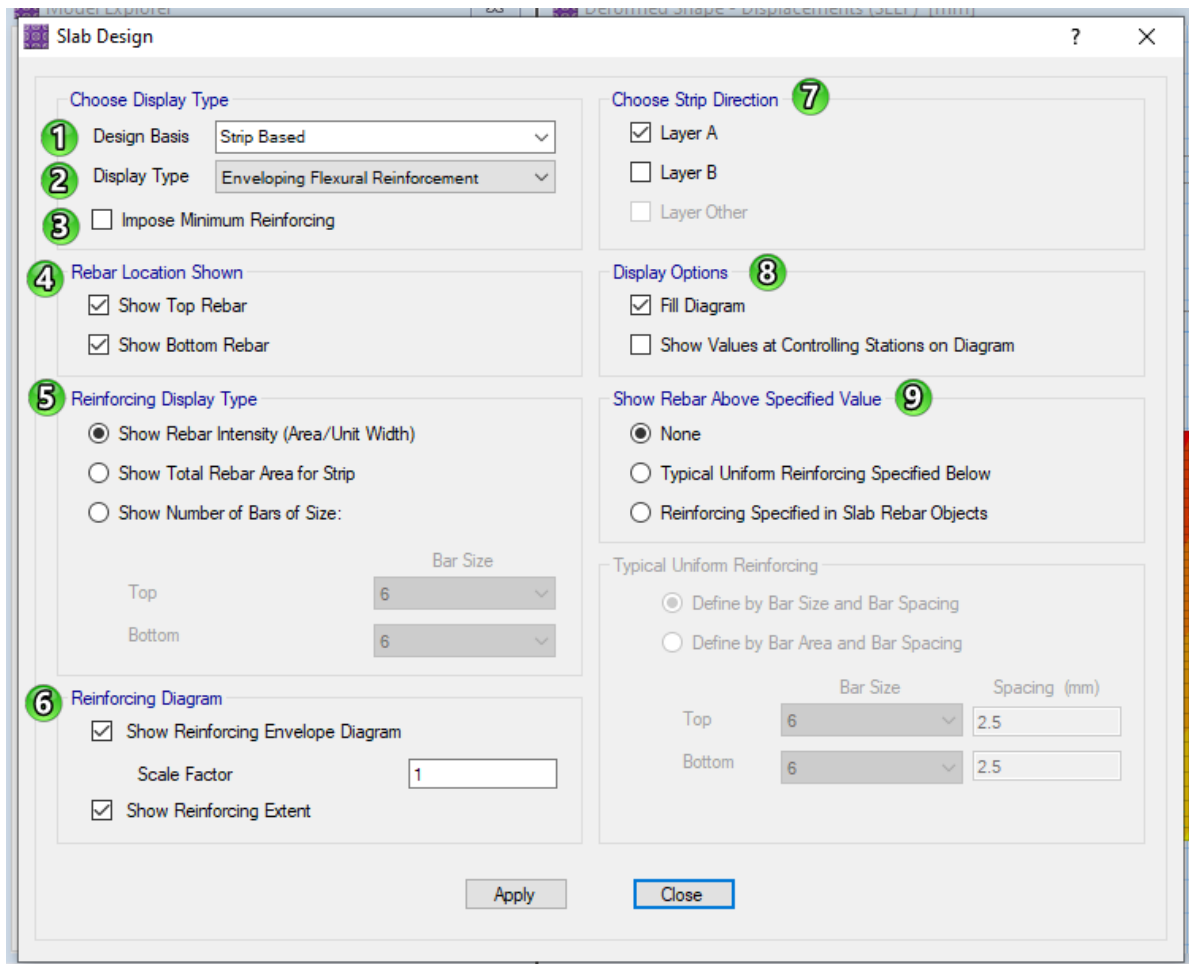
۲.۳.۱.۲

در این مرحله، پس از اینکه فونداسیون مدنظر را مدل سازی و تحلیل کردیم لازم است در گام بعدی مطابق شکل زیر از قسمت Show Slab Design نسبت به مشاهده میزان آرماتور طولی فونداسیون اقدام کنیم.



شکل ۱۱ نمایش آرما توره‌های طراحی شده فونداسیون با استفاده از گزینه Show Slab Design

پس از کلیک بر روی این گزینه مطابق شکل زیر، صفحه Slab Design اجرا می‌شود که لازم است در این خصوص ابتدا با گزینه‌های موجود در این صفحه آشنا شویم.



### شکل ۱۲ تنظیمات صفحه Slab Design

در تصویر فوق، شرح عملکرد هر یک از گزینه‌های موجود در این صفحه مطابق با توضیحات بخش زیر می‌باشد.

#### (۱) اساس طراحی Design Basis

این نوار کشویی شامل دو گزینه Strip Based و Finite Element Based می‌باشد که در خصوص طراحی و تعیین تعداد آرماتورهای موردنیاز، گزینه Strip Based به نسبت گزینه دیگر دارای کاربرد بیشتری بوده و به‌طور معمول توسط طراحان مورد استفاده قرار می‌گیرد در مقابل گزینه .... Finite که امکانات بیشتری را در خصوص محدودیت‌های آیین‌نامه‌ای در اختیار ما قرار می‌دهد نسبت به گزینه Strip دارای کاربرد کمتری می‌باشد.

#### (۲) نوع نمایش Display Type

این نوار کشویی نیز شامل دو گزینه Enveloping Flexural Reinforcement و Shear Reinforcement می‌باشد که با استفاده از گزینه Enveloping شرایط کنترل و طراحی آرماتورهای خمشی (طولی فونداسیون) و با استفاده از گزینه Shear شرایط کنترل و طراحی آرماتورهای برشی در اختیار مهندسين قرار می‌گیرد.

#### (۳) گزینه اعمال حداقل آرماتور مصرفی Impose Minimum Reinforcing

با فعال سازی این گزینه نرم‌افزار نسبت به اعمال ضابطه، حداقل آرماتورهای مصرفی در مراحل طراحی و محاسبه پروژه اقدام می‌کند که در این قسمت لازم است به نحوه اعمال این محدودیت توسط نرم‌افزار Safe توجه ویژه‌ای صورت پذیرد.



در این قسمت با فعال سازی این گزینه، نرم افزار Safe مطابق با توضیحات ارائه شده در قسمت Help خود، نسبت به کنترل حداقل آرماتور مصرفی در دال ها اقدام می کند که مطابق با ضوابط آیین نامه ACI318-14، حداقل آرماتور مصرفی در دال های دوطرفه، بسته به نوع آرماتور مصرفی، دارای مقادیر گوناگونی می باشد، در حالی که در ویرایش جدید آیین نامه ACI318-19 و پیرو آن ویرایش پنجم مبحث نهم مقررات ملی ساختمان، حداقل آرماتور مصرفی در دال های دوطرفه به مقدار ثابت  $0.0018A_g$ ، تغییر کرده است، لذا مطابق با توضیحات ارائه شده در این قسمت، لازم است در این مرحله، کنترل های دستی علی الخصوص در میلگردهای با مقاومت بالا صورت پذیرد.

**8.6.1.1 A minimum area of flexural reinforcement,  $A_{s,min}$ , shall be provided near the tension face in the direction of the span under consideration in accordance with Table 8.6.1.1.**

### CODE

**Table 8.6.1.1— $A_{s,min}$  for nonprestressed two-way slabs**

Reinforcement type	$f_y$ , psi	$A_{s,min}$ , in. <sup>2</sup>
Deformed bars	< 60,000	$0.0020A_g$
Deformed bars or welded wire reinforcement	$\geq 60,000$	Greater of: $\frac{0.0018 \times 60,000}{f_y} A_g$
		$0.0014A_g$

**8.6.1.1 A minimum area of flexural reinforcement,  $A_{s,min}$  of  $0.0018A_g$ , or as defined in 8.6.1.2, shall be provided near the tension face of the slab in the direction of the span under consideration.**

#### قسمت 4) Rebar Location Shown

با استفاده از گزینه های قرار داده شد در این قسمت، امکان نمایش/عدم نمایش میزان آرماتور مورد نیاز در سفره بالایی و پایینی نرم افزار ممکن می باشد که به طور معمول لازم است گزینه های موجود در این قسمت فعال باشند.

#### قسمت 5) Reinforcing Display Type

در این قسمت میزان آرماتور مورد نیاز پروژه با استفاده از سه گزینه و در حالات مختلف قابل نمایش می باشد که از میان سه گزینه موجود، گزینه های Show Rebar Intensity و Show Number of Bars of Size به نسبت سایر گزینه ها دارای کاربرد بیشتری می باشد.

ردیف	شرح گزینه	توضیحات
۱	Show Rebar Intensity (Area/Unit Width)	با استفاده از این گزینه میزان آرماتور مورد نیاز مقطع بر صورت مساحت بر واحد عرض نمایش داده می شود.



۲	Show Total Rebar Area for Strip	در این حالت کل آرماتور موردنیاز هر مقطع بر صورت مساحت نمایش داده می‌شود.
۳	Show Number of Bars of Size	با فعال‌سازی این گزینه کاربر می‌بایست سایز آرماتور مصرفی در سفره‌های بالا و پایین فونداسیون را مشخص کند، در این حالت نرم‌افزار با استفاده از این سایزها مقدار آرماتور موردنیاز مقطع را بر اساس تعداد آرماتورهای مشخص شده در سفره‌های بالا و پایین برای کاربر به نمایش می‌گذارد.

#### قسمت ۶ Reinforcing Diagram

این قسمت مربوط به تنظیمات نحوه نمایش دیاگرام آرماتور موردنیاز می‌باشد و با توجه به کم‌اهمیت بودن موارد این قسمت از ارائه توضیحات آن صرف‌نظر شده است.

#### قسمت ۷ Choose Strip Direction

با استفاده از گزینه‌های موجود در این قسمت کاربر قادر به تعیین نمایش/عدم نمایش میزان آرماتور موردنیاز هر یک از نوارهای مدل‌سازی گام صفر می‌باشد.

#### قسمت ۸ Display Options

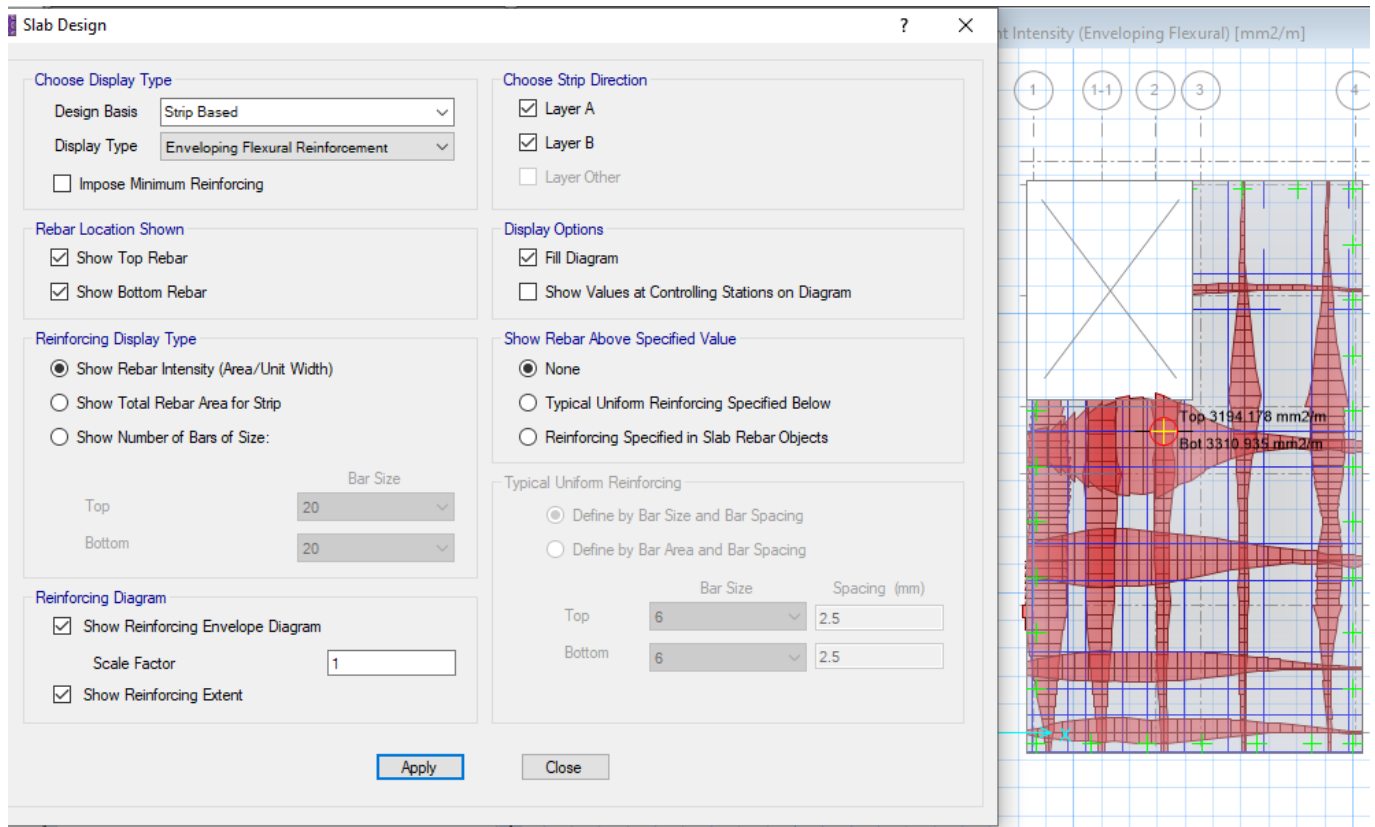
تنظیمات این قسمت نیز به مشابه قسمت ۶ مربوط به نحوه نمایش اطلاعات نرم‌افزار می‌باشد که از بررسی آن صرف‌نظر شده است.

