اجرای ساختمان ها و سازه های بتنی

اجرای ساختمان ها و سازه های بتنی، صرفنظر از کارهای اصلی عمومی، نظیر تأمین راه دسترسی، پیاده کردن محورها و نشانه گذاری آنها، گودبرداری و پی کنی، مشتمل بر اعمال اصلی زیر است:

۱- آرماتوربندی ۲ - قالب بندی ۳ - بتن ریزی ۴ - عمل آوردن بتن ۵ - قالب برداری ۶- ترمیم و بهسازی قسمت های معیوب احتمالی در صورت لزوم

مراحل آرماتوربندی:

۱- تهیه میلگردهای آرماتور

۲- حمل آنها به کارگاه

۳- تحویل گرفتن، کنترل کمی و کیفی و انبار کردن میلگردها در وضعی مناسب به نحوی که بتوان به سادگی میلگردهای مورد نظر را شناسایی کرد و از انبار برداشت.

۴- برداشتن میلگردهای مورد نیاز از انبار، آماده کردن و برش آنها به طول لازم

۵- شکل دادن میلگردهای بریده شده

۶- تمیز کردن میلگردهای بریده و شکل داده شده

۷- بهم بستن میلگردهای شکل داده شده بسته به مورد، با مفتول آرماتوربندی یا جوش

۸- نصب آرماتور آماده شده

جزئیات آرماتوربندی:

چنانچه میلگردها دارای دمایی کمتر از پنج درجه سلسیوس باشد، باید از خم کردن آن ها جلوگیری شود.

باز و بسته کردن خمها برای اینکه میلگردها، شکلی مجدد به خود بگیرند، مجاز نمی باشد

از آغشته شدن میلگردها به مواد آلوده از قبیل گل، روغن و سایر پوشش های غیر فلزی جلوگیری شود.

آرماتوربندی فونداسیون گسترده

آرماتوربندی فونداسیون نواری

آرماتوربندی تیر بتنی

آرماتوربندی ستون بتنی

باید از قرار گرفتن میلگردها در معرض خوردگی، که موجب گردد تا در سطح مقطع آنها کاهشی رخ دهد، جلوگیری شود.

میلگردهایی که رنگ روی آنها پوسته شده باشد را در صورتی میتوان در بتن استفاده نمود که پس از تمیز کردن رنگ سطح رویه آنها، دارای مشخصات استاندارد آزمایش مقاومت میلگردها باشند .در هر حال بکار بردن میلگردهای یاد شده منوط به تمیز کردن آنها در حدّ حذف پوسته زنگ می باشد.

در صورتی می توان برای به هم بستن میلگردهای متقاطع از جوشکاری با قوس الکتریکی استفاده نمود که جنس آنها از فولادهای جوش پذیر بوده و از نظر دستگاه نظارت مجاز باشد .جوش نباید موجب شود تا از سطح مقطع میلگرد کاسته شده و یا در آن زدگی بوجود آید.

قلاب های استاندارد :برای افزایش چسبندگی بین میلگردها و بتن باید در انتهای میلگردهای فولادی قلاب ایجاد کرد.

حداقل اندازهٔ قلاب های استاندارد در حالت های متفاوت اجرایی:

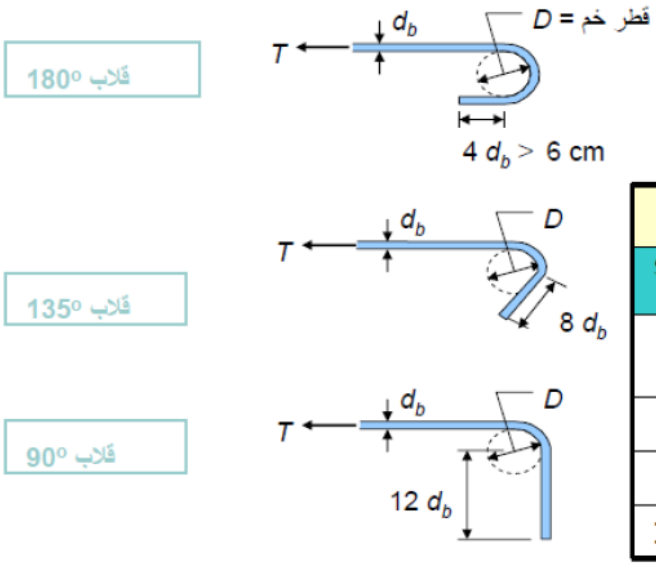
الف میلگردهای اصلی:

۱– خم ۱۸۰ درجه(نیم دایره) به اضافهٔ طول مستقیم(حداقل) - مشروط بر این که طول مستقیم از 6 cm کمتر نباشد.

۲- خم ۱۳۵ درجه (چنگک) به اضافهٔ طول مستقیم(حداقل) - در انتهای آزاد میلگرد

۳- خم ۹۰ درجه(گونیا) به اضافه طول مستقیم(حداقل) - در انتهای آزاد میلگرد

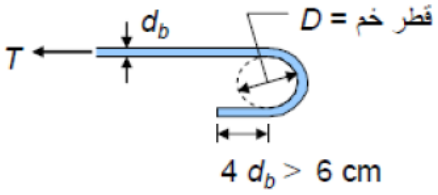
الف) قلاب استاندارد میلگرد اصلی

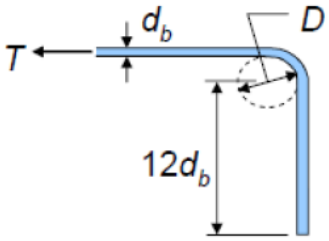


حداقل قطر خم

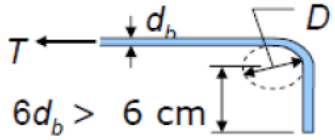
قطر میلگرد	نوع فولاد		
	S220	S300	S400-S500
Φ ≤16	$2.5d_b$	$4d_b$	$4d_b$
16<Φ<28	$5d_b$	$5d_b$	$6d_b$
28≤Φ<36	$5d_b$	$6d_b$	$8d_b$
36≤Φ≤55	$7d_b$	$10d_b$	$10d_b$

ب) قلاب استاندارد خاموت

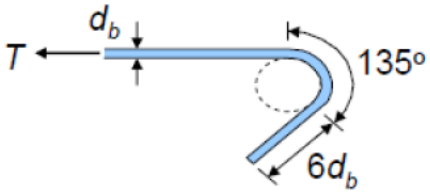




برای میلگرد بزرگتر از قطر ۱۶



برای میلگرد کوچکتر از قطر ۱۶



وصله کردن میلگردها : گاهی لازم است میلگردهای مصرفی در بتن، به علت محدودیت طولی به یکدیگر وصله شوند و در اکثر مواقع لازم است که نیرو از یک میلگرد به میلگرد دیگر انتقال یابد.

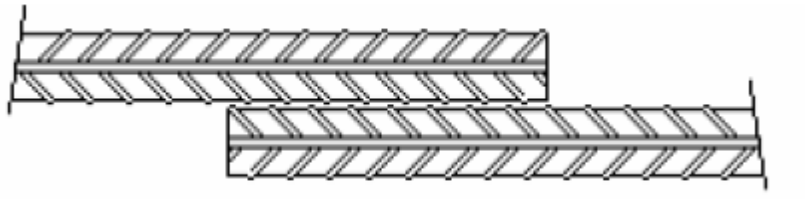
۱- محل های اتصال میلگردها تا آن جا که ممکن است پراکنده باشند، یعنی میلگردهای مجاور در یک راستا وصله نشوند.

۲- وصله ها در صورت امکان دور از نقاط کشش حداکثر واقع شوند.

۳- میلگردهای ساده، در محل اتصال، قلاب انتهایی داشته باشند.

حداقل طول وصله میلگرد فشاری(پوششی) $20\emptyset + 15\ cm$

حداقل طول وصله میلگرد کششی $25\emptyset + 15\ cm$



۲ - قالب بندی

۱- تدارک مصالح قالب و داربست(اعم از چوب، فولاد، فراورده های چوبی، آزبستی یا بتنی، مواد پتروشیمی و...)

۲- حمل آنها به کارگاه

۳- تحویل گرفتن، کنترل کمی و کیفی و انبار کردن مصالح در کارگاه-

۴- ساختن قالب و آماده کردن قالب

۵- نظافت و بهسازی قالبهای کارکرده

۶- انبار کردن قالبهای آماده

۷- زدن داربست

۸- کاربرد قالب

۳ - بتن ریزی:

۱- جستجوی معدن مناسب شن و ماسه

۲- راه اندازی معدن و تولید شن و ماسه

۳- حمل مصالح تولید شده به کارگاه

۴- تحویل گرفتن و کنترل کمی و کیفی مصالح و انبار کردن آنها در شرایط مناسب در کارگاه به نحوی که بتوان به دلخواه از مصالح با دانه بندی های مختلف برداشت نمود.

۵- تهیه سیمان و حمل آن به کارگاه

۶- تحویل گرفتن، کنترل کمی و کیفی و انبار کردن سیمان در کارگاه در شرایط مناسب

۷- تأمین آب و ایجاد مخزن مناسب برای ذخیره کردن آن به مقدار کافی در کارگاه

۸- تدارک، حمل و انبار کردن مواد افزونی در کارگاه

۹- تعیین نسبت های اختلاط برای دستیابی به بتن مورد نظر

۱۰- برداشت مصالح مطابق نسبت های تعیین شده و اختلاط آنها به نحو مطلوب

۱۱- حمل بتن در شرایط مناسب بطوریکه مشخصه های مورد نظر آن کاهش نیابد.
۱۲- ریختن بتن به نحوی که لطمه ای به کیفیات مورد نظر آن وارد نشود.
۱۳- جا دادن و متراکم کردن بتن
۱۴- پرداخت سطح بتن در صورت لزوم
۱۵- کنترل کیفیت بتن در طراحان مختلف

۴ – عمل آوردن بتن:

۱- تدارک وسایل مراقبت بتن و حمل و انبار کردن آنها در کارگاه
۲- مراقبت بتن پس از اتمام بتن ریزی

۳- مواظبت بتن در مقابل عوامل خارجی مانند گرما، سرما، بارندگی، لرزش
۴- پروراندن بتن و هر آنچه بتواند روند گرفتن بتن در شرایط مناسب و رسیدن آن به مشخصات مطلوب را مختل کند

.

۵ – قالب برداری:

کنترل و حصول اطمینان از آماده بودن شرایط برای قالب برداری
جدا کردن قالب ها از سطوح بتنی به آرامی، بدون ضربه و بدون لطمه وارد آوردن به سطوح
برداشتن قالب
حمل قطعات قالب به انبار قطعات کارکرده به منظور آماده سازی برای مصرف مجدد

۶ – ترمیم و بهسازی قسمت های معیوب:

بطور اصولی اجرا باید چنان صورت پذیرد که قطعات بتن ریزی شده عاری از عیب باشند ولی اتفاق می افتد که به دلایل مختلف نقایصی در کار پدیدار میشوند .بهترین موقع رفع این نقائص بلافاصله بعد از برداشتن قالب است.

ویژگی های بتن مرغوب:

۱-کارآیی ۲- مقاومت ۳- پایایی

کارآيي بتن :به بتنی کارا می گویند که در ۵ مرحله :ساخت، حمل، جا دادن، تراکم و پرداخت با کلیه ضوابط مربوطه، اولاً از نظر اجرایی مشکلی ایجاد نکرده و کار با آن به راحتی و با صرف انرژی معقول انجام گیرد .ثانیاً بتن یکپارچگی و یکنواختی خود را از دست ندهد، یعنی اجزاء آن از هم جدا نشود.

به دو صورت ممکن است جدا شدگی در بتن رخ دهد:

الف)جداشدگی مصالح از خمیر سیمان Segregation یعنی جدا شدن مصالح ریزدانه، درشت دانه و خمیر سیمان از یکدیگر در این حالت بتن مقاومت لازم را ندارد و پر از حباب هوا و حفره است.

ب)آب زدگی bleeding در این حالت دو غالب سیمان از سنگ دانه جدا شده و روی بتن قرار می گیرد. اگر دو غالب سیمان که روی بتن ظاهر می شود، بدون سیمان باشد، یعنی بصورت آب زلال باشد، در صورت تبخیر یا جمع کردن آن، مقاومت بتن افزایش می یابد زیرا نسبت آب به سیمان مخلوط کم تر میشود.

تراکم بتن تازه :تراکم یعنی به حرکت درآوردن ذرات بتن، کم کردن اصطکاک بین انها و خارج کردن حباب هوا از بتن، مکانیزمی که برای تراکم بتن بکار می رود ارتعاش است .هدف از متراکم کردن بتن و خارج کردن حباب های هوا، آن است که بتن توپری بدست آید تا در نتیجه آن بتن از مقاومت بهتری برخوردار شود و در مقابل عوامل مخرب محیطی از خود دوام بهتری نشان دهد.

انواع ویبره ۱- ویبره دستی ۲ - ویبره لرزاننده قالب ۳ - ویبره میزی

مراقبت از بتن(عمل آوري) مسأله ای که باید در عمل آوری بتن مورد توجه قرار گیرد:

۱- رطوبت کافی

۲- درجه حرارت مناسب

حداقل زمان مراقبت از بتن عادی ۷ روز است.

مقاومت بتن

معیار سنجش مقاومت بتن، مقاومت فشاری ۲۸ روزه نمونه آزمایشگاهی است.

مقاومت بتن به عوامل زیر بستگی دارد:

۱- کیفیت دانه ها :هر چه دانه ها کیفیت بهتری داشته باشند، مقاومت بتن بالاتر می رود.

۲- میزان دانه ها :هر چه دانه های بیشتری در بتن مصرف شود، بتن توپر و مقاوم تر خواهد بود.

۳- مقدار سیمان :هر چه مقدار سیمان در بتن بیشتر باشد(تا یک حد مشخص)مقاومت بالاتری دارد .مقدار سیمان باید در حدی باشد که چسبندگی کافی بین دانه ها برقرار نماید .اگر سیمان اضافی مصرف شود گاهی منجر به کاهش مقاومت است.

۴- نسبت آب به سیمان :هر چه نسبت آب به سیمان کمتر در نظر گرفته شود بتن مقاومت بالاتری دارد.

پایایی بتن :دوام و پایداری بتن در برابر عوامل خورنده ی خارجی در طول عمر مفید بتن را پایایی گویند.

عوامل تقلیل دهنده پایایی بتن:

۱-انواع سایش ها(عامل مکانیکی)

۲-انواع یخ زدن ها(عامل فیزیکی)

۳-انواع خوردگی ها اعم از میلگرد و بتن(عامل شیمیایی)

اختلاط بتن

* ساخت بتن با دست به هیچ وجه مجاز نیست. لازم است بتن با ماشین ساخته شود. برای تولید بتن با کیفیت یکنواخت و رضایت بخش باید مواد تشکیل دهندهٔ آن را به طور کامل مخلوط کرد به طوریکه ظاهر بتن یکنواخت باشد و همهٔ مصالح آن به صورت همگن پخش شوند. زمان لازم برای اختلاط به عوامل متعدد از قبیل اندازهٔ پیمانه ، روانی مخلوط ، اندازه و دانه بندی سنگدانه ها و یا بازدهی مخلوط کن بستگی دارد. از اختلاط بسیار طولانی باید خودداری کرد زیرا ممکن است سنگدانه ها سائیده شود.

* در کارگاه برای ساختن بتن از بتونیرهای با ظرفیت های مختلف از 100 تا 800 لیتر استفاده می شود. بتونیرها دارای منبعی به شکل دو مخروط ناقص که از قاعده به همدیگر متصل شده اند ، می باشند. در داخل منبع ، تیغه های فولادی نصب شده که باعث اختلاط مناسب بتن درون آن می شود. منبع فوق و تیغه های داخل آن از فولاد ضد سایش می باشد. زمان اختلاط بتن پس از اضافه کردن آخرین جزء بتن بین 5/1 تا 3 دقیقه است.

** بتن آماده به دو صورت ساخته می شود :

الف- بتن در یک کارگاه مرکزی ساخته شده و سپس توسط کامیون های بهم زن به محل کار حمل می شود. مانع گردنده ، مانع تشکیل کریستال های لازم برای سخت شدن بتن می شود. سرعت بهم زدن بین 2 تا 6 دور در دقیقه است.

ب- مصالح در کارگاه مرکزی پیمانه شده و عمل اختلاط از ابتدا تا انتها در کامیون مخصوص صورت می گیرد. سرعت مخلوط کردن بین 4 تا 16 دور در دقیقه است.

۳-۲ آرماتوربندی

اندازه و خم میلگردها و همچنین مقاومت کششی آنها باید مطابق با نقشه‌های سازه‌ای و اجرایی باشد. هرگونه تخطی از ابعاد می‌تواند اثر نامطلوب در مقاومت و رفتار سازه داشته باشد. به طور کلی، در هنگام آرماتوربندی اعضاء سازه باید به موارد به شرح زیر توجه خاص مبذول شود [۱-۳]:

- طول میلگردها قبل و پس از خم کردن
- سیم مفتول برای بستن میلگردها
- پوشش بتنی بر روی میلگردها
- فاصله دهنده‌ها برای نگهداری آرماتور در قالب

سیم مفتول[1]

طول میلگردها قبل و پس از خم کردن در بخش بعدی شرح داده شده است. وظیفه سیم مفتول‌ها بستن میلگردها در محل تقاطع آنها است تا یک قاب محکم ایجاد شود. بنابراین قبل و بعد از بتن‌ریزی امکان جابجایی میلگردها وجود نداشته باشد. پس از بستن سیم مفتول‌ها باید انتهای آنها (در صورت اضافه بودن) بریده شوند تا با قالب تماس نداشته باشند، زیرا احتمال دارد که نقاط انتهایی سیم‌ها پس از بتن‌ریزی و قالب‌برداری منجر به زنگ زدگی شود.

پوشش بتنی[۲]

برای حفاظت آرماتور از خوردگی و حصول اطمینان از عملکرد ترکیبی فولاد و بتن، میلگرد ها در حداقل فاصله معین از سطح بتن قرار داده می‌شود. این فاصله به پوشش بتنی موسوم است. حداقل پوشش بتنی باید طبق آیین‌نامه‌ها، مقررات ملی ساختمان و نقشه سازه‌ای و اجرایی اعمال شود. معمولاً حداقل پوشش بتنی تابع شرایط محیطی و اقلیمی است که سازه در معرض آن قرار می‌گیرد. برای مثال هرچه احتمال نفوذ عناصر زیان‌آور مانند کلریدها بیشتر باشد، ضخامت پوشش بتنی نیز افزایش می‌یابد. از طرف دیگر با افزایش ضخامت پوشش بتنی، خطر آتش‌سوزی و رسیدن حرارت به آرماتور کاهش می‌یابد.

فاصله دهنده‌ها[۳]

برای آن که فاصله آرماتور از قالب حفظ شود و در هنگام بتن‌ریزی و احتمال جابجایی در آرماتور وجود نداشته باشد، از قطعات پلاستیکی استفاده می‌شود. این قطعات به شکل‌ها و ابعاد مختلف موجودند و بر اساس نیاز، می‌توان آنها را انتخاب کرد. در گذشته از قطعات سنگ به این منظور استفاده می‌شد، اما حرکت این سنگ‌ها در بسیاری موارد سبب جابجایی آرماتور می‌شد، از طرف دیگر تأمین ابعاد دقیق فاصله‌ها طبق نقشه‌ها توسط سنگ‌ها امکان‌پذیر نبود.

۳-۳ بتن‌ریزی یا جاگذاری بتن

قبل از آن که بتن‌ریزی انجام شود، باید تمهیدات ضروری قبل از بتن‌ریزی اعمال گردد. مواردی که باید مورد بازرسی قرار بگیرند به شرح زیر است:

- خصوصیات و خواص مصالح
- طرح مخلوط بتن
- قالب‌ها
- آرماتوربندی
- ابزار و تجهیزات ساخت و انتقال بتن

بهتر است که برای هر یک از موارد، چک فهرست تهیه شود تا بازرسی آسان‌تر انجام شود. نمونه‌هایی از چک فهرست در جداول ۳-۳، ۳-۴ و ۳-۵ برای قالب‌ها، آرماتوربندی و ساخت و انتقال بتن ارائه شده‌اند [۴]. باید توجه داشت که این چک فهرست‌ها جنبه راهنمایی دارند و برای هر پروژه باید چک فهرست جداگانه‌ای تهیه شود.

قبل از بتن‌ریزی، باید خصوصیات و خواص مصالح مصرفی مورد بررسی و آزمایش قرار گرفته باشند و نتایج آزمایش‌ها با مشخصات فنی خصوصی و مقررات ملی ساختمان تطابق داشته باشند. برای مثال مقادیر ترکیبات سیمان و آزمایش مقاومت فشاری باید به طور کامل بررسی شوند. وجود مواد زیان‌آور مانند رس و شیل، کلریدها و سولفات‌ها در سنگدانه‌ها آزمایش شده باشند. طرح مخلوط باید بر اساس مقاومت مشخصه و انحراف معیار مناسب با شرایط کارگاه و نتایج گذشته انجام شود و تمام ضوابط ذکر شده در مبحث نهم مقررات ملی ساختمان در خصوص محاسبه مقاومت فشاری متوسط لازم رعایت شوند.

جدول ۳-۳: چک فهرست قالب‌بندی [٤]

ردیف	موضوع	چک	
		بله	خیر
۱	آیا محاسبه ورق پوشش، ابعاد اعضای مختلف مانند کمرکش‌ها طبق محاسبه و نقشه‌ها می‌باشند؟		
۲	آیا محل درزهای ساخت، انقباضی و انبساطی (در صورت نیاز) در قالب تعبیه و پیش‌بینی شده‌اند؟		
۳	آیا درزهای قالب کاملاً آب‌بندی شده‌اند؟		
۴	آیا روغن‌کاری مطلوب ۲ ساعت قبل از بتن‌ریزی اعمال شده است؟		
۵	آیا ابعاد داخل قالب طبق نقشه‌ها اجرا شده است؟		
۶	آیا قالب کاملاً محکم در محل خود نصب شده است؟		
۷	آیا نگه‌دارنده آب (در صورت نیاز) در محل مورد نظر نصب شده است؟		
۸	آیا درون قالب‌ها کاملاً تمیز است و مواد زائد مانند برگ درختان استخراج شده‌اند؟		
۹	آیا قالب‌ها کاملاً تراز هستند؟		
۱۰	آیا شمع‌ها طبق ابعاد محاسبه شده می‌باشند و در فاصله مورد نظر قرار دارند؟		

جدول ۳-٤: چک فهرست آرماتور [٤]

ردیف	موضوع	چک	
		بله	خیر
۱	آیا اندازه و مقاومت میلگردها صحیح است و آزمایش‌ها انجام شده‌اند؟		
۲	آیا شرایط سطح آرماتور مطلوب است و آلودگی مشاهده نمی‌شود؟		
۳	آیا شرایط زنگ آرماتور مطابق با وضعیت مطلوب است؟		
۴	آیا خم میلگردها صحیح است و در محل صحیح نصب شده‌اند؟		
۵	آیا طول آرماتور صحیح است؟		
۶	آیا فاصله خاموت‌ها صحیح است؟		
۷	آیا میلگردها در محل خود محکم نصب شده‌اند؟		
۸	آیا از فاصله دهنده‌های استاندارد استفاده شده است؟		
۹	آیا طول مهار (طول روی هم قرار گرفتن دو میلگرد) صحیح است؟		
۱۰	آیا ضخامت پوشش روی میلگردها طبق مشخصات فنی است؟		

جدول ۳-۵: چک فهرست بتن‌ریزی [٤]

ردیف	موضوع	چک	
		بله	خیر
۱	آیا آرماتوربندی، قالب‌بندی مورد بررسی قرار گرفته‌اند و مورد تأیید می‌باشند؟		
۲	آیا دانه‌بندی سنگدانه‌ها مورد تأیید است؟		
۳	آیا نیروی انسانی به تعداد کافی در کارگاه هستند؟		
۴	آیا شرایط مخلوط‌کن مورد بررسی قرار گرفته است و مورد تأیید می‌باشد؟		
۵	آیا وسایل و تجهیزات انتقال و بتن‌ریزی مانند شوت، ویبراتور و فرغون آماده به کار هستند؟		
۶	آیا تمهیدات کافی برای بتن‌ریزی در لایه‌های ۳۰۰ تا ۴۵۰ میلیمتر پیش‌بینی شده است (مانند حجم ساخت و انتقال بتن)؟		
۷	آیا وسایل نمونه‌برداری مانند قالب‌ها و آزمایش اسلامپ آماده می‌باشند؟		
۸	آیا گروه کار برای عملیات پرداخت توجیه شده‌اند و با نحوه کار آشنا می‌باشند (مانند توقف کار در هنگام آب‌انداختگی)؟		
۹	آیا مراحل عملیات پرداخت مشخص شده است (برای مثال تعداد مراحل ماله‌کشی برای پرداخت نهایی)؟		
۱۰	آیا وسایل و ابزار برای تعبیه درزها مهیا می‌باشند؟		
۱۱	آیا وسایل عمل‌آوری آماده برای استفاده می‌باشند؟		

۳-۳-۱ ضوابط بتن‌ریزی

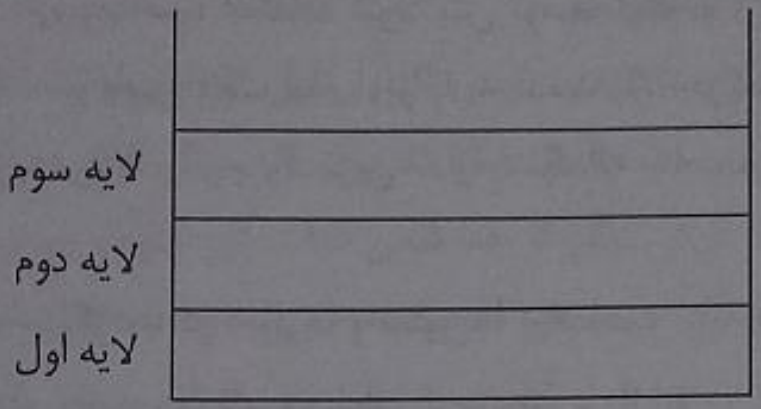
بتن‌ریزی مانند دیگر مراحل ساخت نیاز به رعایت مواردی دارد که مقاومت و دوام بتن را تضمین کند. در هنگام بتن‌ریزی، رعایت موارد زیر ضروری است [۵و۶] (شکل ۳-۵):

- بتن باید تا حد امکان نزدیک به محل نهایی ریخته شود. به عبارت دیگر نباید بتن را فقط در یک محل تخلیه کرد و سپس با ابزار یا ویبره آن را حرکت داد و به نقاط دیگر منتقل کرد، زیرا سبب جدا شدن ذرات می‌شود.

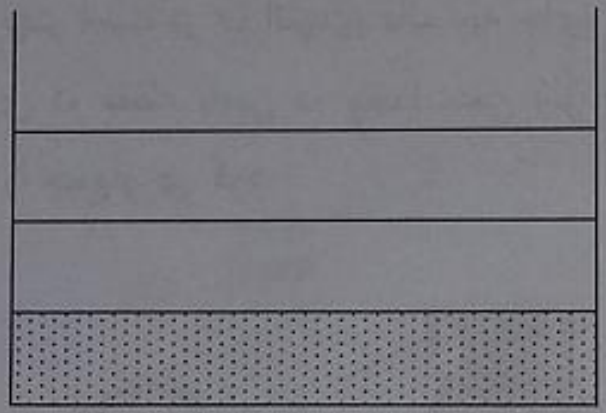
- بتن باید در لایه‌های افقی با ضخامت‌های مساوی ریخته شود و هر لایه باید به صورت صحیح متراکم شود. ضخامت لایه‌ها تابع عوامل متعددی مانند کارآیی، فاصله میلگردها، اندازه و شکل مقطع و روش تراکم است. معمولاً ضخامت لایه‌ها ۲۰۰ تا ۴۰۰ میلیمتر مناسب است.

- بتن‌ریزی به نحوی انجام شود که بتن تمام نقاط و اطراف میلگرد را پر کند.

- در هنگام انتقال بتن از کامیون حمل بتن به محل مورد نظر باید از ناوه شیب دار[1] استفاده شود. در موارد دیگر مانند اختلاف ارتفاع از محل بتن‌ریزی و محل مورد نظر نیز می‌توان از ناوه شیب‌دار استفاده کرد. ناوه باید از جنس فلزی و گردگوشه باشد.



لایه های افقی بتن‌ریزی



پخش بتن در تمام نقاط قالب

شکل ۳-۵: روش صحیح بتن‌ریزی

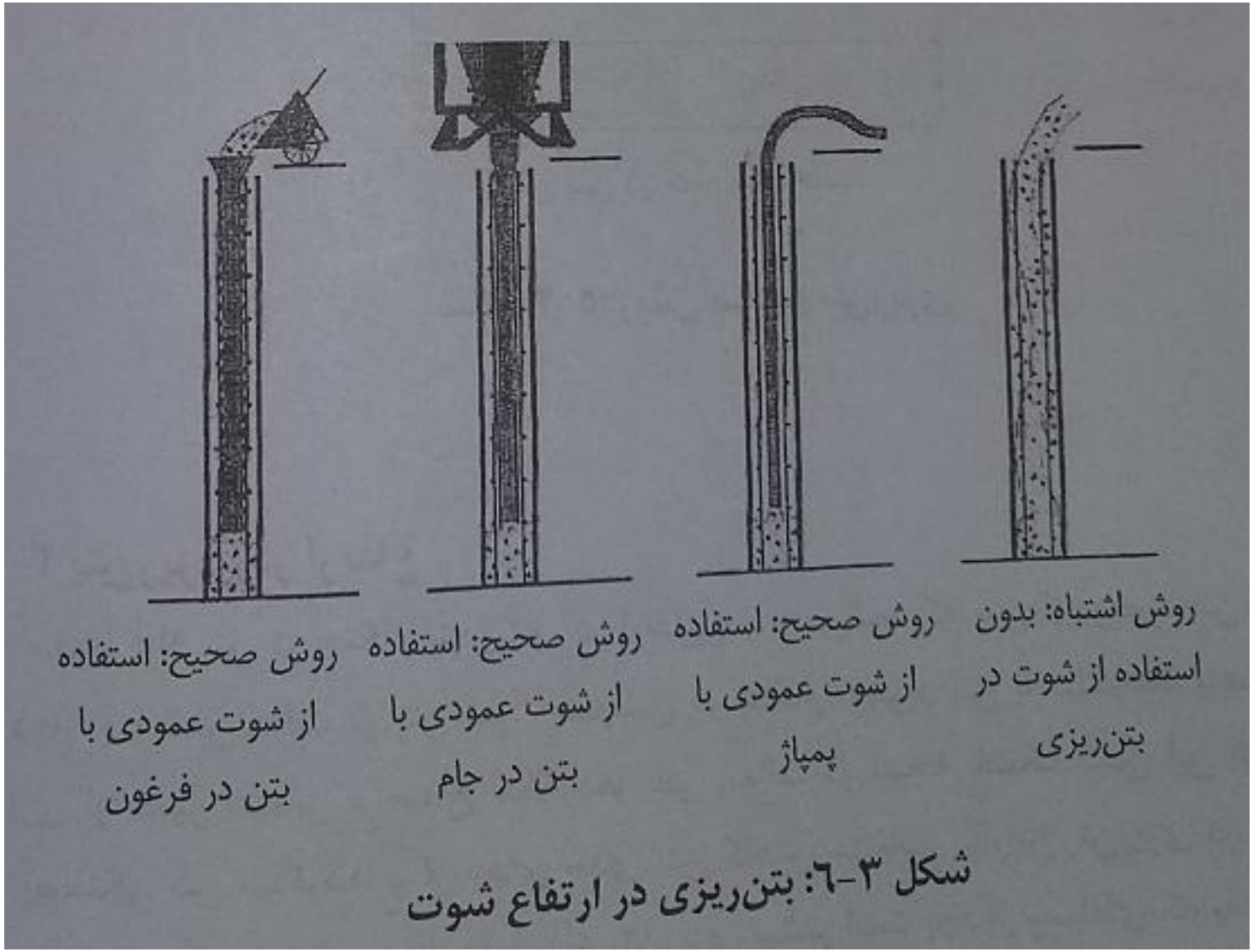
۳-۳-۲ بتن‌ریزی در ارتفاع

سقوط آزاد بتن در هنگام بتن‌ریزی در ارتفاع سبب می‌شود که پس از برخورد بتن با قالب و آرماتور دچار جدا شدن ذرات در بتن شود. همچنین در هنگام برخورد بتن با میلگردها، باعث می‌شود که مقداری از خمیر سیمان بر سطح میلگردها باقی بماند. در نتیجه خشک شدن این اندود خمیر سیمان، پیوستگی بین میلگردها و لایه‌های بعدی بتن کاهش می‌یابد. بنابراین بتن‌ریزی در ارتفاع باید به ۰/۹ تا ۱/۵ متر محدود شود. چنانچه ارتفاع بتن‌ریزی بیشتر است باید از وسیله‌ای که به شکل لوله

است و به لوله آویز[1] مرسوم است استفاده شود. بتن توسط لوله آویز به پایین قالب هدایت می‌کند و می‌توان با پرشدن قالب در پایین قالب لوله آویز را به سمت بالا حرکت داد تا بتن در تمام ارتفاع قالب پر شود. قطر لوله آویز حدود ۸ برابر بزرگ‌ترین اندازه سنگدانه مناسب است (شکل ۳-۶).