#### قسمت ۹ Show Rebar Above Specified Value

تنظیمات موجود در این قسمت به همراه تنظیمات موجود در قسمت ۵ از مهم‌ترین تنظیمات موجود در صفحه Slab Design می‌باشد. در این قسمت کاربر قادر به تعبیه و تعیین یک سفره آرماتور گسترده جهت آرماتورهای فوقانی و تحتانی می‌باشد که در قسمت‌های بعد نحوه اعمال تنظیمات ارائه شده است.

حال که با تنظیمات موجود در صفحه Slab Design آشنا شدیم، لازم است با اعمال تنظیمات مناسب، میزان آرماتور موردنیاز پی خود را تعیین کنیم.

در این قسمت ما قصد داریم، مقدار آرماتور موردنیاز خود را با استفاده از گزینه Show Rebar Intensity (Area/Unit Width) و مطابق تنظیمات اعمالی در تصویر زیر فرابخوانیم.



شکل ۱۳ تنظیمات صفحه Show Slab Design

همان طور که در تصویر فوق مشاهده می کنید، با اعمال تنظیمات مربوطه، مطابق با قسمت سمت راست تصویر، میزان آرماتور و نتایج حاصل از تحلیل پی گسترده به صورت  $\text{mm}^2/\text{m}$  در اختیار طراح و محاسب پروژه قرار می گیرد.

در گام بعدی لازم است طراح و محاسب پروژه با استناد به مقادیر ارائه شده در نرم افزار نسبت به طراحی آرماتورهای خمشی مورد نیاز پروژه اقدام کند که البته ذکر این نکته ضروری است که به طور معمول طراحان و محاسبین باتجربه، نسبت به انجام توأمان گام اول و دوم اقدام می کنند و تفکیک این گام ها صرفاً به جهت انتقال بهتر مطالب می باشد.

### ۳.۳.۱.۲ تعیین تعداد و فاصله آرماتور طولی مورد نیاز

در این مرحله یک طراح سازه می بایست ضمن توجه به مسائل اقتصادی و اجرایی بهترین ترکیب آرماتور گذاری را جهت آرماتورهای مصرفی انتخاب کند.

در این مرحله رعایت موارد زیر به عنوان دو نکته بسیار مهم به مهندسین عزیز توصیه می شود.

✓ همان طور که می دانید یکی از موارد بسیار مهم در خصوص آرماتور گذاری سازه های بتنی، لزوم توجه به عدم استفاده از میلگردهای متنوع از نظر سایز مصرفی در پروژه ساختمانی می باشد، زیرا در مراحل اجرایی و با توجه به تشخیص تقریباً دشوار سایز آرماتورهای مصرفی توسط ناظرین و مجریان مربوطه امکان بروز خطا بسیار محتمل می باشد. لذا توصیه می شود در این مرحله طراح پروژه، حتی الامکان از آرماتورهای با تنوع سایزی بسیار محدود و با اختلاف سایز مناسب جهت اجرا در پروژه استفاده کند (به طور مثال استفاده از ۴ تیپ میلگرد نمره ۱۰، ۱۶، ۲۰، ۲۴ که تیپ میلگرد نمره ۱۰ به جهت استفاده در آرماتور عرضی بوده و سایر میلگردهای برای سایر موارد می باشد).



✓ دومین موضوع مهم در خصوص انتخاب آرماتورهای مصرفی در پروژه، لزوم توجه به موضوعات اقتصادی پروژه می باشد، به طوری که در این مرحله مهندسین محاسب باتجربه، با ایجاد و اتخاذ تدابیر مناسب سعی می کنند ضمن رعایت ضوابط و الزامات آیین نامه ای، از حداقل آرماتور مصرفی از نظر وزنی جهت طراحی و اجرای پروژه استفاده کنند.

در این مرحله توصیه می شود که طراحان پروژه از تعبیه آرماتورهای بیش از ظرفیت مورد نیاز پروژه صرف نظر نموده و حتی الامکان با اجرای یک شبکه آرماتور یکنواخت و تعبیه میلگردهای تقویتی نسبت به کنترل این موضوع اقدام نمایند.

همان طور که می دانید تبدیل مقادیر ارائه شده در تصویر شماره ۱۳ به تعداد آرماتور مصرفی و کنترل دستی ضوابط مربوط به آن امری زمان بری می باشد، لذا لازم است با اتخاذ تدابیری این حجم از محاسبات را کاهش دهیم. خوشبختانه در این خصوص نرم افزار Safe با ایجاد تنظیمات مناسب امکان محاسبه تعداد و سایز آرماتورهای مورد نیاز پروژه را با ایجاد دو بخش جهت اعمال آرماتورهای سراسری و آرماتور تقویتی بسیار آسان نموده است که در این قسمت جهت درک بهتر این موضوع، مراحل و نحوه تعیین تعداد و فاصله آرماتورهای مصرفی به تفصیل شرح داده شده است.

همان طور که در قسمت های قبل اشاره شد، دو قسمت Show Rebar Above Specified Value و Reinforcing Display Type از مهم ترین بخش های صفحه Slab Design می باشد.

ما در این قسمت قصد داریم مطابق با شرایط پروژه از آرماتورهای نمره ۱۸ و ۲۲ جهت اجرای آرماتوربندی فونداسیون استفاده کنیم. در این مرحله تنها کافی است مطابق با توضیحات ارائه شده در قسمت زیر نسبت به اعمال تنظیمات لازم در نرم افزار اقدام کنیم.

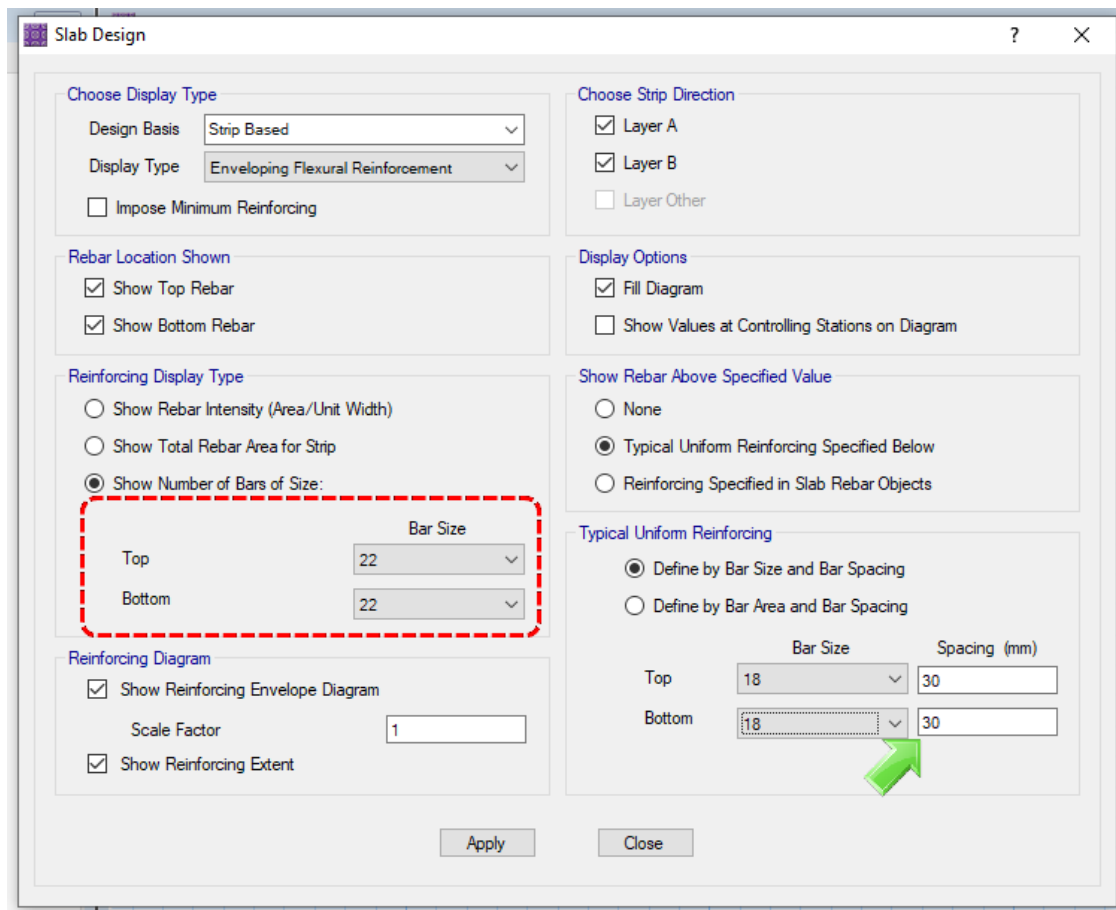
در اولین گام ما می بایست نسبت به تعیین آرماتور گسترده اقدام کنیم که مطابق با تصویر زیر در قسمت Show Rebar Above Specified Value و با فعال سازی گزینه Typical Uniform Reinforcing Specified Below می بایست آرماتور نمره ۱۸ را جهت استفاده به عنوان آرماتور سراسری تعیین کنیم.

حال سؤالی که مطرح می شود این است که، مقدار فاصله مورد نیاز جهت آرماتورهای طولی به چه میزان اعمال شود؟

در پاسخ به این سؤال، مطابق با ضوابط آیین نامه ACI318-14 ، ACI318-19 و همچنین مبحث نهم مقررات ملی ساختمان، حداکثر فاصله بین میلگردهای سراسری در فونداسیون ۴۵ سانتی متر می باشد که این مقدار نباید بیشتر از ۲ برابر ضخامت پی در نظر گرفته شود و همچنین علاوه بر آن می بایست حداقل فاصله ممکن را نیز رعایت کند.

**8.7.2.1 Minimum spacing  $s$  shall be in accordance with 25.2.**

**8.7.2.2 For nonprestressed solid slabs, maximum spacing  $s$  of deformed longitudinal reinforcement shall be the lesser of  $2h$  and 18 in. at critical sections, and the lesser of  $3h$  and 18 in. at other sections.**



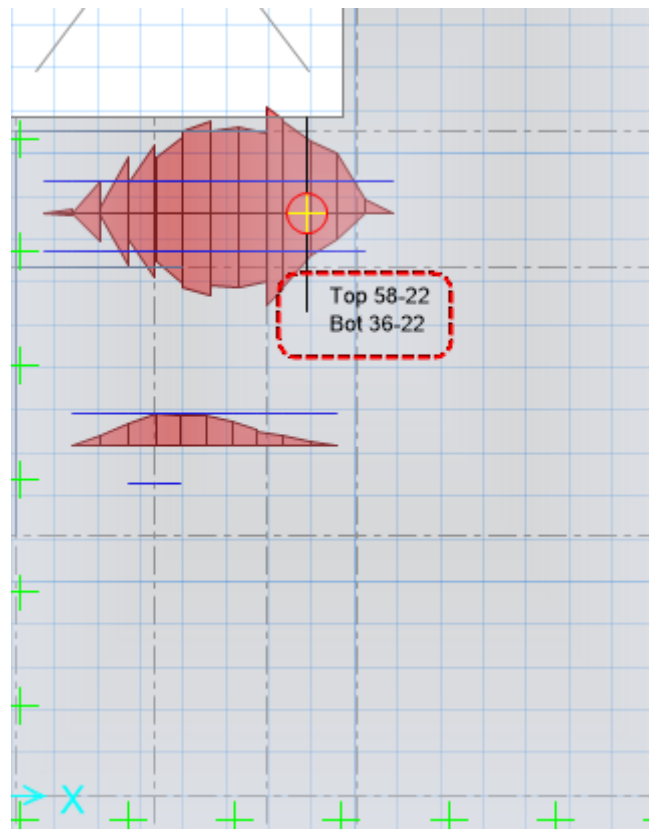
شکل ۱۴ تنظیمات صفحه Show Slab Design

لذا مطابق با توضیحات فوق و به جهت کنترل بهینه شرایط آرماتور گذاری، همان طور که در تصویر فوق مشاهده می کنید، در این پروژه در هر ۳۰ سانتی متر یک میلگرد نمره ۱۸ به عنوان آرماتور سراسری، فرض شده است.