در بعضی موارد، مقدار میلگردها در دیوارها و ستون‌ها زیاد است و به دلیل این تراکم امکان قرار دادن لوله آویز وجود ندارد. در چنین مواردی می‌توان از دریچه یا بازشو در ارتفاع‌های مناسب در قالب تعبیه کرد. سپس بتن‌ریزی از طریق این بازشوها در داخل قالب انجام شود.

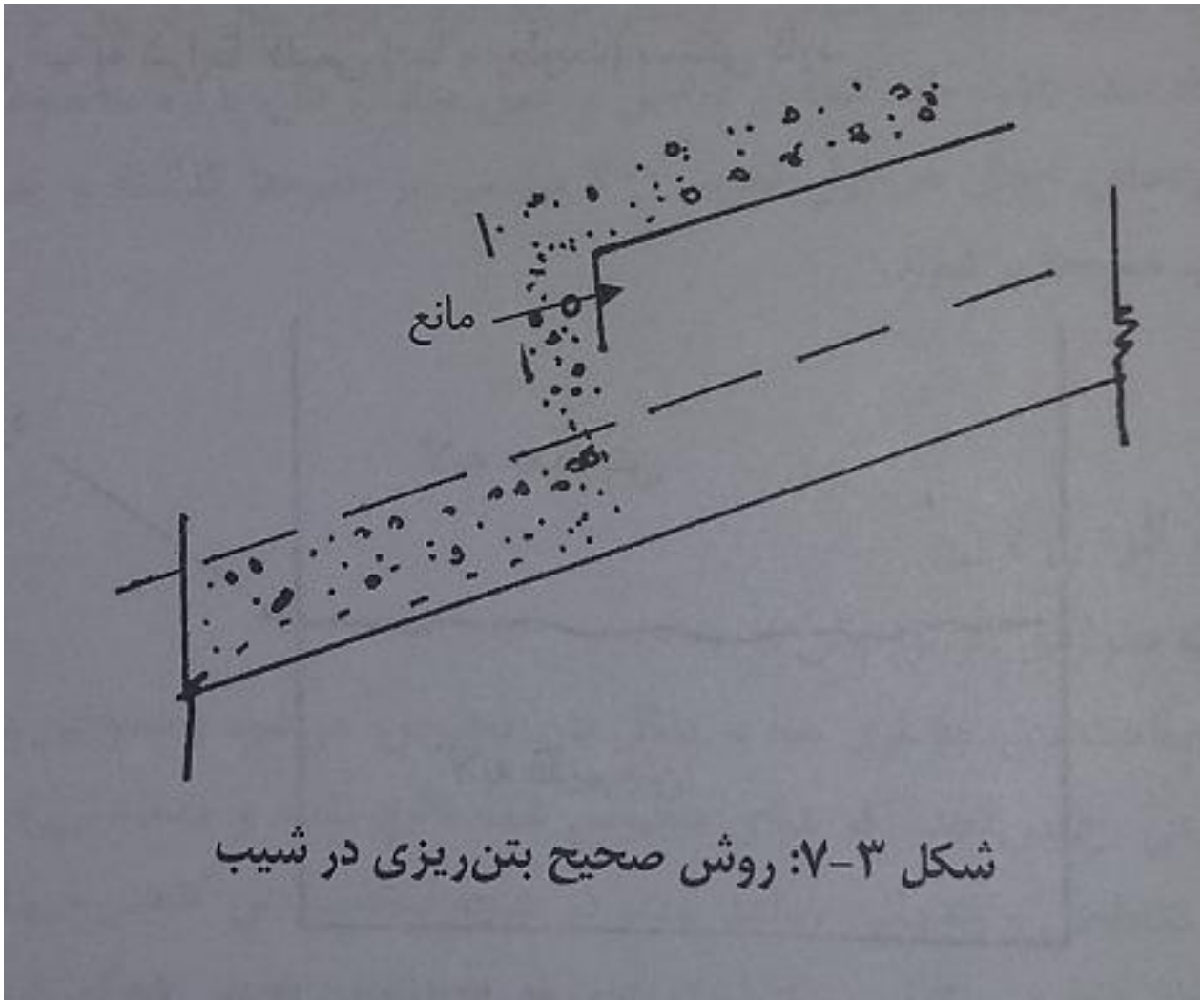
در هنگام بتن‌ریزی در دیوارها، بهتر است در دو انتهای قالب به جای مرکز آن بتن‌ریزی انجام شود. با این تمهید، آب ناشی از آب‌آوری در نقطه پایین در وسط جمع شود و پس از رسیدن بتن به بالای قالب، به آسانی می‌توان آن آب را جمع‌آوری کرد.



شکل ۳-۶: بتن‌ریزی در ارتفاع شوت

۳-۳-۳ بتن‌ریزی بر سطوح شیب‌دار

در هنگام بتن‌ریزی بر سطوح شیب‌دار، باید جاگذاری بتن از پایین شیب آغاز شود و سپس به سمت بالای شیب ادامه یابد. این توصیه به دو دلیل ضروری است. از طرفی تراکم بتن توسط وزن بتن‌های جدید افزایش می‌یابد و از طرف دیگر از جدا شدن ذرات بتن جلوگیری می‌شود (شکل ۳-۷). بتن‌ریزی باید به صورت عمودی جاگذاری شود و از صفحه سُر یا شوت استفاده شود. اگر شیب بیشتر از ۱۰° است، باید از قالب برای بتن‌ریزی بهره گرفت. به طور کلی، اسلامپ بتن باید در حدی باشد که مخلوط حرکت جانبی شدید نداشته باشد.



شکل ۳-۷: روش صحیح بتن‌ریزی در شیب

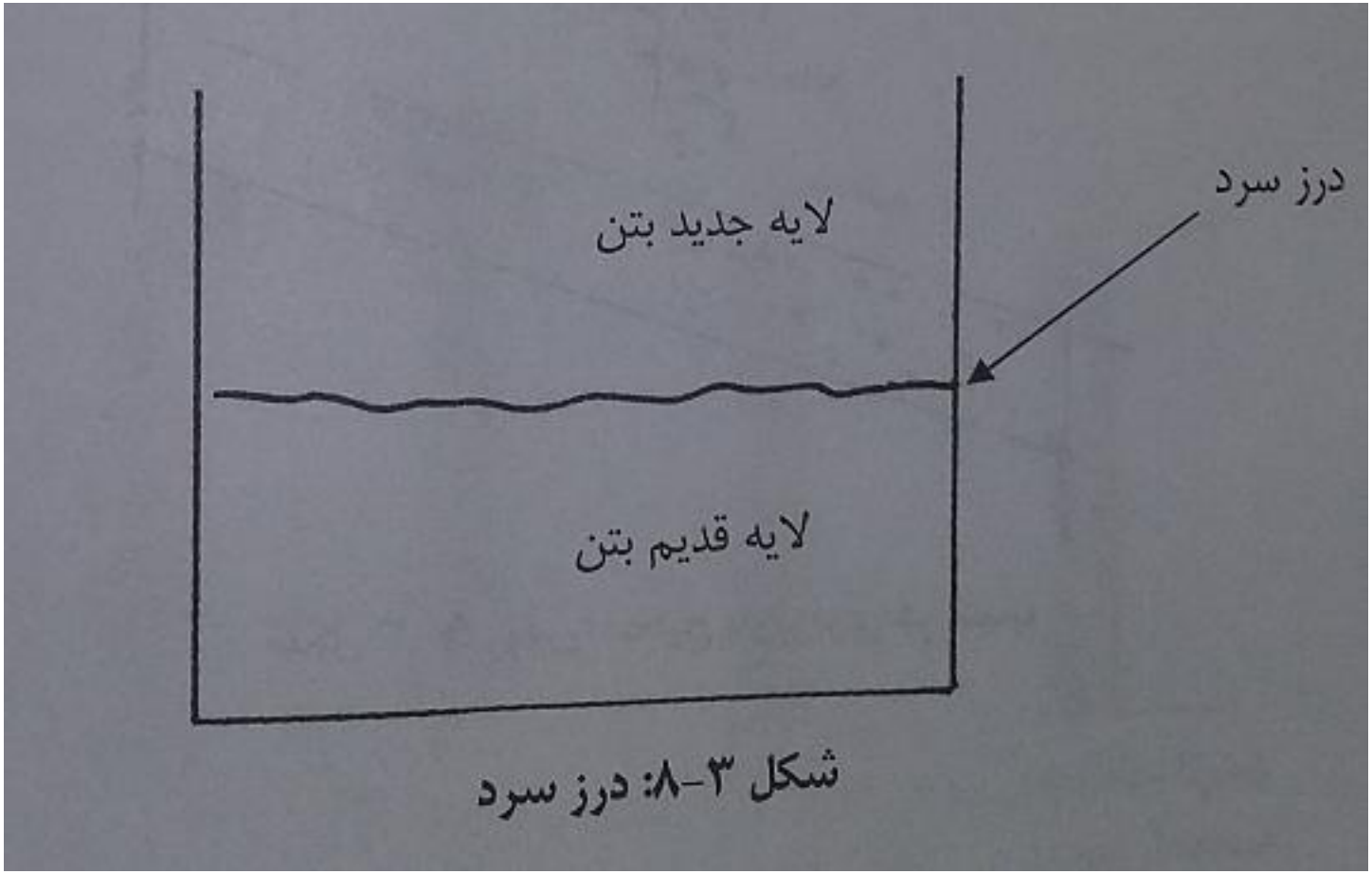
۳-۳-٤ اجتناب از بروز درز سرد[۱]

وقتی که بتن تازه بر روی بتن قدیمی و سخت شده ریخته شود، پیوستگی بین دو لایه کاهش می‌یابد. به وجه مشترک این دو لایه، درز سرد گفته می‌شود (شکل ۳-۸). برای اجتناب از بروز درز سرد و افزایش پیوستگی باید موارد به شرح زیر رعایت شوند:

- سطح بتن قدیمی باید زبر شود. زبر و مضرس کردن سطح باید با وسایل مناسب انجام شود تا سبب ترک خوردگی در بتن قدیمی نشود. بهتر است در هنگام توقف بتن‌ریزی یعنی زمانی که بتن هنوز در حالت پلاستیک است، عمل زبر کردن انجام شود چون به آسانی می‌توان این عمل را انجام داد.

- سطح بتن قدیمی باید کاملاً تمیز بدون مواد زائد مانند برگ درختان یا گرد و خاک باشد.

- بتن قدیمی باید در حالت اشباع با سطح خشک باشد. بنابراین قبل از بتن‌ریزی باید آب بر سطح بتن قدیمی ریخته شود. اما در هنگام بتن‌ریزی نباید آب بر سطح بتن باشد. زمان ریختن آب به شرایط اقلیمی (دما و رطوبت) بستگی دارد.



شکل ۳-۸: درز سرد

از بروز دررز سرد باید جلوگیری شود، اما اگر ایجاد شد، روش معمول تعمیر وجود ندارد، مگر آنکه با استفاده از میلگرد به طور مناسب، پیوستگی مکانیکی ایجاد گردد. برای مثال اگر بین دو بخش بتن در دال، درز سرد ایجاد شده باشد، باید ابتدا در فواصل و عمق مناسب دال، با اره مخصوص بتن، برش داده شود و میلگردهای آج‌دار به طول تقریباً ۳۰۰ میلیمتر در حفره‌ها گذاشته و سپس با ملات مخصوص تعمیری، حفره‌ها پر شوند.

ضوابط آرماتورگذاری مطابق مبحث نهم

۹-۱۴-۵ محدودیت‌های آرماتورها در قطعات خمشی

۹-۱۴-۵-۱ حداکثر مقدار آرماتور کششی

در قطعات میله‌ای تحت خمش و یا تحت خمش و نیروی محوری فشاری توأم که در آنها نیروی محوری کمتر از هر دو مقدار $۰/۱۵\phi_c f'_c A_g$ و N_{rb} است. مقدار A_s باید به گونه‌ای باشد که روابط (۹-۱۴-۵) و (۹-۱۴-۶) برقرار گردد:

$$\frac{x}{d} \le \frac{\varepsilon_{cu}}{\varepsilon_{cu} + \frac{f_y}{E_s}} \qquad (۹-۱۴-۵)$$

$$\rho \le ۰/۰۲۵ \qquad (۹-۱۴-۶)$$

۹-۱۴-۵-۲ حداقل مقدار آرماتور کششی

۹-۱۴-۵-۲-۱ در هر مقطع از قطعات میله‌ای تحت خمش (به جز موارد مندرج در بند ۹-۱۴-۵-۲-۳) مقدار آرماتور به کار رفته در مقطع، A_s، باید به گونه‌ای باشد که رابطه (۹-۱۴-۷) برقرار باشد:

$$\rho \geq \max\left(\frac{۱/۴}{f_y}, \frac{۰/۲۵\sqrt{f_c}}{f_y}\right) \qquad (۹-۱۴-۷)$$

۹-۱۴-۹ محدودیت‌های آرماتورها در قطعات فشاری (ستون‌ها)

۹-۱۴-۹-۱ در قطعات فشاری سطح مقطع آرماتور طولی نباید کمتر از ۰/۰۱ و بیشتر از ۰/۰۶ سطح مقطع کل باشد. محدودیت مقدار حداکثر باید در محل وصله‌های پوششی میلگردها نیز رعایت شود. درصورت استفاده از فولاد **S۴۰۰** در آرماتورهای طولی مقدار حداکثر در خارج از محل وصله‌ها به ۰/۰۴۵ سطح مقطع کل محدود می‌گردد.

۹-۱۴-۹-۲ حداقل تعداد میلگردهای طولی در قطعات فشاری به شرح زیر است:

الف- میلگردهای داخل تنگ‌های مدور یا مستطیلی، چهار عدد

ب- میلگردهای داخل تنگ‌های مثلثی، سه عدد

پ- میلگردهای داخل دورپیچ، شش عدد، مطابق بند ۹-۱۴-۹-۳ .

۹-۱۴-۹-۳ نسبت حجمی آرماتور دورپیچ به حجم کل هسته، ρ_s، نباید از مقدار بدست آمده از رابطه (۹-۱۴-۸) کمتر باشد:

$$\rho_s = ۰/۶(\frac{A_g}{A_c} - ۱)\frac{f_{cd}}{f_{yd}} \qquad (۹-۱۴-۸)$$

۹-۱۴-۱۱ محدودیت‌های فولادگذاری جهت اعضای خمشی یا فشاری

۹-۱۴-۱۱-۱ محدودیت‌های فاصله میلگردها

۹-۱۴-۱۱-۱-۱ فاصله آزاد بین هر دو میلگرد موازی واقع در یک سفره نباید از هیچیک از مقادیر زیر کمتر باشد:

الف) قطر میلگرد بزرگتر

ب) ۲۵ میلی‌متر

پ) ۱/۳۳ برابر قطر اسمی بزرگترین سنگدانه بتن

۹-۱۴-۱۱-۱-۲ در اعضای تحت فشار و خمش فاصله محور تا محور میلگردهای طولی از یکدیگر، نباید بیشتر از ۲۰۰ میلی‌متر باشد.

۹-۱۴-۱۱-۱-۳ درصورتی که میلگردهای موازی در چند سفره قرار گیرند، میلگردهای سفره فوقانی باید طوری بالای میلگردهای سفره تحتانی واقع شوندکه معبر بتن تنگ نشود، فاصله آزاد بین هر دو سفره نباید از ۲۵ میلی‌متر و نه از قطر بزرگترین میلگرد کمتر باشد.

۹-۱۴-۱۱-۱-۴ دراعضای فشاری با خاموت‌های بسته یا دورپیچ، فاصله آزاد بین هر دو میلگرد طولی نباید از ۱/۵ برابر قطر بزرگترین میلگرد و نه از ۴۰ میلی‌متر، کمتر باشد.

۹-۱۴-۱۱-۱-۵ فاصله مجاز بین میلگردها درمحل وصله‌های پوششی در بند ۹-۲۱-۴-۱-۵ ارائه شده است.

۹-۱۴-۱۱-۱-۶ محدودیت‌های فاصله آزاد بین میلگردها باید در مورد فاصله آزاد وصله‌های پوششی با وصله‌ها یا میلگردهای مجاور نیز رعایت شوند.

۹-۱۴-۱۱-۲ گروه میلگردهای در تماس

۹-۱۴-۱۱-۲-۱ در استفاده از گروه میلگردهای موازی که درآنها میلگردها درتماس با هم بسته می‌شوند تا به صورت واحد عمل کنند، ضوابط (الف) تا (ج) این بند، باید رعایت شوند:

الف) تعداد میلگردهای هرگروه برای گروه‌های قائم تحت فشار نباید از ۴ عدد، و در سایر موارد از ۳ عدد تجاوز کند.

ب) در تمامی موارد تعداد میلگردهای هرگروه در محل وصله‌ها نباید بیشتراز ۴ باشد.

پ) درگروه میلگردها با بیش از دو میلگرد، نباید محورهای تمامی میلگردها در یک صفحه واقع شوند. همینطور تعداد میلگردهایی که محورهای آنها در یک صفحه واقع می‌شوند جز در محل وصله‌ها نباید بیشتر از دو باشد.

ت) درتیرها نباید میلگردها با قطر بزرگتر از ۳۶ میلی‌متر را به صورت گروهی به کاربرد.

ث) گروه‌های میلگردهای در تماس باید درخاموت‌های بسته یا دورپیچ محصور شوند.

ج) درمواردی نظیر تعیین محدودیت‌های فاصله و حداقل ضخامت پوشش بتن محافظ، که قطر میلگردها مبنای محاسبه قرار می‌گیرد، قطرگروه میلگردهای درتماس معادل قطر میلگردی فرض می‌شود که سطح مقطع آن با سطح مقطع کل گروه مساوی باشد. ملاک اندازه‌گیری فاصله آزاد و حداقل ضخامت پوشش در این گونه موارد خارجی‌ترین سطح گروه میلگرد در امتداد مورد نظر خواهد بود.

۹-۱۴-۱۱-۳ میلگردهای انتظار خم شده

۹-۱۴-۱۱-۳-۱ شیب قسمت مایل میلگردهای خم شده نسبت به محور ستون نباید از ۱ به ۶ تجاوز کند. قسمت‌های فوقانی و تحتانی قسمت مایل باید موازی با محور ستون باشند.

میلگردهای انتظار باید در محل خم با خاموت‌ها، دورپیچ‌ها و یا قسمت‌هایی از سیستم سازه‌ای کف مهار شوند. مهار مذکور باید برای تحمل نیرویی معادل ۱/۵ برابر مولفه نیروی محاسباتی قسمت مایل در امتداد مهار، طرح شود. در صورت استفاده از خاموت‌ها یا دورپیچ فاصله آنها تا نقاط خم شده نباید از ۵۰ میلی‌متر بیشتر باشد.

۹-۱۴-۱۱-۳-۲ خم کردن میلگردهای انتظار باید قبل از جاگذاری میلگردها انجام پذیرد.

۹-۱۴-۱۱-۳-۳ در مواردی که وجه ستون یا دیوار بیشتر از ۷۵ میلی‌متر عقب نشستگی یا پیش‌آمدگی داشته باشد میلگردهای طولی ممتد نباید به صورت خم شده به کار برده شوند، و در محل عقب نشستگی باید میلگردهای انتظار مجزا برای اتصال به میلگردهای وجوه عقب نشسته پیش‌بینی شوند. در هر حالت باید ضوابط مربوط به مهارها و وصله‌ها در منطقه تغییر مقطع رعایت شوند.

* آرماتوربندی :

یک ساختمان بتنی هر قدر که خوب محاسبه شود و مصالح خوب به کار رود ، لیکن اگر آرماتوربندی خوب نباشد ، محل خم و قطع میلگردها ، وصله کردن میلگردها و قلاب ها و قطر خم آنها مطابق آئین نامه نباشد و اگر در آرماتوربندی ، آرماتورها دقیقا در محل خود قرار نگیرند و فاصلهٔ آنها از یکدیگر رعایت نشود و در نتیجه بتن نتواند از لای آرماتورها عبور کند و همچنین اگر مقدار پوشش بتن روی آرماتور کافی نباشد ، قطعا اجرای ساختمان با مشکل مواجه خواهد شد.

طبقه بندی آرماتورها :

- بر اساس آئین نامهٔ بتن ایران ، آرماتورها بر اساس مقاومت مشخصه طبقه بندی می شود. مقاومت مشخصه بر اساس مقدار تنش تسلیم آن تعیین می شود و معادل مقداری است که حداکثر 5 درصد مقادیر اندازه گیری شده برای تنش تسلیم ممکن است کمتر از آن باشد. طبقه بندی میلگردها عبارتند از:

S220 , S300 , S350 , S400

- اعداد بیانگر حداقل مقاومت مشخصه میلگرد بر حسب مگاپاسکال می باشد.

جدول شمارهٔ 4 – مشخصات مکانیکی میلگردهای تولیدی در ایران

نوع میلگرد	حداقل مقاومت تسلیم (کیلوگرم بر سانتیمتر مربع)	حداقل مقاومت نهایی کششی (کیلوگرم بر سانتیمتر مربع)	حداقل ازدیاد طول نسبی %
AI	2400	3700	25
AII	3000	5000	19
AIII	4000	6000	16

* بریدن میلگردها :

بهتر است میلگردها با وسایل مکانیکی بریده شوند.

* خم کردن میلگردها :

- کلیة میلگردها باید بصورت سرد خم شوند ، مگر آنکه دستگاه نظارت روش دیگری را مجاز بداند.

- خم کردن میلگردها باید حتی المقدور بطور مکانیکی به وسیلة ماشین مجهز به فلکة خم کن با یک عبور در سرعت ثابت انجام پذیرد ، بطوریکه قسمت خم شده دارای شعاع انحنای ثابتی باشد.

- برای خم کردن میلگردها باید از فلکه هایی استفاده شود که قطر آنها برای نوع فولاد مورد نظر مناسب باشد.

- در شرایطی که دمای میلگردها از 5 درجة سانتیگراد کمتر باشد باید از خم کردن آنها خودداری کرد.

- خم کردن میلگردهایی که یک سر آنها در بتن قرار دارد مجاز نیست مگر آن که در طرح مشخص شده باشد یا دستگاه نظارت اجازه دهد.

- باز و بستن خم ها به منظور شکل دادن مجدد به میلگردها مجاز نیست.

- میلگردها نباید در معرض هیچ نوع آلودگی یا اثر زیان آور بر چسبندگی آنها از قبیل گل ، روغن و سایر پوشش های غیر فلزی مضر قرار گیرد.

- میلگردها نباید در معرض خوردگی ، به میزانی که به کاهش سطح مقطع آنها منجر شود ، قرار گیرند.

* شرایط رویة میلگردها :

قبل از جاگذاری میلگردها ، باید اطمینان حاصل شود که رویة آنها ، از هر نوع عامل و اثر زیانبار ، از قبیل گل ، روغن ، قیر ، دوغاب سیمان خشک شده ، رنگ ، زنگ پوسته شده و برف و یخ عاری است.

* جاگذاری و بستن آرماتورها :

- آرماتورها باید قبل از بتن ریزی مطابق نقشه های اجرایی در جای خود قرار گیرند و طوری بسته و نگه داشته شوندکه از جابه جایی آنها جلوگیری شود.

- جنس ، ابعاد ، تعداد و فاصلة لقمه ها و خرک ها و سایر قطعات مورد استفاده برای تثبیت موقعیت میلگردها در جای صحیح باید طوری باشد که مانعی در برابر ریختن بتن و نقطه ضعفی در مقاومت و پایایی آن ایجاد نشود.

- برای به هم بستن آرماتورها به وسیلة عناصر غیرسازه ای باید از مفتول ها یا اتصال دهنده ها و گیره های فولادی استفاده کرد. باید توجه شود که انتهای برجستة سیمها و گیره ها در قشر بتن محافظ واقع نشوند.

- ضخامت پوشش بتنی روی میلگردها نباید از مقادیر زیر کمتر باشد:

الف) قطر میلگردها

ب) بزرگترین اندازهٔ اسمی سنگدانه

همچنین ضخامت پوشش بتنی محافظ میلگردها متناسب با شرایط محیطی و نوع قطعهٔ موردنظر نباید از مقادیر جدول شمارهٔ 5 کمتر باشد.

جدول شمارهٔ 5 - مقادیر حداقل پوشش بتن (میلیمتر)*

نوع قطعه	نوع شرایط محیطی				
	ملایم	متوسط	شدید	بسیارشدید	فوق‌العاده‌شدید
تیرها و ستونها	۳۵	۴۵	۵۰	۶۵	۷۵
دالها،دیوارها و تیرچه‌ها	۲۰	۳۰	۳۵	۵۰	۶۰
پوسته‌ها و صفحات پلیسه‌ای	۲۰	۲۵	۳۰	۴۵	۵۵

* مقادیر داده شده در جدول را می‌توان به اندازه ۵ میلیمتر برای بتنهای رده C35 و C40 یا ۱۰ میلیمتر برای بتنهای رده بالاتر کاهش داد. مشروط بر آن که ضخامت پوشش به هر حال از ۱۵ میلیمتر کمتر نشود. این مقادیر را باید برای میلگردهای با قطر بیشتر از ۳۶ میلیمتر به اندازه ۱۰ میلیمتر افزایش داد.

* مهار میلگردها :

روش های متداول برای مهار میلگردها در بتن عبارتند از :

الف) مهار مستقیم

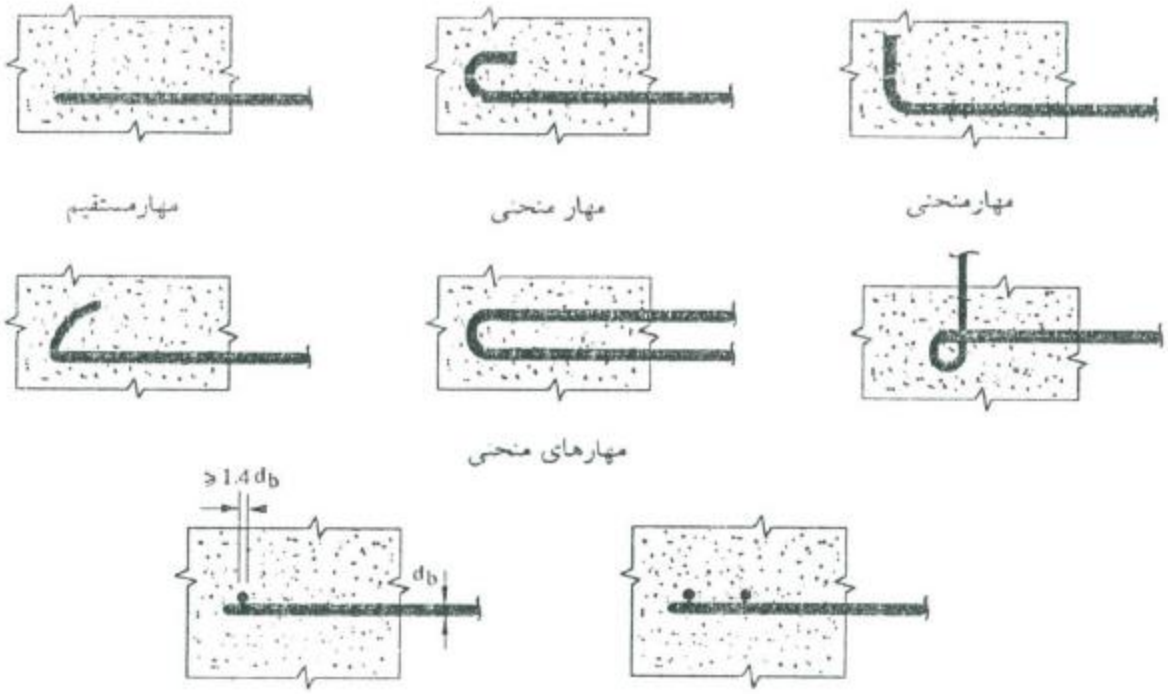
ب) مهارهای منحنی (نظیر قلاب ها و حلقه ها)

ج) مهارهای مکانیکی

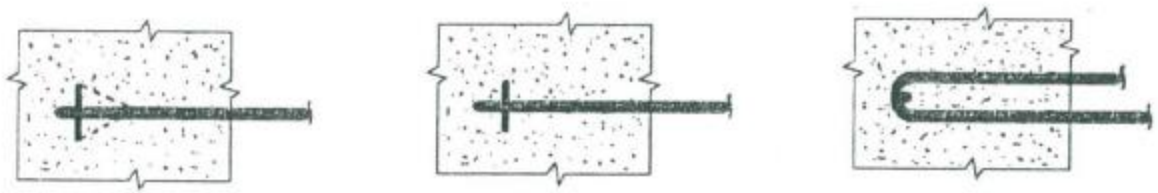
د) ترکیبی از مهارهای فوق

انواع مهارها

شکل شمارهٔ 1 -



مهار مستقیم یا میلگردهای عرضی جوش شده (نوعی مهار مکانیکی)



نمونه‌هایی از مهارهای مکانیکی

* در مهار میلگردها باید ضوابط کلی به شرح زیر رعایت شود :

- برای میلگردهای ساده در کشش استفاده از مهارهای مستقیم مجاز نیست.
- در مهار میلگردهای تحت فشار با استفاده از مهارهای منحنی ، نباید قلاب ها را موثر دانست.

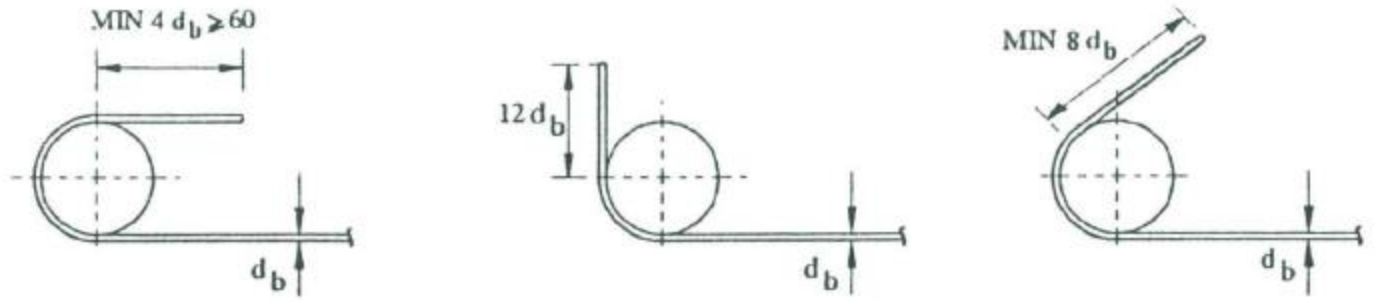
۹-۲۱-۲-۲ قلاب‌های استاندارد

در این مبحث هریک از خم‌های مشروح زیر قلاب استاندارد تلقی می‌شود:

الف- میلگردهای اصلی

- خم نیم‌دایره (قلاب انتهایی ۱۸۰ درجه) به اضافه حداقل $۴d_b$ طول مستقیم ولی نه کمتر از ۶۰ میلی‌متر در انتهای آزاد میلگرد
- خم ۹۰ درجه (گونیا) به اضافه طول مستقیم برابر حداقل $۱۲d_b$ در انتهای آزاد میلگرد

شکل شمارهٔ 2 - قلابهای استاندارد

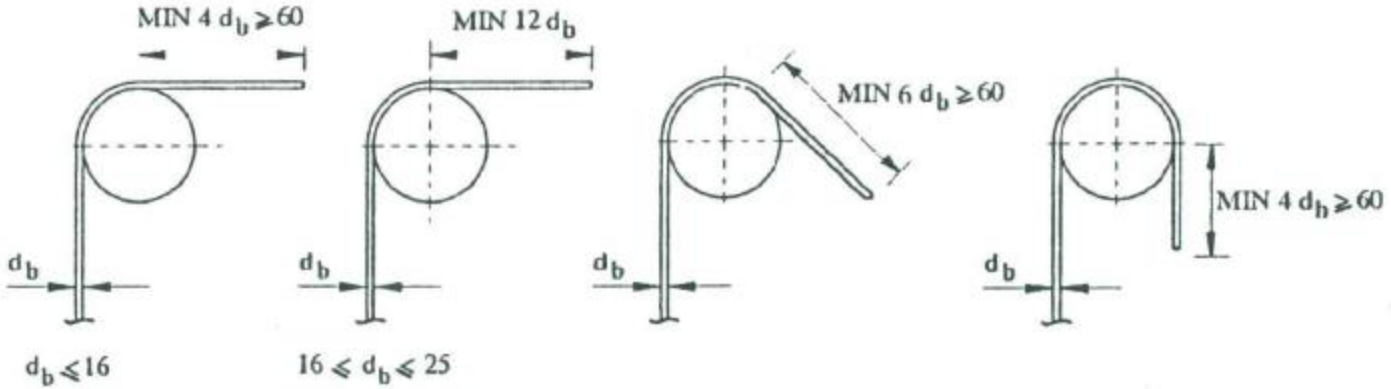


خم انتهایی ۱۸۰ درجه (قلاب‌انتهایی)

خم انتهایی ۹۰ درجه (گونیا)

خم انتهایی ۱۳۵ درجه (چنگک)

قلابهای استاندارد برای میلگرد (به جز خاموتها)



قلابهای استاندارد برای خاموتها

ب ـ برای میلگردهای تقسیم و خاموت‌ها

- خم ۹۰ درجه (گونیا) به اضافه حداقل $۶d_b$ طول مستقیم ولی نه کمتر از ۶۰ میلیمتر در انتهای آزاد میلگرد، برای میلگردهای به قطر۱۶ میلی‌متر و کمتر
- خم۹۰ درجه (گونیا) به اضافه حداقل $۲d_b$ طول مستقیم در انتهای آزاد میلگرد، برای میلگردهای به قطر بیشتر از۱۶ میلی‌متر و کمتر از۲۵ میلی‌متر
- خم ۱۳۵ درجه (چنگک) به اضافه حداقل $۶d_b$ طول مستقیم ولی نه کمتر از ۶۰ میلی‌متر در انتهای آزاد میلگرد

۹-۲۱-۲-۳ حداقل قطر خم‌ها

الف- قطر داخلی خم‌ها به جز برای خاموت‌های با قطر کمتر از ۱۶ میلیمتر نباید از مقادیر مندرج در جدول ۹-۲۱-۱ کمتر اختیار شود:

جدول ۹-۲۱-۱ حداقل قطر خم‌ها

قطر میلگرد	حداقل قطر خم
کمتر از ۲۸ میلیمتر	$۶d_b$
۲۸ تا ۳۴ میلیمتر	$۸d_b$
۳۶ تا ۵۵ میلیمتر *	$۱۰d_b$

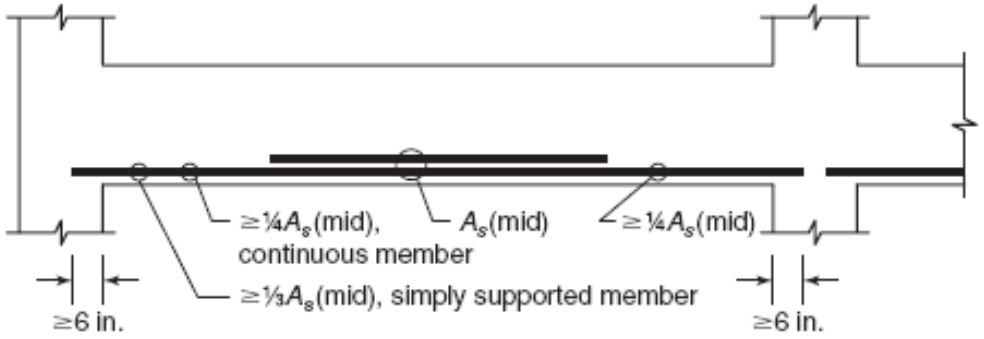
* برای خم کردن میلگردهای به قطر ۳۶ میلیمتر و بیشتر و با زاویه بیشتر از ۹۰ درجه به روش‌های خاصی نیاز است.