حال در مرحله دوم پس از معرفی آرماتورهای سراسری لازم است از قسمت Reinforcing Display Type ساینز آرماتورهای تقویتی به نرم افزار معرفی شود که در این مثال از آرماتور نمره ۲۲ جهت استفاده به عنوان آرماتور تقویتی کمک گرفته شده است.

پس از اعمال تنظیمات فوق مطابق با محاسبات صورت گرفته توسط نرم افزار در خصوص آرماتورهای طولی، ضمن اجرای هر ۳۰ سانتی متر یک میلگرد نمره ۱۸ به عنوان آرماتور سراسری در یک سفره، نرم افزار Safe مطابق با تصویر زیر نسبت به ارائه تعداد آرماتورهای تقویتی نمره ۲۲ اقدام می کند که با استفاده از این خروجی ها محاسب پروژه به راحتی قادر به ارائه نقشه ها و جزئیات اجرایی خواهد بود.





شکل ۱۵ تعداد آرماتور تقویتی موردنیاز

همان طور که مشاهده می‌کنید، در صورت وجود دیوار برشی و یا بادبند در سازه، تعداد آرماتورهای تقویتی موردنیاز در محل اتصال دیوار به فونداسیون بسیار زیاد می‌باشد لذا با توجه به اینکه تعداد آرماتور مازاد، در فرآیند اجرایی و بتن‌ریزی ما را دچار مشکل خواهد کرد؛ بنابراین توصیه می‌شود در قدم اول سایز میلگردهای تقویتی تقویت‌شده و به‌عنوان راهکار دوم در چنین وضعیتی با افزایش شماره میلگرد سراسری و نزدیک کردن فاصله آن‌ها، از تعداد میلگرد تقویتی فونداسیون کاسته شود. این مسئله به صورت مفصل در مقاله "جانمایی دیوار برشی" که توسط گروه آموزشی سبز سازه ارائه شده به تفصیل مورد بررسی قرار گرفته است.

#### ۴.۳.۱.۲ تعیین و کنترل طول پیوستگی و شرایط اجرایی آرماتورها

در این مرحله حال شاید این سؤالات برای شما مطرح شود که:

❓ حال سؤالی که مطرح است این است که نوع عملکرد پی‌های گسترده به چه صورت می‌باشد؟

❓ نحوه اتمام آرماتورهای طولی فونداسیون‌ها در لبه‌های فونداسیون به چه صورت می‌باشد؟

در پاسخ به سؤال اول، مطابق با مفاد مبحث نهم مقررات ملی ساختمان، در خصوص محل قطع آرماتورهای موردنیاز، دو مقدار قطع تئوریک و قطع محاسباتی وجود داشته که در این خصوص لازم است، آرماتورهای تقویتی نشان داده شده در نرم‌افزار Safe مطابق با ضوابط مبحث نهم مقررات به حداقل به‌اندازه طول گیرایی از محل نمایش داده‌شده در نرم‌افزار (محل قطع تئوریک) بیشتر اجرا شوند. در خصوص مقدار این طول در قسمت بعد توضیحات لازم ارائه شده است.



### ۹-۲-۱۵-۷ مهار میلگرد در شالوده‌های سطحی و سر شمع‌ها

۹-۲-۱۵-۷-۱ طول گیرایی میلگردها باید مطابق فصل ۹-۲۱ باشد.

۹-۲-۱۵-۷-۲ نیروهای کششی و فشاری در میلگردها در هر مقطع باید در هر دو طرف مقطع مهار شوند.

۹-۲-۱۵-۷-۳ مقاطع بحرانی برای گیرایی میلگردها، در موقعیت‌هایی که در بند ۹-۲-۱۵-۶-۱ برای حداکثر لنگر ضریب‌دار ذکر شده‌اند، و در تمام مقاطع دیگری که تغییر مقطع یا تغییر میزان آرماتور وجود دارد، می‌باشند.

۹-۲-۱۵-۷-۴ مهار کافی برای میلگرد کششی در جایی که تنش میلگرد کششی مستقیماً متناسب با لنگر نمی‌باشد، مانند شیب‌ها، پله‌ها یا شالوده‌های با ضخامت متغیر، و یا در جایی که میلگرد کششی موازی وجه فشاری نیست، الزامی می‌باشد.

اما در خصوص سؤال دوم در این مرحله لازم است، بر اساس مفاد فصل ۲۱ مبحث نهم مقررات ملی ساختمان، در تمامی قطعات بتن‌آرمه نیروهای کششی یا فشاری موجود در میلگردها در هر مقطع باید به‌وسیله مهار میلگردها در دو سمت آن مقطع به بتن منتقل گردد.

مهار میلگردها در بتن به یکی از سه روش زیر یا ترکیبی از آن‌ها امکان‌پذیر است:

۱. پیوستگی موجود بین بتن و آرماتور در سطح جانبی آرماتور
۲. ایجاد قلاب استاندارد در انتهای میلگرد
۳. به‌کارگیری وسایل مکانیکی در طول میلگرد.

در این قسمت از مقاله، روش‌های اول و دوم به دلیل اهمیت و کاربرد بیشتر توضیح داده شده است.

### روش اول - پیوستگی موجود بین بتن و آرماتور در سطح جانبی آرماتور

در این روش مطابق با ضوابط بند ۹-۲۱-۳-۲ و با استفاده از فرمول ۹-۲۱-۱ مبحث نهم مقررات ملی ساختمان، طول گیرایی میلگردهای کششی آجدار به‌صورت زیر محاسبه می‌شود.



## ۹-۲۱-۳-۲ طول گیرایی میلگردهای آجدار و سیم‌های آجدار در کشش

۹-۲۱-۳-۲-۱ طول گیرایی میلگردهای آجدار و سیم‌های آجدار در کشش،  $l_d$  نباید کمتر از مقادیر زیر گرفته شود

الف- طول گیرایی میلگردهای آجدار و سیم‌های آجدار در کشش را می‌توان از رابطه‌ی (۹-۲۱-۱)، یا بر اساس ضوابط ساده شده‌ی بند ۹-۲۱-۳-۲-۳ محاسبه نمود. طول گیرایی از رابطه‌ی زیر با ضرایب اصلاحی  $\psi_t$ ،  $\psi_e$  و  $\psi_s$  و  $\psi_g$  مطابق بند ۹-۲۱-۳-۲-۲ محاسبه می‌شود.

$$l_d = \frac{\psi_t \psi_e \psi_s \psi_g}{\lambda \left( \frac{c_b + K_{tr}}{d_b} \right)} \frac{0.9 f_y}{\sqrt{f'_c}} d_b \quad (9-21-1)$$

در این رابطه  $c_b$  کوچک‌ترین فاصله‌ی مرکز میلگرد یا سیمی که مهار می‌شود تا نزدیک‌ترین رویه‌ی بتن، و یا نصف فاصله‌ی مرکز تا مرکز میلگردها و یا سیم‌هایی که مهار می‌شوند، است.  $K_{tr}$  شاخص

آرماتور عرضی است که از رابطه‌ی زیر تعیین می‌شود.

$$K_{tr} = \frac{40 A_{tr}}{sn} \quad (9-21-2)$$

در این رابطه  $A_{tr}$  سطح مقطع کل آرماتورهای عرضی در فاصله‌ی  $s$  و  $n$  تعداد میلگردها یا سیم‌هایی است که دارای مهار یا وصله‌ی 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.

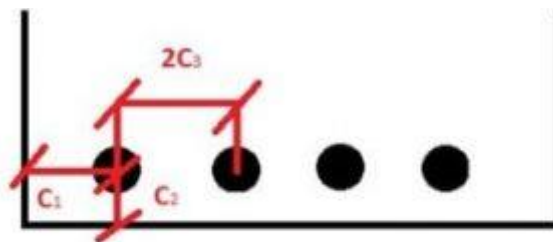
ب- ۳۰۰ میلی متر.

۹-۲۱-۳-۲-۲ ضرایب اصلاح طول گیرایی میلگردهای آجدار و سیم‌های آجدار در کشش بر اساس جدول ۹-۲۱-۳ تعیین می‌شوند؛ ولی در هر حال لازم نیست حاصل ضرب  $\psi_t \psi_s$  بیش از  $1/7$  در نظر گرفته شود.



جدول ۹-۲۱-۳ ضرایب اصلاح طول گیرایی میلگردهای آجدار و سیم‌های آجدار در کشش

مقدار ضریب	شرایط	ضریب اصلاح
۱/۰	فولاد S420 و S400 S350 S340	$\psi_g$
۱/۱۵	فولاد S520 و S500	ضریب رده‌ی فولاد
۱/۵	برای میلگردهای با اندود اپوکسی یا با اندود دو گانه‌ی اپوکسی و روی، با پوشش بتن کمتر از سه برابر قطر میلگرد، و یا فاصله‌ی آزاد بین میلگردها کمتر از شش برابر قطر میلگرد	$\psi_g$ ضریب پوشش
۱/۲	برای میلگردهای با اندود اپوکسی یا با اندود دو گانه‌ی اپوکسی و روی در سایر حالات	
۱/۰	برای میلگردهای بدون اندود و میلگردهای با اندود روی (گالوانیزه)	
۱/۰	برای میلگردها و سیم‌های با قطر ۲۰ میلی‌متر و بیشتر	$\psi_g$ ضریب اندازه
۰/۸	برای میلگردها و سیم‌های با قطر کمتر از ۲۰ میلی‌متر	
۱/۳	برای میلگردهای افقی که حداقل ۳۰۰ میلی‌متر بتن تازه در زیر آن‌ها ریخته می‌شود	$\psi_g$ ضریب موقعیت
۱/۰	برای سایر میلگردها	



$$C_b = \min\{C_1, C_2, C_3\}$$

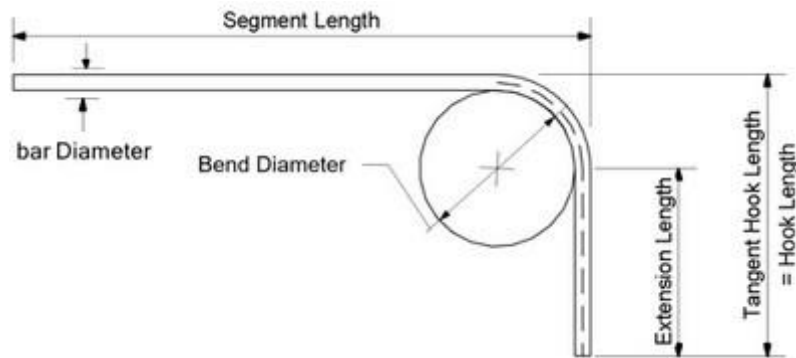
شکل ۱۶ نحوه محاسبه پارامتر  $C_b$  در فرمول طول مهارى آرماتور

در این قسمت ذکر این نکته ضروری است که ضریب  $K_{TR}$ ، ضریب اثر میلگردهای عرضی در طول مهارى بوده و چون در پی عموماً از آرماتور عرضی استفاده نمی‌شود، مقدار این ضریب در محاسبه طول مهار میلگردهای پی، معمولاً برابر صفر خواهد بود.

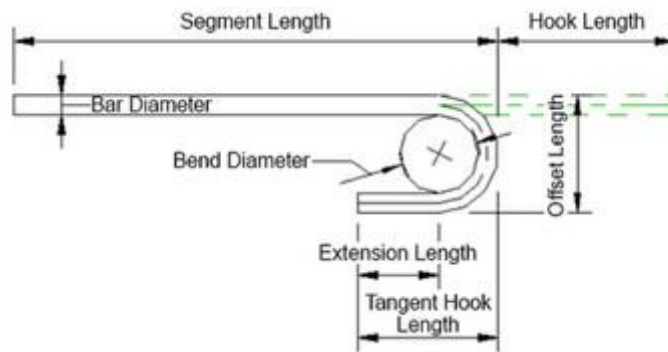
**روش دوم- ایجاد قلاب استاندارد در انتهای میلگرد**



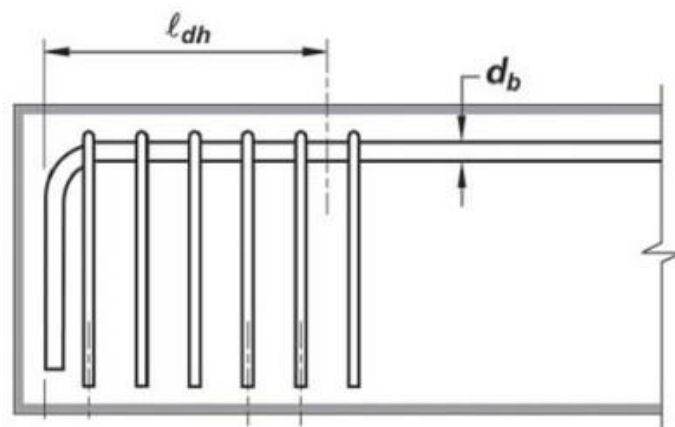
گاهاً ممکن است فضای کافی برای تأمین طول مهار مستقیم میلگرد وجود نداشته باشد. به طور مثال در کناره‌های پی چنین مشکلی وجود دارد. در چنین شرایطی به سراغ ایجاد قلاب در انتهای میلگرد می‌رویم. فرم رایج برای قلاب، عموماً ۹۰ درجه است.