ب- قطر داخلی خم‌ها برای خاموت‌های به قطر کمتر از ۱۶ میلیمتر نباید کمتر از $۴d_b$ اختیار شود.

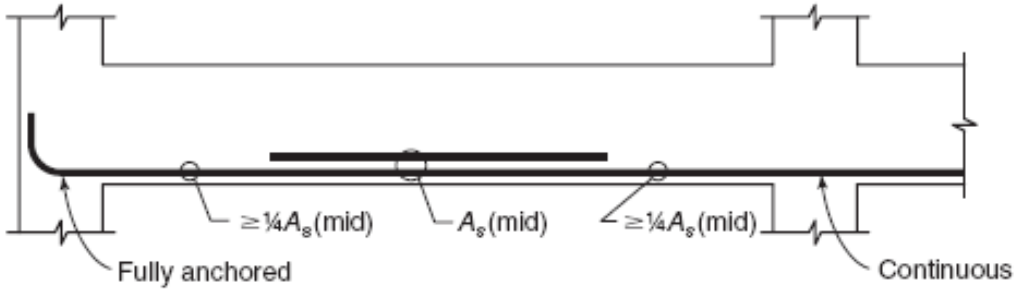
۹-۲۱-۳-۲ ضوابط خاص مهار آرماتور خمشی مثبت

۹-۲۱-۳-۲-۱ حداقل یک سوم آرماتور خمشی مثبت، در قطعات با تکیه‌گاه ساده، و یک چهارم آرماتورخمشی مثبت، در قطعات یکسره، باید در طول وجهی از قطعه که در آن قرار گرفته‌اند تا روی تکیه‌گاه ادامه داده شوند. در تیرها این میلگردها باید به اندازه حداقل ۱۵۰ میلیمتر در داخل تکیه‌گاه ادامه یابند.

۹-۲۱-۳-۲-۲ در قطعات خمشی که به عنوان عضوی از یک سیستم اصلی در مقابل بارهای جانبی به کار برده شده‌اند، آن گروه از آرماتور خمشی مثبت که بر طبق بند ۹-۲۱-۳-۲-۱ تا روی تکیه‌گاه ادامه می‌یابد باید بطور کامل در تکیه‌گاه مهار شود به طوری که آرماتور بتواند در مقطع بر تکیه‌گاه به تنش جاری شدن، f_y، برسد.



(a) Beams that are not part of primary lateral load-resisting system.



(b) Beams that are part of primary lateral load-resisting system.

Fig. 8-24
Continuity requirements for positive-moment reinforcement in continuous beams (use at least two bars every where reinforcement is required).

مهار آرماتور خمشی مثبت

۹-۲۱-۳-۳ ضوابط خاص مهار آرماتور خمشی منفی

۹-۲۱-۳-۳-۱ آرماتور خمشی منفی در قطعات خمشی یکسره، گیردار، طره و یا تمامی قطعات قاب‌های پیوسته باید با یکی از روش‌های گفته شده در بند ۹-۲۱-۲-۱-۱ در تکیه‌گاه‌ها مهار شوند.

۹-۲۱-۳-۳-۲ حداقل یک سوم آرماتور خمشی منفی موجود در تکیه‌گاه یک عضو خمشی باید تا محل نقطه عطف منحنی تغییرشکل عضو ادامه داده شده و از این محل به اندازه حداقل d، ۱۲d_b و یک شانزدهم طول دهانه خالص، هرکدام بزرگتر است، فراتر برده شود.

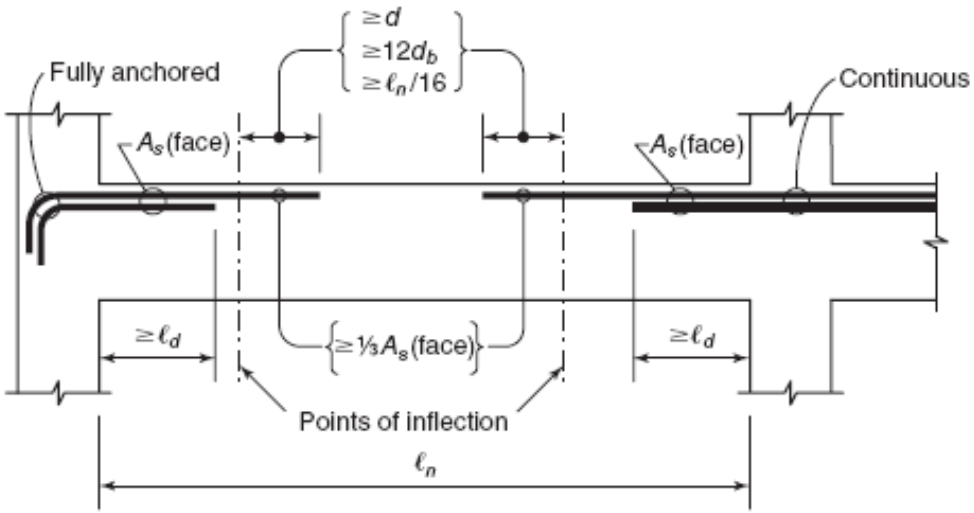


Fig. 8-25
Continuity requirements for negative-moment reinforcement in continuous beams.

مهار آرماتور خمشی منفی

* وصلة میلگردها:

روش های متداول برای وصلة میلگردها عبارتند از :

- وصله های پوششی (تماسی یا غیرتماسی)

- وصله های جوشی

- وصله های مکانیکی

- وصله های اتکایی

* وصلهٔ پوششی :

وصلهٔ پوششی با قرار دادن دو میلگرد در مجاورت یکدیگر در یک طول مشخص انجام می گیرد. در وصله های پوششی تماسی دو میلگرد در تماس کامل با هم قرار می گیرند ولی در وصله های پوششی غیرتماسی می توان **دو میلگرد را به فاصلهٔ حداکثر معادل مقادیر زیر قرار داد :**

1) در اعضای خمشی ، فاصلهٔ محور تا محور دو میلگرد وصله شونده نباید از } طول لازم برای وصلهٔ پوششی و یا 150 میلیمتر بیشتر باشد.

2) سایر اعضاء ، فاصلهٔ محور تا محور دو میلگرد وصله شونده ، نباید از 5 برابر قطر میلگرد کوچکتر ، بیشتر باشد.

3) در وصله های پوششی غیرتماسی باید با میلگردهای عرضی عمود بر میلگردهای وصله شونده محصور شوند.

* وصله های جوشی :

روشهای متداول برای وصله های جوشی عبارتند از :

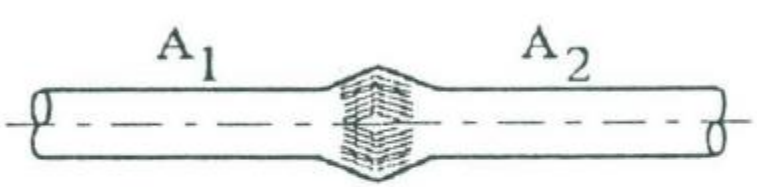
الف) اتصال جوشی نوک به نوک خمیری (جوش الکتریکی تماسی)

ب) اتصال جوشی ذوبی یا الکترود (جوش با قوس الکتریکی)

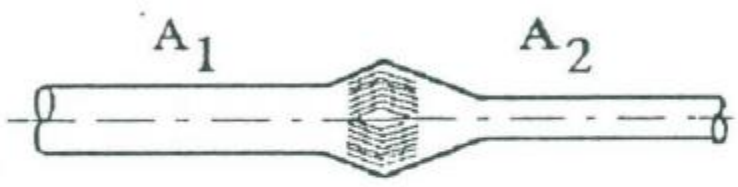
- وصله های جوش شده از نقطه نظر انتقال تنش بسیار خوب تلقی می شوند به شرط آن که با کیفیت بسیار عالی و تحت نظارت کامل انجام شود.

- اتصال جوشی نوک به نوک خمیری فقط در شرایط کارخانه ای و در صورتی مجاز است که قطر میلگردها از 10 میلیمتر برای فولادهای گرم نورد شده و یا 14 میلیمتر برای فولادهای سرد اصلاح شده کمتر نباشد و نسبت سطح مقطع دو میلگرد وصله شونده از 5/1 تجاوز نکند.

شکل شمارهٔ 3- جوش نوک به نوک



$A_1 = A_2$



$$\frac{A_1}{A_2} \leqslant 1.5$$

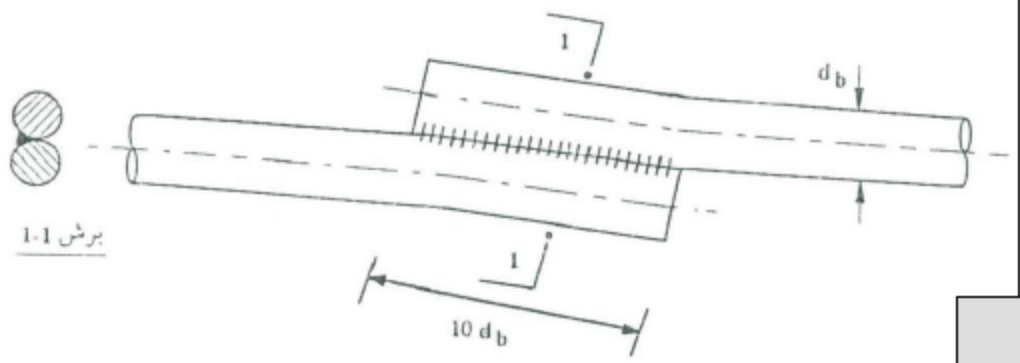
STS

- اتصال جوشی ذوبی با الکترود در صورتی مجاز است که برای هر نوع فولاد از الکترود و روش جوشکاری مناسب آن استفاده شود.

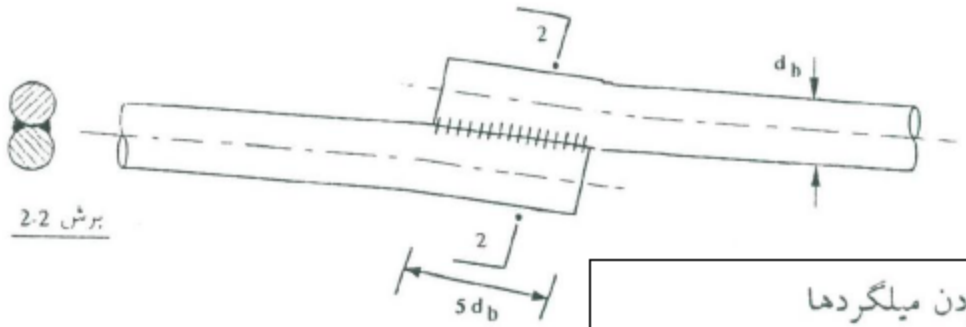
* اتصال جوشی ذوبی با الکترود به طور معمول به یکی از روش های زیر انجام می گیرد:

الف) اتصال جوشی پهلو به پهلو با جوش از یک رو یا دو رو که فقط برای میلگردهای گرم نورد شده با قطر 6 تا 36 میلیمتر مجاز است. در این روش طول نوار جوش از یک رو نباید کمتر از 10 برابر قطر میلگرد کوچکتر باشد و طول نوار جوش دو رو نباید کمتر از 5 برابر قطر میلگرد کوچکتر اختیار شود.

اتصال با نوار جوش یکطرفه

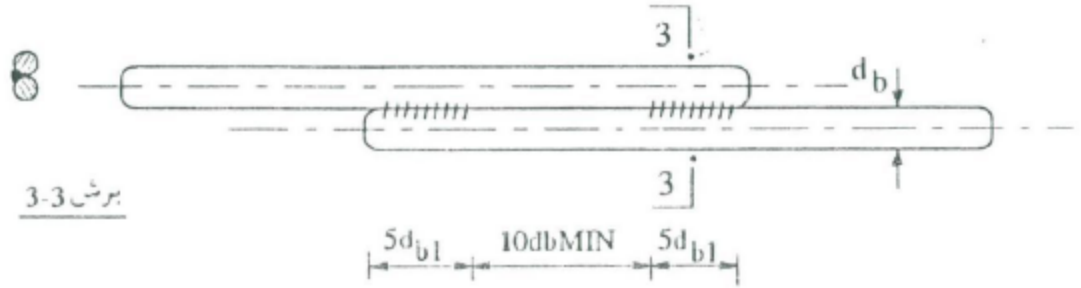


شکل (۸-۵) اتصال با نوار جوش دوطرفه



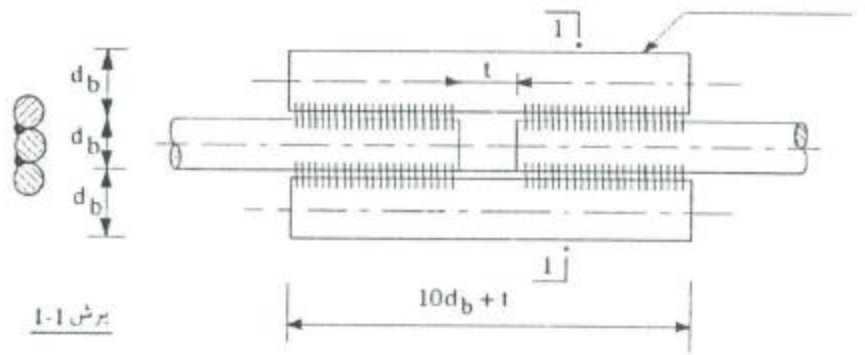
شکل شمارهٔ 4- اتصال جوشی پهلو به پهلو

اتصال با نوار جوش بدون خم کردن میلگردها

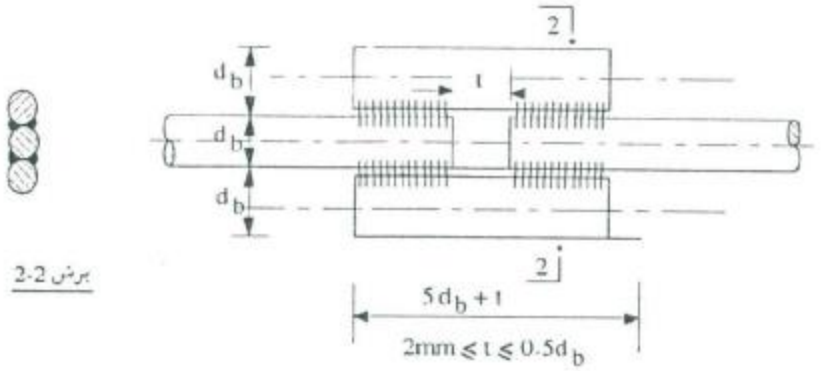


ب) اتصال جوشی با وصله یا وصله های جانبی اضافه با جوش از یک رو یا دو رو . فقط برای میلگردهای گرم نورد شده مجاز است. حداقل طول نوار جوش برای اتصال هر میلگرد به وصله یا وصله ها مشابه اتصال جوشی پهلو به پهلو است.