شکل ۱۷ قلاب ۹۰ درجه



شکل ۱۸ قلاب ۱۸۰ درجه



شکل ۱۹ طول مهاری آرماتور کششی قلاب‌دار

طول مهاری میلگرد قلاب‌دار فونداسیون



همان طور که میدانید برای مهار میلگردهای کششی به وسیله قلاب، انتهای میلگردها خم شده و به صورت قلاب درآورده می شود. برای انتقال نیرو از میلگرد به بتن ایجاد قلاب به تنهایی کافی نبوده و باید علاوه بر آن طول اضافی مستقیم میلگرد از انتهای آزاد میلگرد تا شروع قلاب در بتن وجود داشته باشد. حداقل این طول اضافی بعلاوه شعاع قلاب انتهایی آن بعلاوه قطر میلگرد که برای انتقال نیرو از میلگرد به بتن لازم است طول مهاری میلگرد قلاب دار نامیده می شود و به صورت زیر و مطابق با بند ۳-۳-۲۱-۹ مبحث نهم مقررات ملی ساختمان محاسبه می شود.

### ۳-۳-۲۱-۹ طول گیرایی میلگرد آجدار با قلاب استاندارد در کشش

۳-۳-۲۱-۹ طول گیرایی با قلاب برای میلگردهای آجدار در کشش که به قلاب استاندارد ختم می شوند،  $l_{dh}$  نباید از هیچ یک از مقادیر زیر کم تر باشد.

الف- رابطه‌ی زیر با ضرایب اصلاح  $\psi_e$ ،  $\psi_r$ ،  $\psi_o$ ،  $\psi_c$  و مطابق بند ۳-۳-۲۱-۹:

$$l_{dh} = \frac{\psi_e \psi_r \psi_o \psi_c}{\lambda} \frac{0.043 f_y}{\sqrt{f'_c}} d_b^{1.5} \quad (3-21-9)$$

ب- هشت برابر قطر میلگرد و ۱۵۰ میلی متر، هر کدام بزرگ تر است.

۳-۳-۲۱-۹ ضرایب اصلاح محاسبه‌ی طول گیرایی با قلاب میلگردهای آجدار در کشش، بر اساس جدول ۵-۲۱-۹ تعیین می شوند. در انتهای غیر ممتد عضو، ضوابط ۴-۳-۲۱-۹ اعمال میشوند. در این جدول  $A_{hs}$  مساحت کل میلگردهای مهار شده با قلاب بوده، و  $A_{th}$  در ۳-۳-۲۱-۹ تعریف شده است.

۳-۳-۲۱-۹ مساحت کل تنگها و خاموت‌های محصور کننده‌ی میلگرد مهار شده با قلاب،  $A_{th}$  که حداقل طولی معادل  $0.75 l_{dh}$  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 کم تر از هشت برابر 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 فاصله‌ی مساوی در امتداد طول مستقیم. فاصله‌ی این تنگها و خاموت‌ها باید کم تر از هشت برابر قطر میلگرد باشد.

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



جدول ۹-۲۱-۵ ضرایب اصلاح طول گیرایی میلگردهای آجدار با قلاب استاندارد در کشش

مقدار ضریب	شرایط	ضریب اصلاح
۱/۲	برای میلگردهای با اندود اپوکسی یا با اندود دو گانه‌ی اپوکسی و روی	$\psi_e$ ضریب پوشش
۱/۰	برای میلگردهای بدون اندود و میلگردهای با اندود روی (گالوانیزه)	
۱/۰	برای میلگردهای با قطر کوچکتر یا مساوی ۳۴ میلی متر با $A_{th} \geq 0.40A_{RS}$ و یا با فاصله‌ی میلگردهای مهار شونده بیش از شش برابر قطر میلگرد	$\psi_{tr}$ ضریب آرماتور محصورکننده
۱/۶	برای سایر موارد	
۱/۰	برای میلگردهای با قطر کوچکتر یا مساوی ۳۴ میلی متر و مهار شده در هسته‌ی ستون و با پوشش جانبی عمود بر صفحه‌ی قلاب بیش از ۶۵ میلی متر و یا با پوشش جانبی عمود بر صفحه‌ی قلاب بیش از شش برابر قطر میلگرد	$\psi_o$ ضریب محل مهار
۱/۲۵	برای سایر موارد	
$f'_c / 105 + 0.6$	برای بتن با مقاومت کم‌تر از ۴۲ مگاپاسکال	$\psi_c$ ضریب مقاومت بتن
۱/۰	برای بتن با مقاومت بزرگتر یا مساوی ۴۲ مگاپاسکال	

یکی از موارد بسیار مهم و ضروری که در ویرایش جدید بحث نهم مقررات ملی ساختمان و آیین‌نامه ACI318-19 دچار ویرایش اساسی شده است، نحوه محاسبه طول مهاری میلگردهای قلاب‌دار کششی می‌باشد. در ویرایش جدید بحث نهم مقررات ملی ساختمان همان‌طور که مشاهده می‌کنید، تأثیر قطر و سایز آرماتور مصرفی از حالت بدون توان خارج شده و به صورت توان دار تبدیل شده است، همچنین با اعمال ضریب محصورکنندگی که دارای شرایط ویژه‌ای می‌باشد میزان طول مهاری هر آرماتور در صورت عدم تأمین شرایط ضریب ۱، دارای افزایش ۶۰ درصدی می‌شود که این موضوع علی‌الخصوص در بحث طراحی تیر و ستون‌های ساختمانی محدودیت‌های فراوانی را جهت محاسبین و طراحان پروژه اعمال کرده است. در این قسمت به جهت جلوگیری از افزایش میزان مطالب مقاله از بررسی این ضابطه به صورت دقیق صرف‌نظر شده و صرفاً به ارائه تصویر زیر در خصوص نحوه محاسبه ضریب آرماتور محصورکننده اکتفا شده است.



$$l_{dh} = \frac{\psi_e \psi_c \psi_r \psi_o}{\lambda} \frac{0.043 f_y}{\sqrt{f'_c}} d_b^{1.5}$$

side cover normal to plane of hook

$A_{h,s}$  مساحت کل میله‌گردها  
مهار شده با قلاب بوده

$A_{hs}$

or  $s \geq 6d_b$   
or  $A_{th} \geq 0.4A_{hs}$   $\Rightarrow \psi_r = 1.0$  در غیر این صورت  $\Rightarrow \psi_r = 1.6$

شکل ۲۰ نحوه محاسبه ضریب ضریب آرماتور محصور کننده

با توجه به مطالب بیان شده، می‌توانیم با استفاده از خروجی‌های نرم‌افزار به راحتی و تنها با استفاده از دو فرمول طول مهاری هر آرماتور را محاسبه کنیم و به این طریق آرماتور گذاری خمشی پی را انجام دهیم.

### ۵.۳.۱.۲ تعیین و کنترل آرماتورهای عرضی

یکی از مباحث مهم در بحث آرماتور گذاری فونداسیون‌ها که موضوع، کنترل برش می‌باشد.

اصولاً ضخامت پی‌های مورد استفاده در بین طراحان کشورمان به گونه‌ای انتخاب می‌شود تا نیازی به آرماتور برشی وجود نداشته باشد. به عبارت دیگر کل نیروی برشی توسط بتن پی تحمل گردد. در این حالت حتی آیین‌نامه هم هیچ الزامی مبنی بر استفاده از آرماتور برشی حداقل ندارد.

ولی آیین‌نامه در صورت وجود نیروهای برشی زیاد، استفاده از آرماتورهای عرضی را برای پی‌ها الزامی می‌داند در این حالت مطابق با شرایط بند ۹-۱۰-۷-۱-

۲- ب مبحث نهم مقررات ملی ساختمان لازم است در صورتی که میزان برش دوطرفه از مقدار خاصی افزایش پیدا کند از حداقل آرماتور عرضی مطابق با ضوابط این بند استفاده شود.

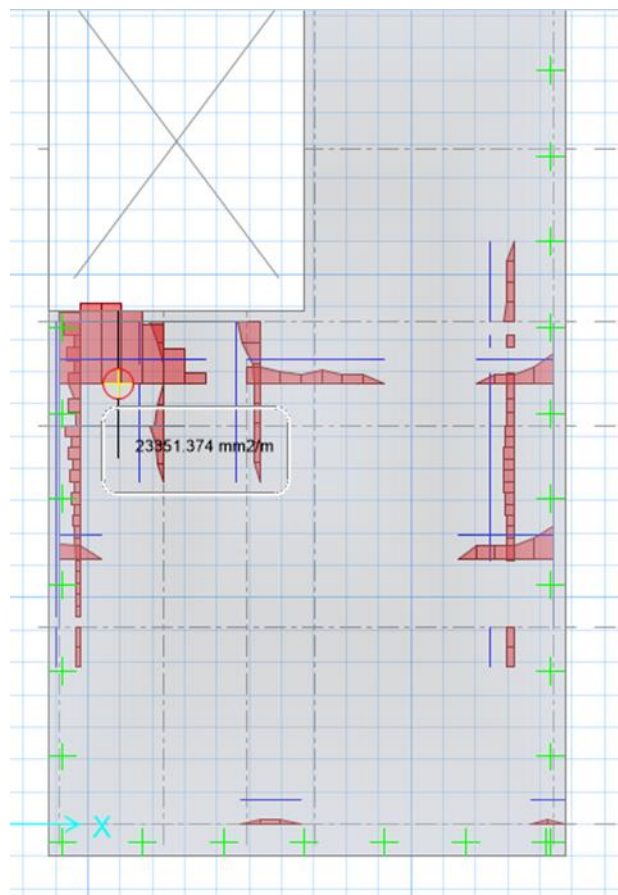




ب- در مواردی که تنش برشی بر روی مقطع بحرانی برش دوطرفه در اطراف ستون، بار متمرکز یا سطح عکس العمل،  $v_{sv} > \phi 0.17 \lambda_s \lambda \sqrt{f'_c}$  باشد،  $A_{s,min}$  که در عرض دال،  $b_{slab}$ ، تعبیه می‌شود، باید رابطه‌ی (۳-۱۰-۹) را تأمین نماید.

$$A_{s,min} = \frac{5v_{sv} b_{slab} b_o}{\phi \alpha_s f_y} \quad (3-10-9)$$

به‌طور مثال همان‌طور که در تصویر زیر مشاهده می‌کنید مطابق با محاسبات صورت گرفته توسط نرم‌افزار تنها در محل اتصال دیوار به فونداسیون که موضوع کنترل برش دوطرفه بحرانی می‌باشد لازم است از آرماتور عرضی مناسبی استفاده شود.



شکل ۲۱ میزان آرماتور برشی موردنیاز

مطابق با ضوابط بند ۷-۳-۷-۱۰-۹-۹ مبحث نهم مقررات ملی ساختمان نوع و نحوه مهار این آرماتورهای عرضی به شرح ذیل می‌باشد.



### ۹-۱۰-۷-۳-۷ آرما توره‌های برشی - خاموتها

الف- استفاده از خاموت‌های تک پایه، U ساده، U چندگانه و خاموت بسته به عنوان میلگرد برشی مجاز می‌باشد.

ب- مهار و شکل خاموتها باید مطابق با بند ۹-۲۱-۵ باشد.

پ- در صورت استفاده از خاموت، محل قرارگیری و فاصله گذاری آنها باید مطابق با جدول ۹-۱۰-۴ باشد.

جدول ۹-۱۰-۴ موقعیت اولین خاموت و محدودیت‌های فاصله گذاری

بیشترین فاصله	تعریف اندازه گیری	جهت اندازه گیری
$\frac{d}{2}$	فاصله از بر ستون تا اولین خاموت	عمود بر وجه ستون
$\frac{d}{2}$	فاصله‌ی بین خاموت‌ها	
2d	فاصله‌ی بین ساق عمودی خاموتها	موازی با وجه ستون

### ۶.۳.۱.۲ تعیین و کنترل آرما تور اجرایی و اتصال سایر المان‌ها به فونداسیون

علاوه بر تعیین آرما تور اصلی فونداسیون که شامل دو گروه آرما توره‌های برشی و خمشی می‌باشد لازم است در موضوع طراحی و آرما تور گذاری فونداسیون‌ها به موارد تعیین و کنترل سایر آرما توره‌های موجود در فونداسیون نیز توجه شود.

از مهم‌ترین آرما توره‌های موجود در فوندا سیون‌ها که می‌بایست به کنترل آنها در مراحل طراحی فوندا سیون‌ها دقت کافی صورت پذیرد می‌توان به موارد زیر اشاره کرد.

### ۲،۱،۳،۶،۱ آرما توره‌های انتظار دیوارها و ستون‌ها و راه‌پله

این آرما توره‌های می‌بایست مطابق با ضوابط آیین‌نامه‌ای و به صورت مناسب جهت انتقال نیروهای وارد بر فوندا سیون طراحی شوند. از مهم‌ترین نکات مهم در خصوص این آرما تور که می‌توان در این مقاله می‌توان به آن اشاره کرد، موضوع تغییرات نحوه آرما تور گذاری عرضی این المان‌ها در لبه‌های فونداسیون و همچنین خم این میلگردها در ویرایش جدید مبحث نهم می‌باشد.

در ویرایش جدید مبحث نهم مقررات ملی ساختمان منبعد لازم است مطابق با ضوابط بند ۹-۲۰-۲ به موارد مشخص شده در تصویر زیر دقت کافی صورت پذیرد.

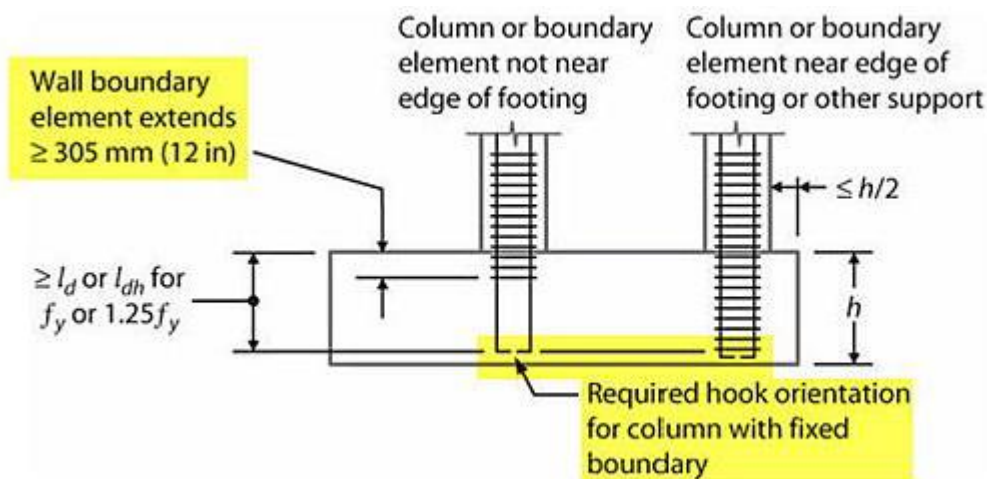


## ۹-۲۰-۲-۹ شالوده های تکی، نواری، سراسری، و سرشمع ها

۹-۲۰-۲-۹-۱ ضوابط این قسمت باید در سازه های با شکل پذیری متوسط و زیاد رعایت شود.

۹-۲۰-۲-۹-۳ در ستونهایی که برای اتصال گیردار (صلب) به شالوده طراحی شده اند باید ضوابط بند ۹-۲۰-۲-۹-۱ رعایت شده، و در صورت نیاز به مهار قلاب دار، انتهای آرماتورهای طولی تعبیه شده برای تحمل خمش باید دارای قلابهای با خم ۹۰ درجه رو بطرف مرکز ستون در نزدیک قسمت تحتانی شالوده باشند.

۹-۲۰-۲-۹-۴ در ستونها و یا اجزاء لبه دیوارهای سازه ای ویژه که فاصله لبه آنها از لبه شالوده از نصف ضخامت شالوده کمتر است باید از آرماتورهای عرضی مطابق ضوابط بندهای ۹-۲۰-۲-۳-۶-۲-۹ الی ۹-۲۰-۲-۳-۶-۳-۴ در قسمت فوقانی شالوده استفاده شود. این آرماتورها باید از روی شالوده به اندازه طول مهار آرماتورهای طولی ستون و یا جزء لبه دیوار برشی ویژه، که برای تنش  $f_y$  محاسبه شده است، در درون شالوده ادامه یابند.



شکل ۲۲ جزئیات آرماتور گذاری عرضی در ستونها و یا دیوارهای لبه پی و خم ۹۰ درجه به سمت مرکز ستون

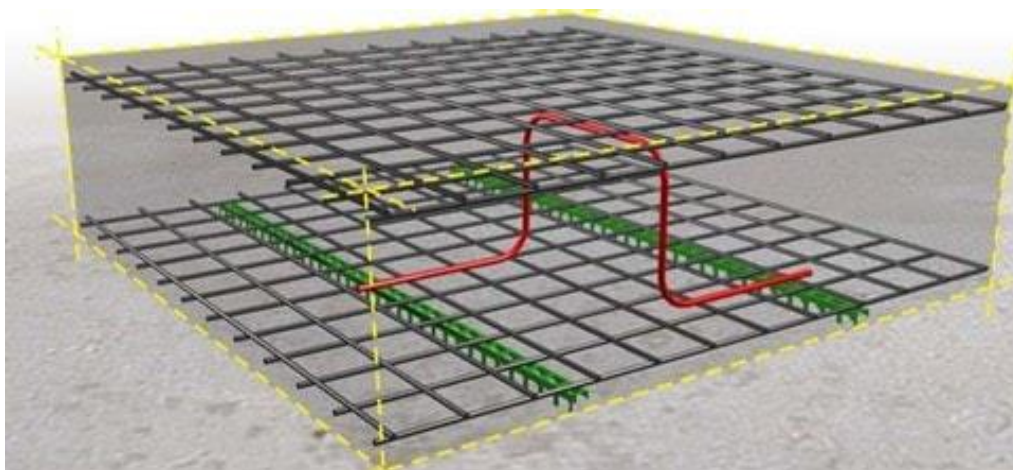
## ۲,۱,۳,۶,۲ آرماتورهای اجرایی نظیر خرک ها و آرماتورهای همبندی فونداسیون

در سفره فوقانی، برای قرار دادن میلگردها در تراز دقیق و حفظ ایستایی آنها نیاز به تکیه گاههایی است. این تکیه گاهها را در اصطلاح خرک گویند. در تصویر زیر خرکها را به صورت آرماتورهای قائم مشاهده می کنید.



شکل ۲۳ خرک‌ها به صورت آرماتورهای قائم در فونداسیون

کارکرد خرک‌ها صرفاً حفظ پایداری موقت آرماتورهای فوقانی می‌باشد و اهمیت محاسباتی ندارند. گاهی به اشتباه برای این آرماتورها کارکرد برشی لحاظ می‌شود که به هیچ‌وجه قابل قبول نیست. شکل کلی یک خرک به صورت زیر می‌باشد.



شکل ۲۴ خرک در فونداسیون

نحوه محاسبه خرک در فونداسیون و فواصل خرک‌ها عمدتاً تجربی است ولی پیشنهاد می‌شود که این فاصله از ۱٫۵ متر در هر جهت تجاوز نکند.

همچنین توصیه می‌شود در خصوص میلگرد خرک در پی به نکات زیر توجه شود:



۱. ابعاد پاشنه خرک بایست حداقل ۵۰ سانتی متر در نظر گرفته شود.
۲. شماره آرماتور خرک به عمق پی و آرماتورهای خمشی پی بستگی دارد، در هر حال قطر آرماتور خرک نباید از ۱۴ میلی متر کمتر باشد.
۳. در نواحی نزدیک دیوار برشی که آرماتورهای تقویتی به شدت افزایش می یابند، بهتر است تعداد خرکها نیز افزایش یابد.

در خصوص آرماتورهای همبندی نیز مطابق با دستورالعمل های سازمان نظام مهندسی، وظیفه طراحی این آرماتورها بر عهده مهندس طراح نقشه های الکتریکی می باشد و لازم است این آرماتورها در نقشه های سازه نیز به صورت مناسب نمایش داده شود که متأسفانه این موضوع در اکثر مواقع رعایت نشده و در مراحل اجرا و نظارت، مشکلاتی را ایجاد می کند.

### ۲,۱,۳,۶,۳ آرماتورهای چاله آسانسور و ...

قبلاً در مقاله [بارگذاری و طراحی آسانسور در ایستگاه + نکات نظارت بر اجرای آسانسور](#) با جزئیات آسانسور به طور خیلی دقیق آشنا شدیم. اثر چاله آسانسور در فرضیات طراحی پی های گسترده بایست در نظر گرفته شود. این در حالی است که برای پی های نواری محل چاله آسانسور در هنگام ترسیم منظور شده و نیاز به الزامات خاص دیگری نمی باشد.

در پی های گسترده زمانی که عمق چاله آسانسور از ضخامت پی کمتر باشد، بایست در ناحیه مذکور یک پی با ضخامت کمتر ترسیم گردد. تصویر زیر بیانگر این وضعیت است.

Pit Within Mat:  
Model with reduced mat  
thickness at pit



شکل ۲۵ مدل سازی چاله آسانسور، زمانی که عمق چاله آسانسور از ضخامت پی کمتر باشد.

وضعیت فوق در حالتی به وجود می آید که پی ساختمان ما نسبتاً ضخیم باشد.

در پی های معمول ساختمان های متعارف با شرایط دیگری روبرو هستیم. چاله آسانسور در این حالت مانند تصویر زیر پایین تر از پی قرار می گیرد.

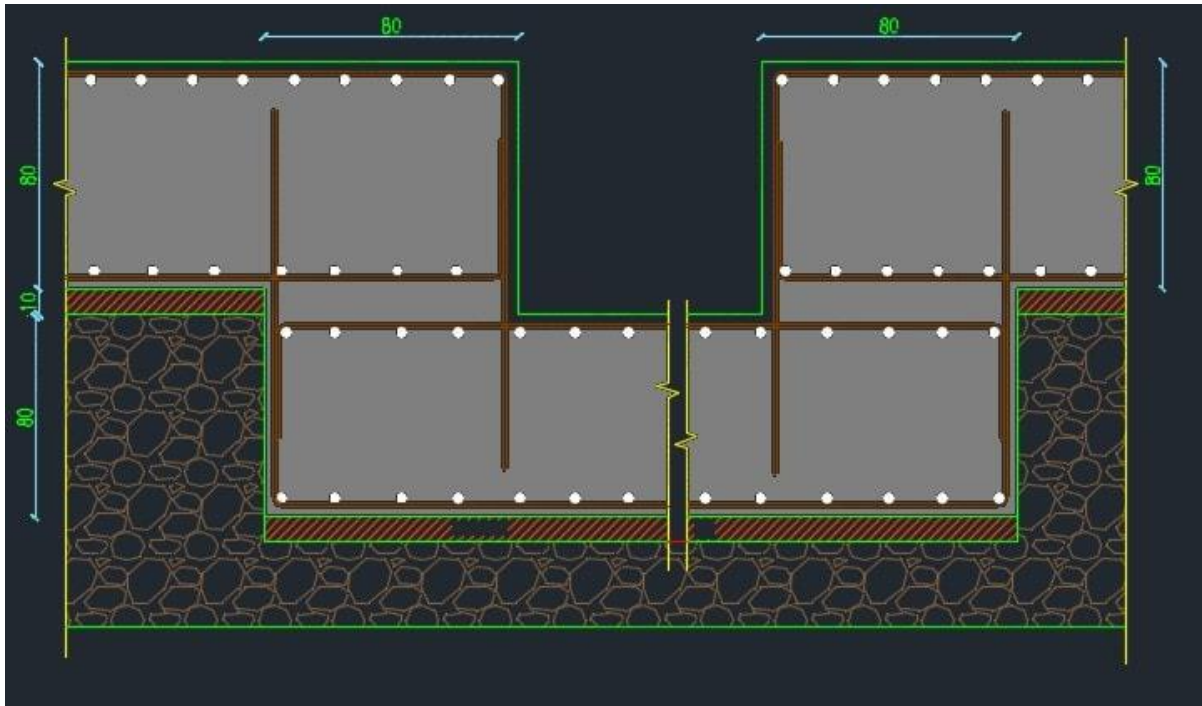
Pit Below Mat:  
Model with flexural release  
at pit walls, reduced  
thickness of pit slab



شکل ۲۶ مدل سازی چاله آسانسور، زمانی که عمق چاله آسانسور از ضخامت پی بیشتر باشد.