وصله‌های جوش شده از یک روز

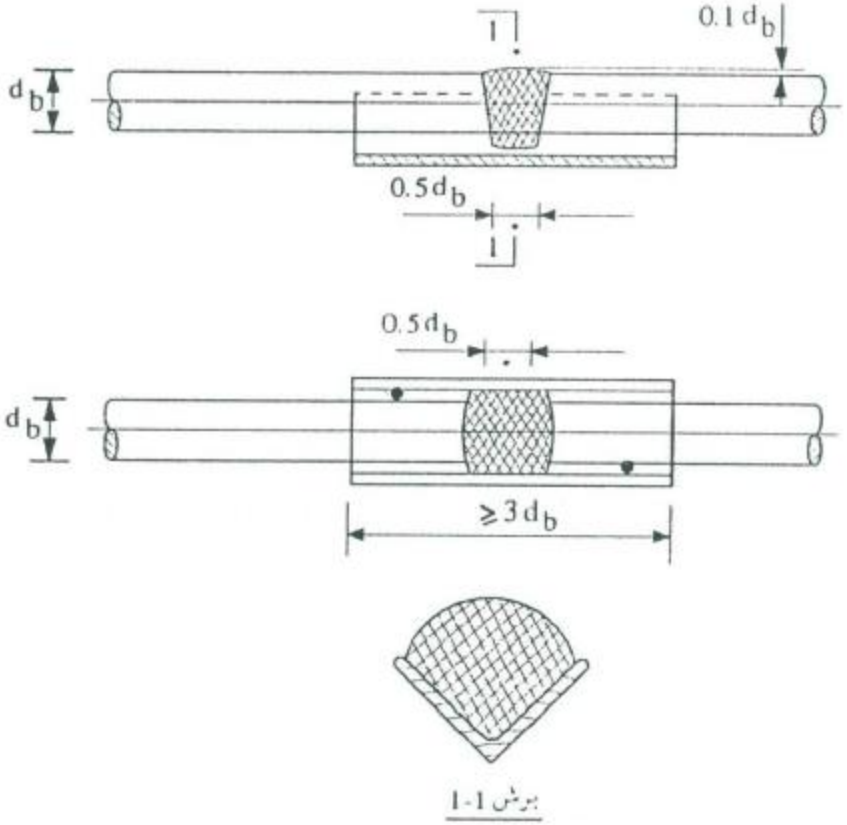


شکل (۸-۸) وصله‌های جوش شده از پشت و رو



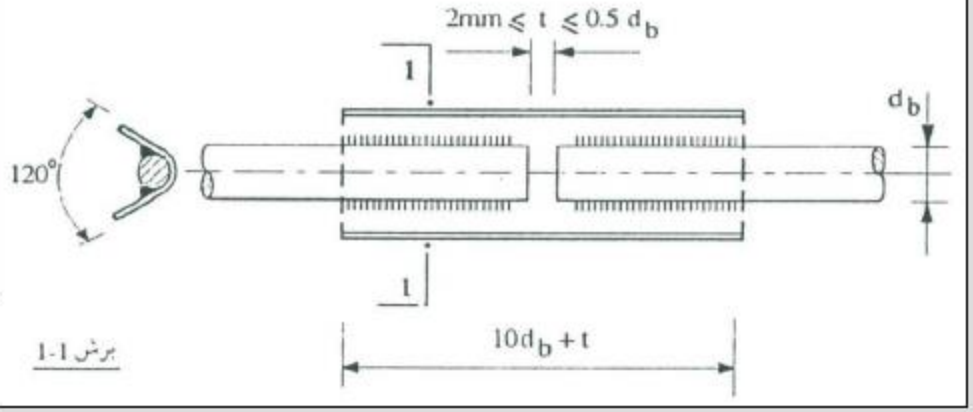
ج) اتصال جوشی نوک به نوک با پشت بند که در آن فاصلة دو سر میلگردهای وصله شونده از هم باید معادل نصف آنها باشد و طول پشت بند نباید کمتر از 3 برابر قطر میلگردها برای فولادهای گرم نورد شده یا 8 برابر قطر میلگردها برای فولادهای سرد اصلاح شده اختیار شود. در این حالت دو سر دو میلگرد به هم جوش داده نمی شود. معمولا وصله های جانبی از همان میلگردهای متصل شونده اختیار می شوند. همچنین استفاده از قطعه ای تسمه فولادی خم شده به زاویة 120 درجه در امتداد عرضی به عنوان وصلة جانبی امکان پذیر است.

اتصال نوک به نوک با پشت بند نبشی



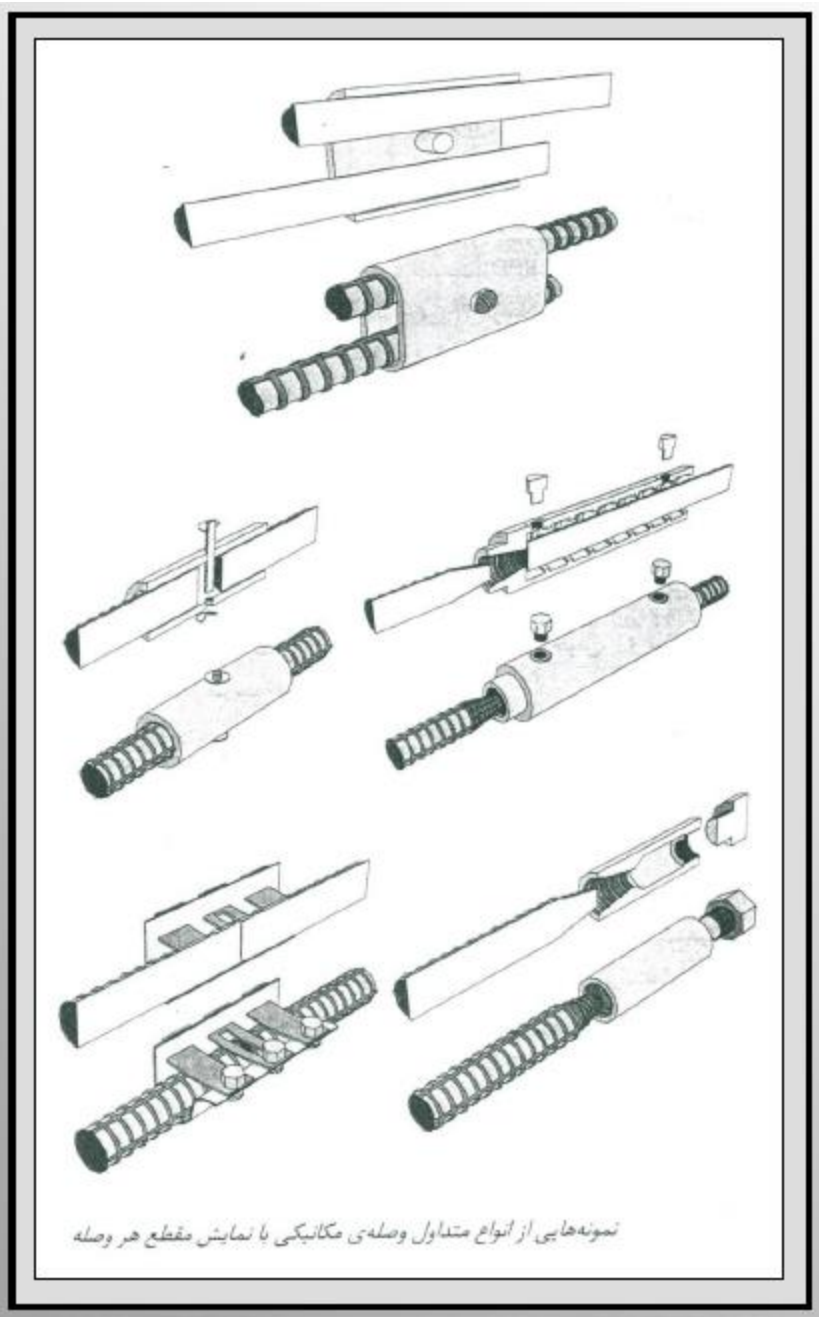
برش 1-1

اتصال با یک وصله جانبی



* وصلة مکانیکی :

وصلة مکانیکی یک وسیلة مکانیکی است که عمدتا با پیچ کردن و ایجاد اصطکاک بین جدارة آن و میلگردها انتقال تنش کششی یا فشاری را از یک میلگرد به میلگرد بعدی فراهم می کند. وصله های مکانیکی ممکن است میلگردها را نوک به نوک و یا پهلو به پهلو در امتداد یکدیگر قرار دهند. همچنین امکان متصل کردن میلگردها با قطرهای متفاوت به صورت نوک به نوک یا پهلو به پهلو نیز توسط وصله های مکانیکی مخصوص فراهم است. طول لازم برای وصله های مکانیکی بستگی به جنس فلز وصله ، نحوة انتقال تنش در وصله و سایر مشخصات آن داشته و به قطر میلگردهای وصله شونده نیز وابسته است. این طول بر اساس نوع وصلة مکانیکی و قطر میلگرد ، معمولا توسط شرکت های تولید کننده تعیین می شوند.

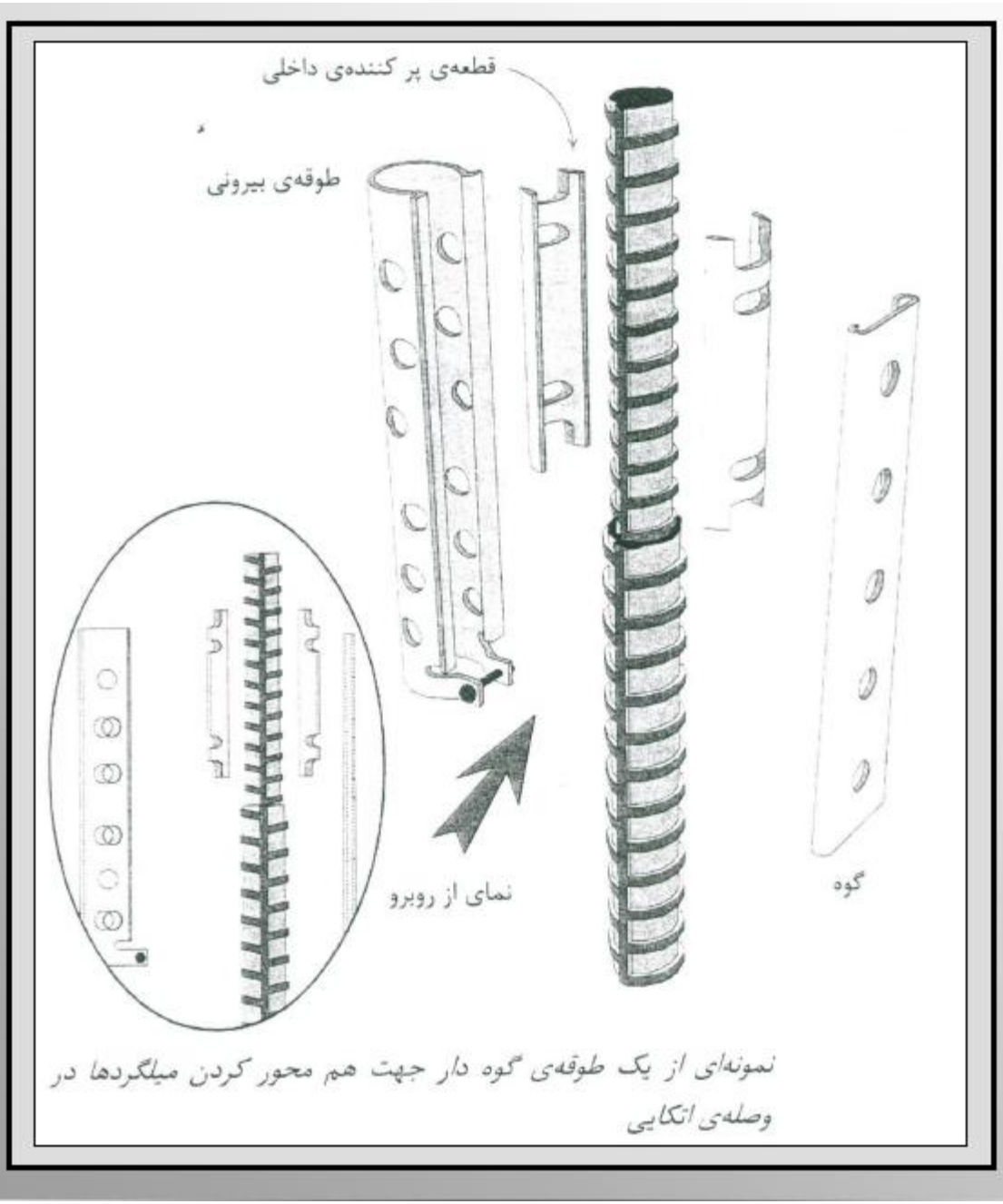


نمونه‌هایی از انواع متداول وصله‌ی مکانیکی با نمایش مقطع هر وصله

* وصله های با انتهای اتکایی :

- وصله های با انتهای اتکایی برای انتقال تنش فشاری در میلگردهایی که فقط برای فشار مورد نیاز هستند قابل کاربرد می باشند. در وصلهٔ اتکایی ، انتهای میلگردها باید به صورت گونیا بریده شوند.

- وصله های با انتهای اتکایی باید فقط در اعضای با خاموت بسته یا دورپیچ به کار برده شوند.



نمونه‌ای از یک طوقه‌ی گوه دار جهت هم محور کردن میلگردها در وصله‌ی انکایی

* گروه میلگردها :

در استفاده از گروه میلگردهای متوازی که در آنها میلگردها در تماس با هم بسته می شوند تا بصورت یک واحد عمل کنند ، **ضوابط زیر باید رعایت شوند :**

الف- تعداد میلگردهای هر گروه نباید از 4 در مورد گروه های قائم تحت فشار و 3 در سایر موارد تجاوز کند.

ب- در کلیة موارد تعداد میلگردهای هر گروه در محل وصله ها نباید بیشتر از 4 باشد.

ج- در گروه میلگردهای مرکب از بیش از دو میلگرد ، نباید محورهای کلیة میلگردها در یک صفحه واقع شوند. همین طور تعداد میلگردهایی که محور های آنها در یک صفحه واقع می شوند جز در محل وصله ها نباید بیش از دو باشند.

د- در تیرها نباید میلگردهای با قطر بزرگتر از 36 میلیمتر را بصورت گروهی بکار برد.

ضوابط آرماتورگذاری در قابهای خمشی با شکل پذیری متوسط و زیاد

۹-۲۳-۳ ضوابط ساختمان‌های با شکل‌پذیری متوسط

۹-۲۳-۳-۱ اعضای تحت خمش در قاب‌ها ($N_u \leq ۰/۱۵ f_{cd} A_g$)

۹-۲۳-۳-۱-۱ محدودیت‌های هندسی

۹-۲۳-۳-۱-۱-۱ در اعضای خمشی قاب‌ها محدودیت‌های هندسی (الف) تا (پ) این بند باید رعایت شوند:

الف- ارتفاع مؤثر مقطع نباید بیشتر از یک چهارم طول دهانه آزاد باشد.

ب- عرض مقطع نباید کمتر از یک چهارم ارتفاع آن و ۲۵۰ میلیمتر باشد.

پ- عرض مقطع نباید:

- بیشتر از عرض عضو تکیه‌گاهی، در صفحه عمود بر محور طولی عضو خمشی، به اضافه سه‌چهارم ارتفاع عضو خمشی، در هر طرف عضو تکیه‌گاهی
- بیشتر از عرض عضو تکیه‌گاهی به اضافه یک‌چهارم بعد دیگر مقطع عضو تکیه‌گاهی، در هر طرف عضو تکیه‌گاهی اختیار شود.

۹-۲۳-۳-۱-۱-۲ برون محوری هر عضو خمشی نسبت به ستونی که با آن قاب تشکیل می‌دهد، یعنی فاصله محورهای هندسی دو عضو از یکدیگر، نباید بیشتر از یک‌چهارم عرض مقطع ستون باشد.

۹-۲۳-۳-۱-۲ آرماتورهای طولی و عرضی

۹-۲۳-۳-۱-۲-۱ در تمامی مقاطع عضو خمشی نسبت آرماتورها، هم در پایین و هم در بالا، نباید کمتر از مقادیر $\frac{۱/۴}{f_y}$ و $\frac{۰/۲۵\sqrt{f'_c}}{f_y}$ و نسبت آرماتور کششی نباید بیشتر از ۰/۰۲۵ اختیار شود. حداقل دو میلگرد با قطر مساوی یا بزرگتر از ۱۲ میلی‌متر باید هم در پایین و هم در بالای مقطع در سراسر طول ادامه یابند. ضابطه بند ۹-۱۴-۵-۲-۳ در این حالت نیز معتبر است.