تحلیل دقیق پی در حالت دوم اندکی پیچیده تر از حالت اول می باشد. در این حالت باید ترکیبی از کاهش ضخامت پی و عملکرد خمشی دیوارک های پیرامون چاله آسانسور مدنظر قرار گیرد. متأسفانه نرم افزار SAFE که برای طراحی پی استفاده می شود قادر به آنالیز و طراحی تصویر بالا نیست. به همین دلیل برای رها شدن از محاسبات پیچیده دستی و در جهت محافظه کارانه دیتایل اجرایی زیر توصیه می شود. در این حالت نیاز به تعریف Opening در نرم افزار نمی باشد و می توان کل پی را با ضخامت اصلی مدل کرد. چراکه دیوارک های بتنی اطراف چاله آسانسور و نیز بخشی از پی که زیر چاله آسانسور قرار دارد تماماً با ضخامت پی اصلی اجرا خواهند شد.



شکل ۲۷ دیتایل مناسب اجرای چاله آسانسور وقتی که در تراز پایین تر از پی است.

باید توجه داشت در تصویر بالا اگر ضخامت اطراف چاله آسانسور و زیر آن کمتر از ۸۰ سانتی متر می شد، بایستی از Opening در مدل نرم افزاری استفاده می کردیم. در هر حال، توصیه بیشتر به استفاده از این روش به جای ترسیم Opening می باشد.

## ۲.۲ پی منفرد

### ۱.۲.۲ تعریف

پی منفرد بسته به عمق قرارگیری خود در زمین، ممکن است به عنوان یکی پی سطحی و یا نیمه عمیق شناخته شود و مطابق با مفاد بند ۹-۱۵-۱-۲-الف، بار یک و یا دو ستون نزدیک به هم را، به زمین منتقل نماید.



**الف - شالوده‌ی منفرد:** به شالوده‌ای اطلاق می‌شود که بار یک ستون یا دو ستون نزدیک به هم را در محل درز انبساط به زمین منتقل می‌نماید. شالوده‌ی منفرد می‌تواند در پلان به شکل مربع مستطیل، چند ضلعی منظم، دایره یا هر شکل غیر منظم باشد؛ و در مقطع نیز می‌تواند به شکل مربع مستطیل، دوزنقه و یا پلکانی باشد. عمل کرد شالوده‌ی منفرد به صورت دو طرفه می‌باشد.



شکل ۲۸ انواع پی منفرد (پی سطحی منفرد (شکل سمت چپ) و پی نیمه عمیق منفرد (شکل سمت راست))

مطابق با ضوابط بند ۹-۱۵-۳-۳ مبحث نهم مقررات ملی ساختمان، شالوده‌های سطحی منفرد در دسته شالوده‌های با عملکرد دوطرفه قرار می‌گیرند که در این خصوص مطابق با ضوابط بند ۹-۱۵-۳-۱-۷ مبحث نهم مقررات ملی ساختمان، می‌بایست این نوع از پی‌ها مطابق با ضوابط دال‌های دوطرفه طراحی شوند.



### ۳-۳-۱۵-۹ شالوده‌های سطحی منفرد دو طرفه

۱-۳-۳-۱۵-۹ طراحی و جزئیات شالوده‌های سطحی منفرد دو طرفه باید مطابق این بخش و فصل‌های ۹-۹ و ۱۰-۹ باشند.

۲-۳-۳-۱۵-۹ در شالوده‌های سطحی منفرد دو طرفه‌ی مربعی، میلگردها باید به طور یکنواخت در کل عرض شالوده در هر دو جهت توزیع شوند.

۳-۳-۳-۱۵-۹ در شالوده‌های سطحی منفرد مستطیلی، میلگردها باید مطابق بندهای (الف) و (ب) توزیع شوند؛

**الف-** میلگردها در جهت بلند باید به طور یکنواخت در کل عرض شالوده توزیع شوند.

**ب-** برای میلگردها در جهت کوتاه، بخشی از کل میلگرد ( $\gamma_s A_s$ ) باید به طور یکنواخت در نواری به اندازه‌ی عرض شالوده با مرکزیت محور ستون یا ستون پایه توزیع شوند. باقی مانده‌ی میلگردها در جهت کوتاه،  $(1 - \gamma_s) A_s$ ، باید به طور یکنواخت در خارج از این نوار در شالوده توزیع شوند.  $\gamma_s = 2/(\beta + 1)$  می‌باشد؛ که  $\beta$  نسبت طول جهت بلند به طول جهت کوتاه است.

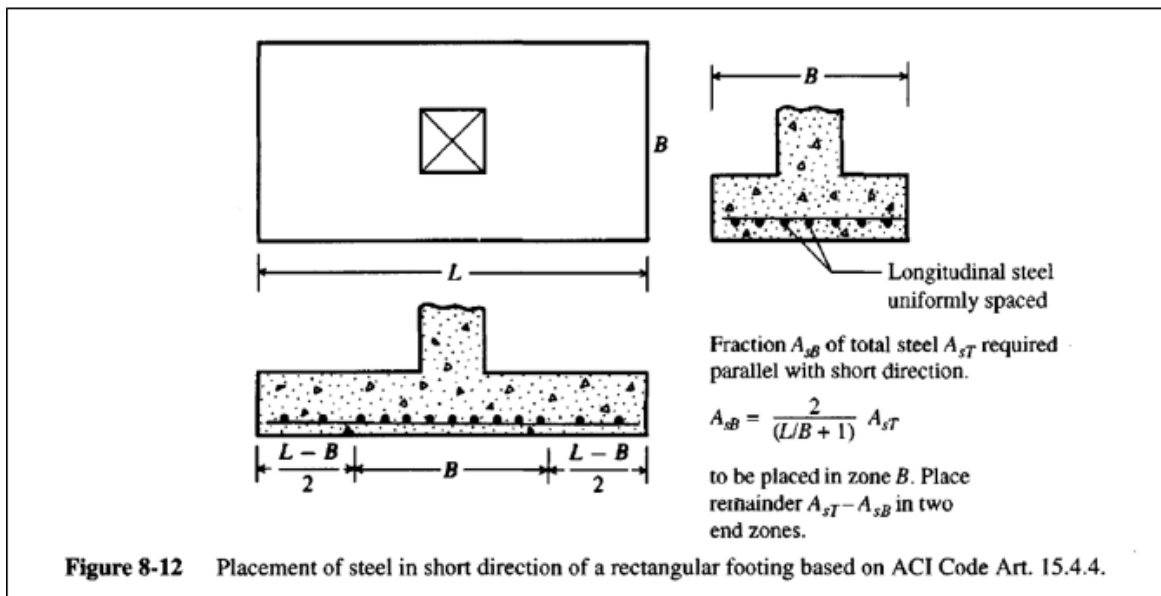
## ۲.۲.۲ ضوابط و الزامات مؤثر بر طراحی آرماتورهای پی منفرد

همان‌طور که مشاهده می‌کنید مطابق با ضوابط بند ۳-۳-۱۵-۹ مبحث نهم مقررات ملی ساختمان ضوابط طراحی پی‌ها منفرد نیز دقیقاً مشابه با ضوابط طراحی پی‌های گسترده و منطبق بر ضوابط طراحی دال‌های دوطرفه می‌باشد لذا با توجه به اینکه در قسمت‌های قبل ما با ضوابط کلی طراحی دال‌های دوطرفه آشنا شدیم لذا در این قسمت از بررسی مجدد ضوابط مشترک مربوط به این نوع از پی‌ها صرف‌نظر کرده و صرفاً به بررسی ضوابط انحصاری آن می‌پردازیم.

همان‌طور که می‌دانید، اولین گام جهت طراحی آرماتورهای فونداسیون‌های گسترده تعیین نوارهای مدل‌سازی آرماتورها که تأثیر مستقیمی بر طراحی آن‌ها دارد می‌باشد، لذا لازم است در خصوص فونداسیون‌های منفرد نیز این نوارها به‌نوعی جهت اعمال ضوابط طراحی مدنظر قرار گرفته شوند.

در پی‌ها منفرد با توجه به ابعاد کوچک این نوع از پی‌ها، مطابق با ضوابط بند ۳-۳-۱۵-۹ در خصوص آرماتور گذاری پی منفرد مربعی محدودیتی از سوی آیین‌نامه جهت آرماتور گذاری در هر دو راستای فونداسیون وجود ندارد اما در خصوص فونداسیون‌های منفرد مستطیلی مطابق با ضوابط این بند، لازم است محدودیت‌هایی جهت توزیع آرماتورهای محاسباتی اتخاذ شود به‌طوری‌که مطابق با ضوابط این بند لازم است موارد نشان داده‌شده در شکل زیر رعایت شود.





شکل ۲۹ توزیع آرماتورهای طولی در فونداسیون منفرد مستطیلی

### ۳.۲.۲ طراحی و نحوه محاسبه آرماتورهای مصرفی در شالوده‌های منفرد

با توجه به کوچک بودن این نوع از فونداسیون طراحی و نحوه محاسبه آرماتور مصرفی در این نوع از شالوده‌ها به دو روش محاسبات دستی و نرم‌افزاری ممکن می‌باشد. در قسمت‌های قبیل با نحوه طراحی نرم‌افزاری این نوع از فونداسیون‌ها آشنا شدیم اما در خصوص نحوه طراحی دستی این نوع از فونداسیون‌ها می‌توان از الزامات مربوط به طراحی ستون‌های کوتاه استفاده کرد.

علاقه‌مندان می‌توانند به‌منظور آشنایی بهتر با نحوه طراحی دستی این نوع از فونداسیون‌ها، نسبت به مطالعه فایل این [لینک](#) اقدام کنند.

### ۳.۲ پی نواری

#### ۱.۳.۲ تعریف

پی نواری نیز بسته به عمق قرارگیری خود در زمین، ممکن است به‌عنوان یکی پی سطحی و یا نیمه عمیق شناخته شود و مطابق با مفاد بند ۹-۱۵-۱-۲-پ، باریک دیوار و یا چند ستون را که در یک ردیف قرار دارند را، به زمین منتقل نماید.

**پ- شالوده‌ی نواری:** به شالوده‌ی یک سرهای اطلاق می‌شود که بار دیوار و یا چند ستون را که در یک ردیف قرار دارند، به زمین منتقل می‌نماید. مقطع شالوده می‌تواند به شکل مربع مستطیل، دوزنقه و یا پاشنه دار (T وارونه) باشد. در حالتی که شالوده‌ی نواری صرفاً بار دیوار را به زمین منتقل کند، شالوده‌ی نواری دیواری نامیده می‌شود؛ که در مقطع می‌تواند به صورت پلکاتی یا شیب‌دار باشد. شالوده‌های نواری می‌توانند به صورت شبکه‌ی نوارهای متقاطع استفاده شوند.



مطابق با ضوابط بند ۹-۱۵-۳-۲ مبحث نهم مقررات ملی ساختمان، شالوده‌های سطحی نواری در دسته شالوده‌های با عملکرد یک‌طرفه قرار می‌گیرند که در این خصوص مطابق با ضوابط این بند، می‌بایست این نوع از پی‌ها مطابق با ضوابط دال‌های یک‌طرفه طراحی شوند.

### ۹-۱۵-۳-۲ شالوده‌های سطحی مرکب یک طرفه و نواری

۹-۱۵-۳-۱ طراحی و جزئیات شالوده‌های سطحی یک طرفه شامل شالوده‌های مرکب یک طرفه و نواری باید مطابق این بخش و فصل‌های ۹-۹ و ۹-۱۱ باشند.

۹-۱۵-۳-۲ میلگردها باید به طور یک‌نواخت در کل عرض شالوده‌های یک طرفه توزیع شوند.



شکل ۳۰ آرماتور گذاری فونداسیون نواری

### ۲.۳.۲ ضوابط و الزامات مؤثر بر طراحی آرماتورهای پی نواری

به‌طور کلی ضوابط و الزامات مؤثر بر طراحی پی‌های نواری نیز، از نظر ماهیتی دقیقاً مشابه با ضوابط و الزامات مؤثر بر پی‌های گسترده هست با این تفاوت که در حداقل‌های آیین‌نامه‌ای آن‌ها تفاوت‌های زیادی وجود دارد که در این قسمت به بررسی این ضوابط می‌پردازیم.



## ۲,۳,۲,۱,۱ حداقل آرماتور خمشی و برشی و افت و حرارت مجاز

مطابق با ضوابط بند ۱-۶-۹-۹ و ۲-۶-۹-۹ و ۳-۶-۹-۹ مبحث نهم مقررات ملی ساختمان، حداقل میلگرد خمشی و برشی و افت و حرارت پی‌ها به شرح ذیل تعیین می‌شود.