۹-۲۳-۳-۱-۲-۲ در تکیه‌گاه‌های عضو خمشی، مقاومت خمشی مثبت نباید از یک‌سوم مقاومت خمشی منفی همان تکیه‌گاه کمتر باشد. همچنین، مقاومت خمشی مثبت یا منفی در هر مقطعی در طول عضو، نباید از یک‌پنجم حداکثر مقاومت خمشی هر یک از دو انتهای عضو کمتر باشد.

۹-۲۳-۳-۱-۲-۳ در هر عضو خمشی حداقل یک پنجم آرماتور موجود در مقاطع بر تکیه‌گاه‌ها، هر انتها که آماتور بیشتری دارد، باید در سراسر طول تیر در بالا و پایین ادامه داده شوند.

۹-۲۳-۳-۱-۲-۴ در اعضای خمشی در طول قسمت‌های بحرانی که در زیر مشخص می‌شوند باید خاموت بسته مطابق ضوابط بند ۹-۲۳-۳-۱-۲-۵ به کار برده شود، مگر آنکه طراحی برای برش نیاز به آرماتور بیشتری را ایجاب کند:

الف- در طولی معادل دو برابر ارتفاع مقطع از بر تکیه‌گاه به سمت وسط دهانه

ب- در طولی‌که در آن برای تأمین ظرفیت خمشی مقطع به آرماتور فشاری نیاز باشد.

۹-۲۳-۳-۱-۲-۵ خاموت‌ها و فواصل‌آنها از یکدیگر باید دارای شرایط (الف) و (ب) این بند باشند:

الف- قطر خاموت‌ها کمتر از ۸ میلی‌متر نباشد.

ب- فاصله خاموت‌ها از یکدیگر بیشتر از مقادیر: یک‌چهارم ارتفاع مؤثر مقطع، ۸ برابر قطر کوچکترین آرماتور طولی، ۲۴ برابر قطر خاموت‌ها و ۳۰۰ میلی‌متر اختیار نشود.

پ- فاصله اولین خاموت از بر تکیه گاه بیشتر از ۵۰ میلی‌متر نباشد.

۹-۲۳-۳-۱-۲-۶ در قسمت‌هایی‌از طول عضو خمشی که مطابق ضابطه بند ۹-۲۳-۳-۱-۲-۴ خاموت‌گذاری نمی‌شود، فاصله خاموت‌ها از یکدیگر نباید بیشتر از نصف ارتفاع مؤثر مقطع اختیار شود.

۹-۲۳-۳-۲ اعضای تحت فشار و خمش در قاب‌ها ($N_u > ۰/۱۵ f_{cd} A_g$)

۹-۲۳-۳-۲-۱ محدودیت‌های هندسی

۹-۲۳-۳-۲-۱-۱ در ستون‌ها محدودیت‌های هندسی (الف) و (ب) این بند باید رعایت شوند:

الف- عرض مقطع نباید کمتر از سه‌دهم بعد دیگر آن و نباید کمتر از ۲۵۰ میلی‌متر باشد.

ب- نسبت عرض مقطع به طول آزاد ستون نباید از $\frac{۱}{۲۵}$ کمتر باشد.

۹-۲۳-۳-۲-۲ آرماتورهای طولی و عرضی

۹-۲۳-۳-۲-۲-۱ در ستون‌ها نسبت آرماتور طولی نباید کمتر از یک درصد و بیشتر از چهار و نیم درصد در نظر گرفته شود. مقدار آرماتور در محل وصله‌ها باید حداکثر برابر شش درصد در نظر گرفته شود. در مواردی که آرماتور طولی از نوع فولاد $S ۴۰۰$ است نسبت آرماتور در خارج از محل وصله‌ها به حداکثر سه درصد محدود می‌شود.

۹-۲۳-۳-۲-۲-۲ فاصله محور تا محور میلگردهای طولی از یکدیگر نباید بیشتر از ۲۰۰ میلی‌متر باشد.

۹-۲۳-۳-۲-۲-۳ در دو انتهای ستون‌ها به طول ℓ_0 باید آرماتور عرضی بسته مطابق ضوابط بند ۹-۲۳-۳-۲-۲-۴ به کار برده شود، مگر آنکه طراحی برای برش نیاز به آرماتور بیشتری را ایجاب کند. طول ℓ_0 ، ناحیه بحرانی، که از بر اتصال به اعضای جانبی اندازه‌گیری می‌شود نباید کمتر از مقادیر (الف) تا (پ) این بند در نظر گرفته شود:

الف- یک ششم ارتفاع آزاد ستون

ب- ضلع بزرگتر مقطع مستطیلی شکل ستون یا قطر مقطع دایره‌ای شکل ستون

پ- ۴۵۰ میلی‌متر

۹-۲۳-۳-۲-۲-۴ آماتور عرضی مورد نیاز در طول ℓ_0 باید دارای قطر حداقل ۸ میلیمتر بوده و فواصل آنها از یکدیگر در مواردی که به صورت دورپیچ به کار گرفته می‌شوند از ضابطه بند ۹-۱۴-۹-۴ تعیین گردد. فواصل آماتورهای عرضی در مواردی که به صورت خاموت بسته به کار می‌روند باید کمتر از مقادیر (الف) تا (ت) این بند در نظر گرفته شود:

الف- ۸ برابر قطر کوچکترین میلگرد طولی ستون

ب- ۲۴ برابر قطر خاموت‌ها

پ- نصف کوچکترین ضلع مقطع ستون

ت- ۳۰۰ میلی‌متر

فاصله اولین خاموت از بر اتصال ستون به تیر نباید بیشتر از نصف فاصله خاموت‌ها در نظر گرفته شود.

۹-۲۳-۳-۲-۲-۵ در قسمت‌هایی از طول ستون که شامل طول ℓ_0 نمی‌شود، ضوابط میلگردگذاری عرضی مشابه ضوابط بند ۹-۱۵-۱۲ است.

۹-۲۳-۳-۲-۲-۶ در ستون‌هایی که بار اعضای با سختی زیاد را تحمل می‌کنند، مانند ستون‌هایی که در زیر دیوار بتن‌آرمه قرار دارند، در تمام طول ستون باید آرماتور عرضی مطابق ضابطه بند ۹-۲۳-۳-۲-۲-۴ به کار برده شود. به علاوه این آرماتورگذاری باید در قسمتی از آرماتور طولی ستون که به اندازه طول گیرایی است و در داخل دیوار قرار دارد، ادامه داده شود . ضابطه ادامه آرماتور عرضی در دیوار در مورد ستون‌هایی که روی دیوار قرار دارند نیز باید رعایت شود.

۹-۲۳-۳-۲-۲-۷ در محل اتصال ستون به شالوده، آرماتور طولی ستون که به داخل شالوده برده شده است باید در طول حداقل برابر با ۳۰۰ میلیمتر با آرماتور عرضی مطابق ضابطه بند ۹-۲۳-۳-۲-۲-۴ تقویت گردد.

۹-۲۳-۳-۴ اتصالات تیر به ستون‌ها در قاب‌ها

۹-۲۳-۳-۴-۱ در اتصالات تیرها به ستون‌ها، در طول ارتفاع تیر یا دالی که بیشترین ارتفاع را دارد و به محل اتصال منتهی می‌شود، باید در امتداد عمود بر میلگرد طولی ستون، میلگرد عرضی به مقدار حداقل برابر با مقادیر (الف) و (ب) این بند پیش‌بینی نمود:

الف- سطح مقطع میلگرد عرضی نباید کمتر از مقدار محاسبه شده از رابطه (۹-۱۵-۱۳) باشد.

ب- مقدار آرماتور عرضی نباید کمتر از دو سوم مقدار آرماتور عرضی‌در ناحیه ℓ_0 ستون، مطابق بند ۹-۲۳-۳-۲-۲-۴ باشد. فاصله سفره‌های این آرماتور از یکدیگر نباید بیشتر از یک و نیم برابر فاصله سفره‌های نظیر در ناحیه ℓ_0 اختیار شود.

۹-۲۳-۴ ضوابط ساختمان‌های با شکل‌پذیری زیاد

۹-۲۳-۴-۱ اعضای تحت خمش در قاب‌ها ($N_u \leq ۰/۱۵ f_{cd} A_g$)

۹-۲۳-۴-۱-۱ محدودیت‌های هندسی

۹-۲۳-۴-۱-۱-۱ در اعضای خمشی قاب‌ها محدودیت‌های هندسی (الف) تا (پ) این بند باید رعایت شوند:

الف- ارتفاع مؤثر مقطع نباید بیشتر از یک چهارم طول دهانه آزاد باشد.

ب- عرض مقطع نباید کمتر از سه دهم ارتفاع آن و ۲۵۰ میلی‌متر باشد.

پ- عرض مقطع نباید:

- بیشتر از عرض عضو تکیه‌گاهی، در صفحه عمود بر محور طولی عضو خمشی، به اضافه سه‌چهارم ارتفاع عضو خمشی در هر طرف عضو تکیه‌گاهی،
- بیشتر از عرض عضو تکیه‌گاهی، به‌اضافه یک‌چهارم بعد دیگر مقطع عضو تکیه گاهی در هر طرف آن.

۹-۲۳-۴-۱-۱-۲ برون محوری هر عضو خمشی نسبت به ستونی که با آن قاب تشکیل می‌دهد، یعنی فاصله محورهای هندسی دو عضو از یکدیگر، نباید بیشتر از یک‌چهارم عرض مقطع ستون باشد.

۹-۲۳-۴-۱-۲ آرماتور طولی

۹-۲۳-۴-۱-۲-۱ در تمامی مقاطع عضو خمشی نسبت آرماتور، هم در پایین و هم در بالا، نباید کمتر از مقادیر $\frac{۱/۴}{f_y}$ و $\frac{۰/۲۵\sqrt{f_c}}{f_y}$ و نسبت آرماتور کششی نباید بیشتر از ۰/۰۲۵ اختیار شود. حداقل دو میلگرد با قطر ۱۲ میلیمتر یا بیشتر باید هم در پایین و هم در بالای مقطع در سراسر طول تعبیه شود. ضابطه بند ۹-۱۴-۵-۲-۳ در این حالت نیز معتبر است.

۹-۲۳-۴-۱-۲-۲ در تکیه‌گاه‌های عضو خمشی، مقاومت خمشی مثبت هر تکیه‌گاه باید حداقل برابر نصف مقاومت خمشی منفی همان تکیه‌گاه باشد.

۹-۲۳-۴-۱-۲-۳ مقاومت خمشی مثبت و منفی هر مقطع در سراسر طول تیر نبایستی کمتر از یک‌چهارم مقاومت خمشی حداکثر تکیه‌گاه باشد.

۹-۲۳-۴-۱-۲-۵ استفاده از وصله پوششی در میلگردهای طولی خمشی فقط در شرایطی مجاز است که در تمام طول وصله آرماتور عرضی از نوع تنگ‌یا دورپیچ موجود باشد. فواصل سفره‌های آرماتور عرضی دربرگیرنده وصله از یکدیگر نباید بیشتر از یک‌چهارم ارتفاع مؤثر مقطع و ۱۰۰ میلیمتر اختیار شود.

۹-۲۳-۴-۱-۲-۶ استفاده از وصله پوششی در محل‌های زیر مجاز نیست:

الف- در اتصالات تیرها به ستون‌ها

ب- در طولی معادل دو برابر ارتفاع مقطع از بر تکیه‌گاه

۹-۲۳-۴-۱-۲-۷ وصله‌های جوشی یا مکانیکی مطابق ضوابط بندهای ۹-۲۱-۴-۱-۶ و ۹-۲۱-۴-۱-۷ به شرطی مجاز است‌که وصله میلگرد در هر سفره میلگرد به صورت یک در میان انجام شود و فاصله وصله‌ها در میلگردهای مجاور یکدیگر در امتداد طول عضو، کمتر از ۶۰۰ میلی‌متر نباشد.

۹-۲۳-۴-۱-۳ آرماتور عرضی

۹-۲۳-۴-۱-۳-۱ در اعضای خمشی در طول قسمت‌های بحرانی که در زیر مشخص می‌شوند، آرماتور عرضی باید از نوع تنگ ویژه بوده و شرایط آن مطابق بند ۹-۲۳-۴-۱-۳-۲ در نظر گرفته شود، مگر آنکه طراحی برای برش نیاز به آرماتور بیشتری را ایجاب کند:

الف- در طولی معادل دو برابر ارتفاع مقطع از بر تکیه‌گاه به سمت وسط دهانه

ب- در طولی معادل دو برابر ارتفاع مقطع در دو سمت مقطعی که در آن امکان تشکیل مفصل پلاستیک در اثر تغییر مکان جانبی غیرالاستیک قاب وجود داشته باشد.

پ- در طولی که در آن برای تأمین ظرفیت خمشی مقطع به میلگرد فشاری نیاز باشد.

۹-۲۳-۴-۱-۳-۲ تنگ‌های ویژه و فواصل آنها از یکدیگر باید دارای شرایط (الف) تا (پ) این بند باشند:

الف- قطر تنگ‌ها کمتر از ۸ میلی‌متر نباشد.

ب- فاصله تنگ‌ها از یکدیگر بیشتر از مقادیر: یک‌چهارم ارتفاع مؤثر مقطع، ۸ برابر قطر کوچکترین میلگرد طولی، ۲۴ برابر قطر خاموت‌ها و ۳۰۰ میلی‌متر اختیار نشود.

پ- فاصله اولین تنگ از بر تکیه‌گاه بیشتر از ۵۰ میلی‌متر نباشد.

۹-۲۳-۴-۱-۳-۳ در قسمت‌هایی از طول عضو خمشی که مطابق ضابطه بند ۹-۲۳-۴-۱-۳-۱ تنگ ویژه به کار برده می‌شود، میلگردهای طولی در محیط مقطع باید دارای تکیه‌گاه عرضی باشند.

۹-۲۳-۴-۱-۳-۴ در قسمت‌هایی از طول عضو خمشی که به تنگ ویژه نیاز نیست، خاموت‌ها باید در دو انتها دارای قلاب ویژه بوده و فاصله آنها از یکدیگر کمتر یا مساوی نصف ارتفاع موثر باشد.

۹-۲۳-۴-۱-۳-۵ تنگ‌های ویژه در اعضای خمشی را می‌توان با دو قطعه میلگرد ساخت. یک میلگرد به شکل U که در دو انتها دارای قلاب ویژه باشند و میلگرد دیگر به شکل قلاب دوخت که با میلگرد اول یک تنگ بسته تشکیل دهد. خم ۹۰ درجه قلاب‌های دوخت متوالی که یک میلگرد طولی را در بر می‌گیرند، باید بطور یک در میان در دو سمت عضو خمشی قرار داده شوند. چنانچه میلگردهای طولی که توسط قلاب‌های دوخت نگهداری شده‌اند در داخل یک دال که تنها در یک سمت عضو خمشی قرار دارد محصور باشند، خم ۹۰ درجه قلاب‌های دوخت را می‌توان در آن سمت، در دال، قرار داد.

۹-۲۳-۴-۲ اعضای تحت اثر توأم فشار و خمش در قاب‌ها ($N_u > ۰/۱۵ f_{cd} A_g$)

۹-۲۳-۴-۲-۱ محدودیت‌های هندسی

۹-۲۳-۴-۲-۱-۱ در این اعضاء محدودیت‌های هندسی (الف) و (ب) این بند باید رعایت شوند:

الف- عرض مقطع نباید کمتر از چهار دهم بعد دیگر آن و نباید کمتر از ۳۰۰ میلی‌متر باشد.

ب- نسبت عرض مقطع به طول آزاد عضوآن در اعضایی که زیر اثر لنگرهای خمشی موجود در دو انتها در دو جهت خم می‌شوند، نباید کمتر از $\frac{۱}{۱۶}$ و در اعضای طره‌ای نباید کمتراز $\frac{۱}{۱۰}$ باشد.

۹-۲۳-۴-۲-۲ آرماتور طولی

۹-۲۳-۴-۲-۲-۱ در این اعضاء نسبت آرماتور طولی نباید کمتر از یک درصد و بیشتر از شش درصد در نظر گرفته شود. محدودیت حداکثر مقدار آرماتور باید در محل وصله‌ها نیز رعایت شود. در مواردی که آرماتور طولی از نوع فولاد S۴۰۰ است، نسبت آرماتور در خارج از محل وصله‌ها به حداکثر چهار و نیم درصد محدود می‌شود.

۹-۲۳-۴-۲-۲-۲ فاصله محور تا محور میلگردهای طولی از یکدیگر نباید بیشتر از ۲۰۰ میلیمتر باشد.