### ۶-۹-۹ آرماتور گذاری

۱-۶-۹-۹ حداقل آرماتور خمشی،  $A_{s,min}$  در وجه کششی، باید برابر با  $0.0018A_g$  در نظر گرفته شود.

### ۲-۶-۹-۹ حداقل آرماتور برشی

۱-۲-۶-۹-۹ در کلیه مقاطعی که در آنها  $V_u > \phi V_c$  است، لازم است آرماتور برشی حداقل،  $A_{v,min}$  تامین شود. مقدار این آرماتور برشی حداقل باید بر مبنای ضوابط فصل ۹-۱۱ محاسبه شود.

۲-۲-۶-۹-۹ اگر با انجام آزمایش مشخص شود که مقادیر  $M_u$  و  $V_u$  بدون استفاده از آرماتور برشی قابل تامین هستند، نیازی به رعایت بند ۱-۲-۶-۹-۹ نیست. در این آزمایش باید آثار نشست نامتقارن، انقباض، خزش، و تغییرات درجه حرارت به طور واقع بینانه منظور گردند.

### ۳-۶-۹-۹ حداقل آرماتور حرارتی و جمع شدگی

برای مقابله با تنش‌های حرارتی و جمع شدگی بتن، باید حداقل آرماتور لازم مطابق بند ۴-۱۹-۹ در نظر گرفته شود.

### ۸-۷-۹-۹ آرماتورهای حرارتی و جمع شدگی

۱-۸-۷-۹-۹ آرماتورهای حرارتی و جمع شدگی باید مطابق بند ۳-۶-۹-۹، در امتداد عمود بر میلگردهای خمشی در نظر گرفته شوند.

## ۲,۳,۲,۱,۲ حداکثر و حداقل فاصله مجاز در آرماتورهای خمشی

مطابق با ضوابط بند ۵-۷-۹-۹ و ۲-۲۱-۹-۹ و ۳-۱۹-۹-۹ مبحث نهم مقررات ملی ساختمان، حداقل و حداکثر فاصله مجاز در آرماتورهای خمشی مصرفی در پی‌ها نواری به شرح ذیل می‌باشد که از نظر توضیحات تقریباً مشابه پی‌های گسترده است با این تفاوت که مطابق توضیحات فصل ۱۹ مبحث نهم مقررات ملی ساختمان در خصوص کنترل ترک در پی‌ها و دال‌های نواری لازم است موارد زیر رعایت شود.



### ۹-۷-۵ فاصله گذاری آرماتورها

۹-۷-۵-۱ حداقل فاصله‌ی آرماتورها باید مطابق بند ۹-۲۱-۲ باشد.

۹-۷-۵-۲ فاصله‌ی آرماتورهای طولی که در مجاورت وجه کششی قرار دارند، نباید از مقادیر بند ۹-۱۹-۳ بیش‌تر باشد.

۹-۷-۵-۳ حداکثر فاصله‌ی آرماتورهای آجدار باید کوچک‌ترین از دو مقدار  $3h$  و  $350$  میلی‌متر باشد.

### ۹-۲۱-۲ فاصله‌ی حداقل میلگردها

۹-۲۱-۲-۱ فاصله‌ی آزاد میلگردهای موازی واقع در یک سفره‌ی افقی نباید کم‌تر از هیچ یک از مقادیر زیر باشد:

الف- ۲۵ میلی‌متر؛

ب- قطر بزرگ‌ترین میلگرد؛

پ-  $1/33$  برابر قطر اسمی بزرگ‌ترین سنگ دانه.

۹-۲۱-۲-۲ در میلگردهای موازی واقع در چند سفره‌ی افقی، میلگردهای لایه‌ی فوقانی باید مستقیماً در بالای میلگردهای لایه‌ی تحتانی قرار گرفته، و فاصله‌ی آزاد بین دو لایه نباید کم‌تر از ۲۵ میلی‌متر باشد.

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

۹-۱۹-۳-۱ در تیرها و دال‌های یک طرفه برای کنترل عرض ترک‌ها و میزان گسترده‌گی آن‌ها در ناحیه‌ی تحت کشش بتن، کافی است فاصله‌ی میلگردهای خمشی آجدار،  $s$ ، از حدودی که در زیر تعیین شده‌اند تجاوز نکند.

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

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

در این روابط،  $f_s$  میزان تنش در آرماتور کششی زیر اثر بارهای بهره برداری بر حسب مگاپاسکال، و  $c_e$  کم‌ترین فاصله‌ی سطح میلگردهای کششی آجدار از وجه کششی عضو بر حسب میلی‌متر است.



### ۴-۱۹-۹ آرماتور حرارتی و جمع شدگی

۴-۱۹-۹-۱ در دال‌های یک طرفه برای مقابله با تنش‌های حرارتی و جمع شدگی باید در جهت عمود بر آرماتورهای خمشی، آرماتورهای اضافی موسوم به "آرماتور حرارتی"، مطابق ضوابط بندهای ۴-۱۹-۹ تا ۶-۴-۱۹-۹ در نظر گرفته شوند.

۴-۱۹-۹-۲ در مواردی که دال در جهت عمود بر آرماتورهای خمشی مانع حرکت‌های ناشی از تغییرات دما یا جمع شدگی می‌شود، باید اثرات آن‌ها طبق بند ۳-۳-۷-۹ مورد بررسی قرار گرفته و آرماتور اضافی لازم پیش بینی شود.

۴-۱۹-۹-۳ نسبت سطح مقطع آرماتور آجدار حرارتی و جمع شدگی به سطح مقطع ناخالص بتن، باید بزرگ‌تر یا مساوی ۰/۰۱۸ در نظر گرفته شود.

۴-۱۹-۹-۴ آرماتورهای حرارتی در دال‌های با ضخامت بیش‌تر از ۲۰۰ میلی‌متر باید در دو لایه نزدیک به سطوح زیر و روی دال قرار داده شوند. در دال‌های با ضخامت کم‌تر می‌توان آن‌ها را در یک لایه قرار داد.

۴-۱۹-۹-۵ فاصله‌ی آرماتورهای حرارتی و جمع شدگی از یک دیگر نباید بیش‌تر از پنج برابر ضخامت دال و یا ۳۵۰ میلی‌متر در نظر گرفته شود.

۴-۱۹-۹-۶ آرماتورهای مورد استفاده برای مقاومت در مقابل تنش‌های ناشی از افت و حرارت باید قادر باشند که در همه جا تنش تسلیم برآ را در کشش توسعه دهند.

### ۲,۳,۲,۱,۳ محل قطع عملی آرماتورهای خمشی شالوده

در خصوص محل قطع آرماتورهای خمشی موجود در پی‌های نواری لازم است مطابق با ضوابط بند ۶-۷-۹-۹ مبحث نهم مقررات ملی ساختمان اقدام شود.



### ۹-۷-۶ آرماتورهای خمشی

۹-۷-۶-۱ نیروی کششی یا فشاری محاسبه شده در آرماتورها در هر مقطعی از دال، باید در هر طرف آن مقطع با طول گیرایی لازم تامین شود.

۹-۷-۶-۲ مقطع بحرانی برای کنترل طول گیرایی شامل موارد زیر است:

الف- در محل تنش حداکثر؛

ب- در محلهایی در طول دهانه که نیازی به میلگرد کششی برای مقاومت در برابر خمش نیست و در آن محل میلگردها قطع یا خم میشوند.

۹-۷-۶-۳ میلگردها باید به طول بزرگترین از  $d$  و  $12d_b$ ، بعد از مقطعی که نیازی به مقاومت در برابر خمش نباشد، ادامه داده شوند. ادامه‌ی آرماتور در تکیه‌گاه‌های ساده و در انتهای آزاد طره‌ها ضرورت ندارد.

۹-۷-۶-۴ آرماتورهای خمشی کتشی ادامه داده شده باید حداقل به اندازه‌ی طولی برابر با  $l_d$  بعد از نقطه‌ی خم یا قطع میلگرد کششی که در آن نیازی به مقاومت در برابر خمش نیست، ادامه یابند.

۹-۷-۶-۵ آرماتور خمشی کششی را نباید در ناحیه‌ی کششی قطع کرد؛ مگر این که یکی از موارد (الف)، (ب) یا (پ) تامین شده باشد.

الف- در نقطه‌ی قطع میلگرد شرط  $V_u \leq \left(\frac{2}{3}\right)\phi V_n$  برقرار باشد.

ب- برای آرماتورهای با قطر ۳۶ میلی متر و کمتر، میلگرد ادامه داده شده در نقطه‌ی قطع باید مساحتی دو برابر سطح لازم برای خمش تامین کند و شرط  $V_u \leq \left(\frac{3}{4}\right)\phi V_n$  برقرار باشد.

پ- مقطع خاموت اضافی، علاوه بر آن چه برای مقاومت در برابر برش لازم است، در طولی برابر با  $0.75d$  از انتهای میلگرد قطع شده تامین شود. مساحت خاموت اضافه نباید کمتر از  $0.41sb_w/f_y$  باشد؛ و فاصله‌ی  $s$  نباید بیش از  $d(8\beta_b)$  باشد.

۹-۷-۶-۶ برای آرماتور خمشی در محلهایی که تنش آن مستقیماً متناسب با لنگر خمشی نیست، مانند دال‌های شیب‌دار، پلکانی یا ماهیچه‌ای، و یا در جایی که آرماتور کششی موازی با وجه فشاری نیست، مهار کافی باید تامین شود.

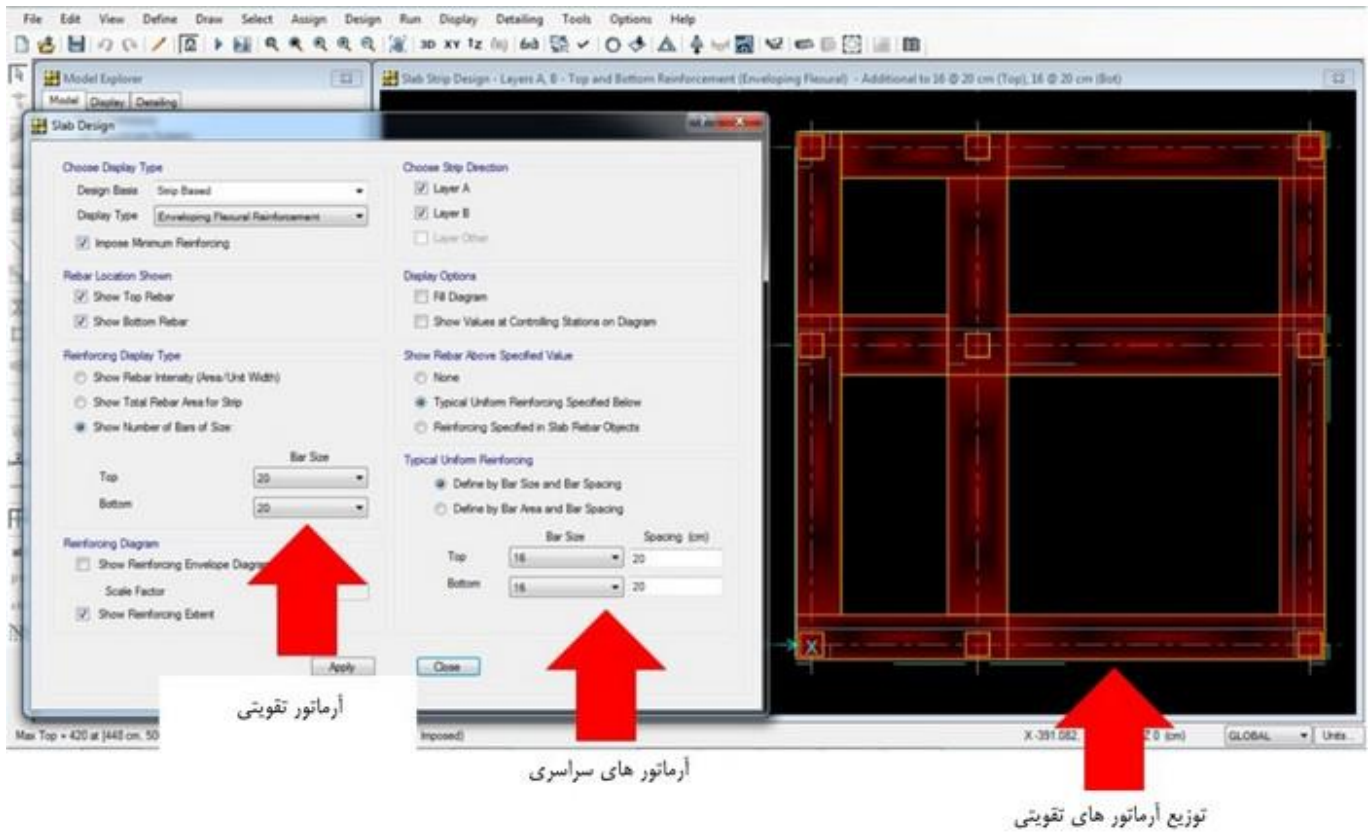
۹-۷-۶-۷ در دال‌های با دهانه‌ی کمتر از ۳ متر می‌توان از شبکه‌ی سیمی جوش شده که قطر آن کمتر از ۱۶ میلی متر بوده، و به صورت منحنی از نقطه‌های نزدیک به بالای دال در روی تکیه‌گاه تا نقطه‌ای نزدیک به پایین دال در وسط دهانه عبور می‌کند، استفاده شود. چنین شبکه‌ای باید به صورت ممتد از روی تکیه‌گاه گذشته و یا در تکیه‌گاه مهار شود.



شکل ۳۱ آرماتور گذاری فونداسیون نواری

### ۳.۳.۲ طراحی و نحوه محاسبه آرماتورهای مصرفی در شالوده‌های نواری

مراحل طراحی و مدل‌سازی این نوع از فونداسیون‌ها دقیقاً مشابه با مراحل مدل‌سازی فونداسیون گسترده در نرم‌افزار Safe می‌باشد با این تفاوت که در مرحله تعیین نوارهای مدل‌سازی، عرض این نوارها دقیقاً برابر بار عرض فونداسیون می‌باشد. همچنین در خصوص محل قطع عملی آرماتورهای مصرفی در پی، حداکثر فاصله مجاز آرماتورها به جهت کنترل ترک، رعایت حداقل آرماتورهای افت و حرارت و همچنین حداقل آرماتورهای برشی می‌بایست ضوابط ارائه شده برای دال‌های یک‌طرفه برای آن رعایت شود.



شکل ۳۲ جزئیات آرماتورهای تقویتی در فونداسیون نواری

## ۴.۲ پی مرکب

پی مرکب نیز بسته به عمق قرارگیری خود در زمین، ممکن است به عنوان یکی پی سطحی و یا نیمه عمیق شناخته شود و مطابق با مفاد بند ۹-۱۵-۱-۲-ب، بار دو یا چهارستون را، به زمین منتقل می نماید. مطابق با ضوابط همین، این نوع از شالوده های می توانند بسته به تعداد ستونی که بار آن ها را تحمل می کنند در گروه دال های با عملکرد یک طرفه و یا دوطرفه قرار گیرند و بر اساس ضوابط آن ها طراحی شوند.

ب- شالوده ی مرکب: به شالوده ای اطلاق می شود که بار دو ستون (عمل کرد یک طرفه) یا چهار ستون (عمل کرد دو طرفه) را به زمین منتقل می کند. شالوده ی مرکب می تواند در پلان به شکل مربع مستطیل، چند ضلعی منظم، دایره یا هر شکل غیر منظم باشد؛ و در مقطع نیز می تواند به شکل مربع مستطیل، ذوزنقه و یا پلکانی باشد. شالوده های منفردی که نزدیک به هم باشند، می توانند به یک دیگر پیوسته گردند تا به شالوده ی مرکب تبدیل شوند.

در این قسمت از مقاله با توجه به اینکه در قسمت های قبل با ضوابط طراحی انواع پی ها با عملکرد یک طرفه و دوطرفه آشنا شده ایم از بررسی مجدد این نوع از پی ها صرف نظر کرده ایم.



## ۵.۲ سایر پی‌ها و فونداسیون‌ها

مطابق با ضوابط بند ۹-۱۵-۱-۲ مبحث نهم مقررات ملی ساختمان یک سری دیگر از شالوده‌ها و پی‌ها سطحی وجود داشته که به صورت زیر تعریف می‌شوند.

**ث- تیر روی زمین:** به تیری اطلاق می‌شود که بار دیوار را به شالوده‌های منفرد یا سر شمع‌ها منتقل می‌نماید. در صورتی که دیوار از نوع بتن مسلح باشد، کل دیوار می‌تواند به عنوان تیر عمیق روی زمین باشد. این تیر متکی بر خاک فرض نمی‌شود.

**ج- تیر باسکولی:** به تیر با سختی نسبی زیادی اطلاق می‌شود که دو شالوده‌ی منفرد را که برآیند بارهای وارد بر یکی از آن‌ها دارای برون محوری زیاد نسبت به مرکز شالوده می‌باشد، به یک دیگر متصل می‌کند. این تیر متکی بر خاک فرض نمی‌شود.

**چ- کلاف رابط:** به عضوی اطلاق می‌شود که شالوده‌های سطحی جدا از هم را در یک سازه در دو امتداد ترجیحا عمود بر هم، متصل می‌کند؛ به طوری که مانع حرکت نسبی دو شالوده گردد.



شکل ۳۳ اتصال پی‌های منفرد توسط کلاف رابط

در خصوص طراحی این نوع از پی‌ها و شالوده می‌بایست مطابق با ضوابط بندهای ۹-۱۵-۳-۵ و ۹-۱۵-۳-۶ مبحث نهم مقررات ملی ساختمان اقدام شود.



### ۹-۱۵-۳-۵ تیرهای روی زمین و باسکولی

۹-۱۵-۳-۵-۱ طراحی تیرهای روی زمین و باسکولی باید مطابق فصل ۹-۱۱ باشد.

۹-۱۵-۳-۵-۲ اگر تیر روی زمین به صورت یک تیر عمیق (دیوار) باشد، طراحی باید مطابق بخش ۹-۱۱-۸ باشد.

۹-۱۵-۳-۵-۳ حداقل سیلگرد در تیرهای روی زمین و باسکولی باید مطابق بخش ۹-۱۳-۶ باشد.

### ۹-۱۵-۳-۶ کلافهای رابط شالودههای سطحی

۹-۱۵-۳-۶-۱ در سازههای یک طبقه که دارای دهانه‌ی بزرگ هستند، مانند سازههای ساختمانهای صنعتی، آشیانه‌ها و غیره که در آنها شالوده‌ها دارای عمق استقرار و پایداری کافی در برابر نیروهای جانبی هستند، از پیش بینی کلاف رابط در امتداد دهانه‌ی قاب می‌توان صرف نظر کرد. در این شالوده‌ها خاکریزی اطراف شالوده باید به روش مناسبی کوبیده و متراکم شود.

۹-۱۵-۳-۶-۲ کلافهای رابط بین شالودههای سطحی، باید برای نیروی کششی معادل ده درصد بزرگ‌ترین نیروی محوری نهایی وارد به ستون‌های دو طرف خود طراحی شوند.

۹-۱۵-۳-۶-۳ ابعاد مقطع کلافهای رابط باید متناسب با ابعاد شالوده‌ی سطحی، و حداقل ۲۵۰ میلی متر اختیار شوند.

۹-۱۵-۳-۶-۴ تعداد میلگردهای طولی کلافهای رابط باید حداقل چهار عدد، و قطر آنها حداقل ۱۲ میلی متر باشد. این میلگردها باید توسط میلگردهای عرضی به قطر حداقل ۶ میلی متر، و با فواصل حداکثر ۲۵۰ میلی متر از یک دیگر در نظر گرفته شوند.

۹-۱۵-۳-۶-۵ میلگردهای طولی کلافهای رابط باید در شالودههای سطحی میانی ممتد باشند، و در شالودههای سطحی کناری در بر خارجی ستون مهار شوند.

با توجه به اینکه این المان‌ها دارای ضوابط و شرایط بسیار محدودی می‌باشند به‌طور عمده طراحی این المان به‌صورت دستی صورت می‌پذیرد که در این مقاله از بررسی ضوابط آن صرف‌نظر شده است.

در این قسمت از مقاله ضوابط و الزامات مربوط به طراحی آرماتورهای انواع فونداسیون‌ها به اتمام رسید. در پایان به جهت آشنایی بیشتر علاقه‌مندان با ضوابط اجرایی آرماتور گذاری در فونداسیون‌ها، مطالعه ایبوک " اجرای فونداسیون؛ بررسی مراحل اجرای انواع پی با چک‌لیست " به علاقه‌مندان توصیه می‌شود.



## ۳ نتیجه گیری

۱. در مواردی که ضعف خاک بستر و یا شرایط بارگذاری به گونه‌ای باشد که احتمال نشست نامتقارن وجود داشته باشد، پی گسترده راه حل مناسبی است.
۲. در صورت وجود دیوار برشی در سازه، تعداد آرماتورهای تقویتی بسیار زیاد می‌شود. این امر در فرآیند اجرایی و بتن‌ریزی ما را دچار مشکل خواهد کرد؛ بنابراین توصیه می‌شود در چنین وضعیتی با افزایش شماره میلگرد سراسری و نزدیک کردن فاصله آن‌ها از تعداد آرماتورهای تقویتی کاسته شود.
۳. نرم‌افزار تعداد آرماتورهای تقویتی و طول مورد نیاز آن را به صورت خروجی در اختیار کاربر قرار می‌دهد. توجه داشته باشید که این طول تئوریک می‌باشد، لذا باید آن را به صورت طول عملی محاسبه نمود.
۴. گاهی ممکن است فضای کافی برای تأمین طول مهار مستقیم میلگرد وجود نداشته باشد. به طور مثال در کناره‌های پی چنین مشکلی وجود دارد. در چنین شرایطی به سراغ ایجاد قلاب در انتهای میلگرد می‌رویم. فرم رایج برای قلاب، عموماً ۹۰ درجه است.
۵. در ساعات اولیه گیرش تمایل بتن به انبساط و سپس انقباض باعث ایجاد ترک‌های عریض در بتن خواهد شد. این مسئله نیاز به آرماتورهایی را نشان می‌دهد که با بتن درگیر شده و از انبساط و انقباض بیش از حد جلوگیری نمایند. این آرماتورها را در اصطلاح آرماتورهای حرارتی گوییم.
۶. اصولاً ضخامت پی در بین طراحان کشورمان به گونه‌ای انتخاب می‌شود تا نیازی به آرماتور برشی وجود نداشته باشد. به عبارت دیگر کل نیروی برشی توسط بتن پی تحمل گردد. در این حالت حتی آیین‌نامه هم هیچ الزامی مبنی بر استفاده از آرماتور برشی حداقل ندارد.
۷. در سازه‌هایی همچون سوله‌های صنعتی که فاصله ستون‌ها در یک جهت از یکدیگر زیاد است کاربرد پی‌های نواری و گسترده اقتصادی نخواهد بود. در چنین مواردی از پی‌های منفرد در زیر هر ستون یا پی‌های مرکب در جهتی که ستون‌ها به هم نزدیک هستند استفاده می‌شود.

## منابع

۱. Seismic design of reinforced concrete mat foundation.
۲. [\(Building Code Requirements for Structural Concrete \(ACI 318-14\)](#)
۳. [مبحث نهم مقررات ملی ساختمان ایران، ویرایش ۱۳۹۹](#)
۴. [مبحث هفتم مقررات ملی ساختمان ایران، ویرایش ۱۳۹۲](#)

کلیه حقوق مادی و معنوی این اثر برای شرکت مهندسی سبز سازه محفوظ می‌باشد و هرگونه کپی برداری، تقلید یا باز نشر غیر قانونی بوده و تحت پیگرد قانونی قرار خواهد گرفت.





## دوره تخصصی طراحی سازه سبزسازه (ویژه بازار کار)

تور طراحی سازه شبیه سازی یک دوره ۳ ساله هست که در مدت ۱۲ ماه به شیوه نوین پروژه آزمونی، جزئی ترین نکات تخصصی طراحی سازه را یاد می گیرید. در این دوره شما تنها با فیلم، آموزش نمی بینید. چون فیلم همه جا یافت می شود!

- ✓ بیش از ۱۲۰ ساعت فیلم آموزش مفهومی طراحی سازه های مسکونی، اداری و صنعتی به همراه مثال های کاربردی و واقعی بازار کار
- ✓ انجام سه پروژه تمرینی برای سنجش تسلط به طراحی انواع سازه متداول
- ✓ آزمون، پروژه نهایی و دفاع از پروژه در مقابل کنترلر نظام مهندسی
- ✓ مشاوره تخصصی و پشتیبانی علمی در گروه تلگرامی به مدت ۱۲ ماه
- ✓ اعطای گواهینامه سبزسازه پس از قبولی در آزمون نهایی با امضای کنترلر نظام مهندسی
- ✓ ۱۲ ساعت آموزش ارزش آفرینی برای رسیدن به ارزش درآمدی مدنظرتان
- ✓ آموزش های پیشرفته طراحی سازه (طراحی شمع و ریزشمع، دیوار حائل، رمپ سازه ای، بیمارستان، وال پست و ...)

سه فاکتور مهم تبدیل شدن به یک طراح خیره

داشتن درک درستی از اجرا

توانایی ارائه طراحی بهینه

تسلط همه جانبه و دید مهندسی

ما شما را برای کسب این سه مهارت آماده خواهیم کرد.