۹-۲۳-۴-۲-۳ آرماتور عرضی

۹-۲۳-۴-۲-۳-۱ در ستون‌ها، قسمت‌هایی از دو انتهای آنها به طول ℓ_0 «ناحیه بحرانی» تلقی شده و در آنها باید آرماتورگذاری عرضی ویژه مطابق ضوابط بندهای ۹-۲۳-۴-۲-۳-۲ تا ۹-۲۳-۴-۲-۳-۶ انجام شود، مگر آنکه طراحی برای برش نیاز به میلگرد بیشتری را ایجاب کند. طول ℓ_0 که از بر اتصال به اعضای جانبی اندازه‌گیری می‌شود نباید کمتر از مقادیر (الف) تا (پ) این بند در نظر گرفته شود:

الف- یک ششم ارتفاع یا دهانه آزاد عضو

ب- ضلع بزرگتر مقطع مستطیلی شکل یا قطر مقطع دایره‌ای شکل

پ- ۴۵۰ میلی‌متر

۹-۲۳-۴-۲-۳-۲ مقدار آرماتور عرضی لازم در ناحیه بحرانی بر اساس ضوابط زیر تعیین می‌شود:

ب- در ستون‌های با مقطع مربع مستطیل سطح مقطع کل تنگ‌های ویژه در هر امتداد، A_{sh}، نباید کمتر از دو مقدار بدست آمده از روابط (۹-۲۳-۳) و (۹-۲۳-۴) باشد:

$$A_{Sh} = ۰/۴۶(S \times h_c \frac{f_{cd}}{f_{yh}})(\frac{A_g}{A_{ch}} - ۱) \qquad (۹-۲۳-۳)$$

$$A_{Sh} = ۰/۱۴ \times S \times h_c \frac{f_{cd}}{f_{yh}} \qquad (۹-۲۳-۴)$$

۹-۲۳-۴-۲-۳-۴ قطر میلگردهای عرضی در ناحیه بحرانی نباید کمتر از ۸ میلیمتر باشد. فاصله سفره میلگردها از یکدیگر نباید بیشتر از مقادیر (الف) تا (پ) این بند باشد:

الف- یک چهارم ضلع کوچکتر مقطع ستون

ب- شش برابر کوچکترین قطر میلگرد طولی

پ- ۱۲۵ میلی‌متر

۹-۲۳-۴-۲-۳-۵ آرماتور عرضی‌در ناحیه بحرانی را می‌توان با تنگ‌های ویژه یکپارچه و یا تنگ-های ویژه چند قطعه‌ای که با یکدیگر پوشش دارند، ساخت. همچنین می‌توان از میلگردهای رکابی با قطر و فاصله مشابه تنگ‌ها که دارای خم۹۰ درجه در یک انتهای آن است، استفاده‌کرد. هر دو انتهای میلگردهای رکابی باید در برگیرنده یک میلگرد طولی باشد و محل خم ۹۰ درجه آن باید در امتداد میلگرد طولی یک در میان عوض شود.

۹-۲۳-۴-۲-۳-۶ در هر مقطع عضو فاصله میلگرد رکابی یا ساق‌های تنگ‌ها از یکدیگر در جهت عمود بر محور طولی عضو، نباید بیشتر از ۳۵۰ میلیمتر باشد.

۹-۲۳-۴-۲-۳-۷ در عضوهایی‌که بر اثر تغییرمکان‌جانبی غیرالاستیک قاب در مقطعی غیر از مقاطع انتهایی آن امکان تشکیل مفصل پلاستیک وجود داشته باشد، در هر سمت آن مقطع طولی به اندازه l_o ناحیه بحرانی تلقی شده و در آن باید میلگرد گذاری عرضی ویژه اجرا شود.

۹-۲۳-۴-۲-۳-۸ در عضوهایی که بار اعضای با سختی زیاد را تحمل می‌کنند، مانند عضوهای واقع در زیر دیوار بتن آرمه، در تمام طول عضو باید آرماتورگذاری عرضی ویژه اجرا شود. بعلاوه این آرماتور گذاری باید در قسمتی از آرماتور طولی عضو که به اندازه طول گیرایی است و در داخل دیوار قرار دارد، ادامه داده شود. ضابطه ادامه آرماتورگذاری عرضی ویژه در دیوار، در مورد عضوهایی که روی دیوار قرار دارند نیز باید رعایت شود.

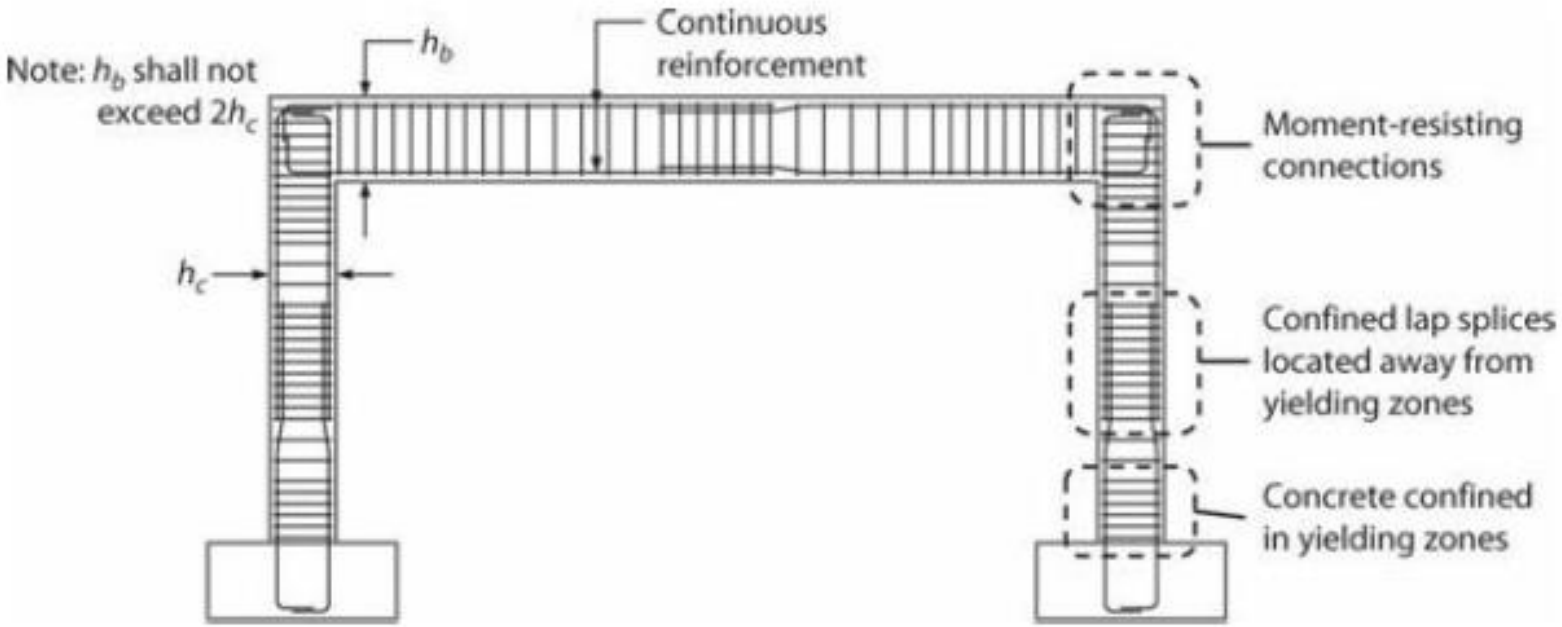
۹-۲۳-۴-۲-۳-۹ در عضوهایی که قسمتی از ارتفاع آنها با یک دیوار بتنی گرفته شده است، در تمام قسمت آزاد عضو باید آرماتورگذاری ویژه اجرا شود.

۹-۲۳-۴-۲-۳-۱۰ در محل اتصال عضو به شالوده، آرماتور طولی عضو که به داخل شالوده برده شده است باید در طولی حداقل برابر با ۳۰۰ میلیمتر با آرماتورگذاری عرضی ویژه تقویت گردد.

۹-۲۳-۴-۲-۳-۱۱ در قسمت‌هایی‌از طول عضو که‌آرماتورگذاری عرضی ویژه اجرا نمی‌شود باید آرماتور عرضی به صورت دورپیچ یا تنگ ویژه به قطر ۸ میلیمتر به کار برده شود. فاصله سفره‌های این میلگردها از یکدیگر باید بر اساس نیاز طراحی برای برش تعیین شوند ولی در هرحال این فاصله نباید بیشتر از نصف ضلع کوچکتر مقطع مستطیلی شکل عضو، نصف قطر مقطع دایره‌ای شکل عضو، شش برابر قطر میلگرد طولی و یا ۲۰۰ میلیمتر اختیار شود.

۹-۲۳-۴-۲-۲-۳ استفاده از وصله پوششی در میلگردهای طولی فقط در نیمه میانی طول ستون مجاز است. طول پوشش این وصله‌ها باید برای وصله‌های کششی در نظر گرفته شود.

۹-۲۳-۴-۲-۲-۴ وصله‌های جوشی یا مکانیکی، مطابق ضوابط بند ۹-۲۱-۴-۱-۶ و ۹-۲۱-۴-۱-۷ در میلگردهای طولی به شرطی مجاز است که وصله میلگردها در هر مقطع به صورت یک در میان انجام شود و فاصله وصله‌ها در میلگردهای مجاور یکدیگر، در امتداد طول ستون، کمتر از ۶۰۰ میلی‌متر نباشد.



شکل شماتیک آرماتورگذاری قاب خمشی

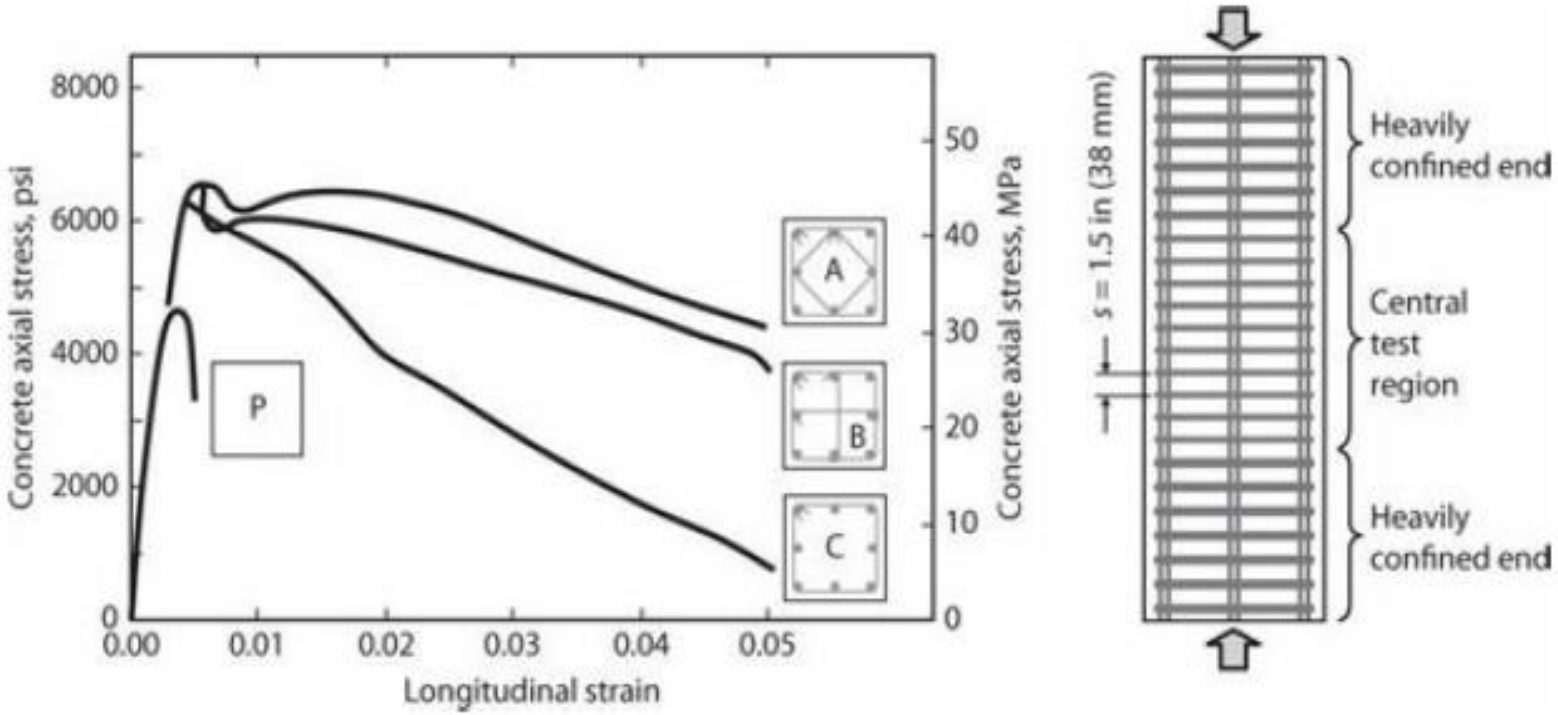


FIGURE 4.1 Stress–strain response of plain concrete (P) and three confined concrete cross sections. (*After Moehle and Cavanagh, 1985, used with permission from ASCE.*)

تاثیر خاموت گذاری در مقاومت محوری ستون

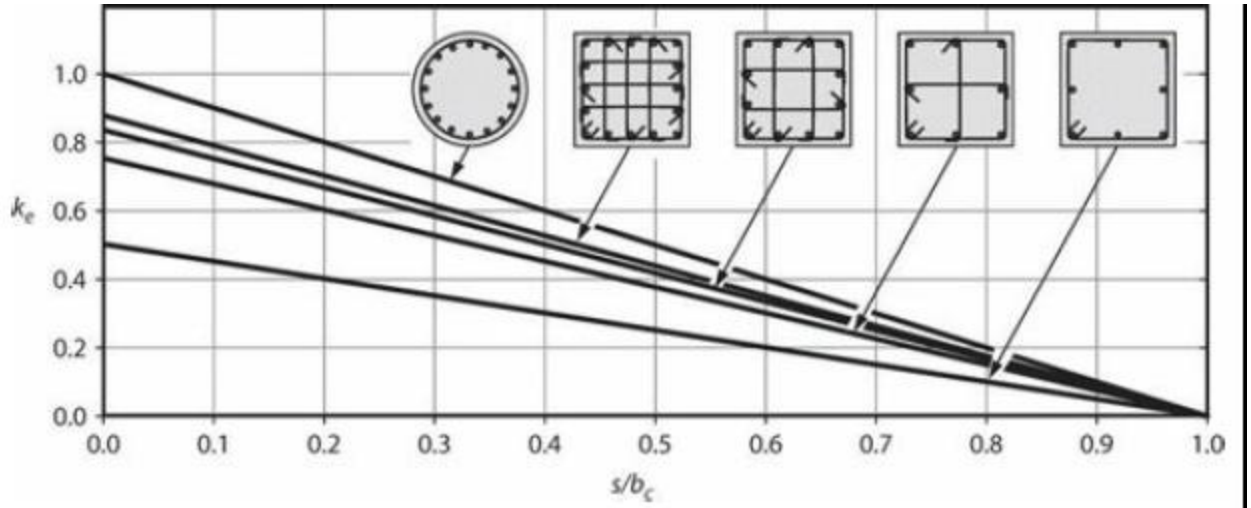


FIGURE 4.11 Confinement effectiveness for various confinement configurations and hoop spacings.

تاثیر شکل مقطع و مقدار خاموت گذاری در مقاومت محوری ستون

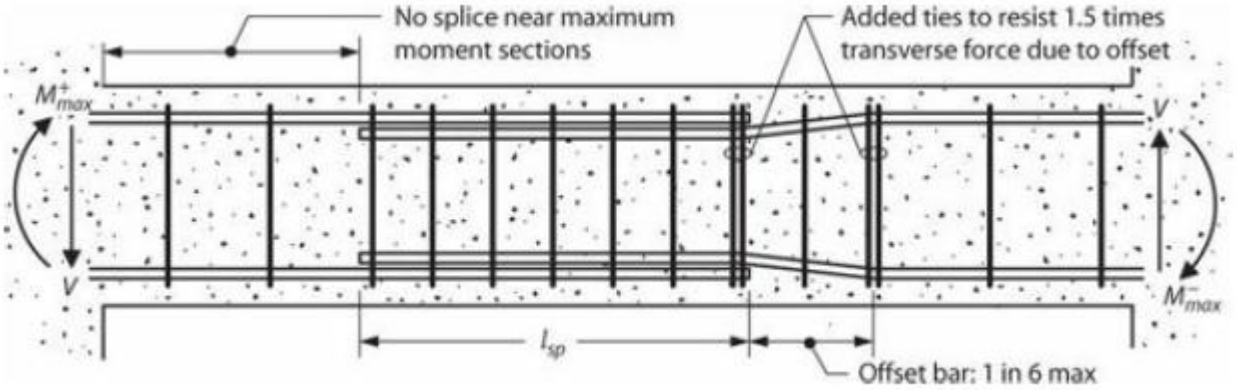
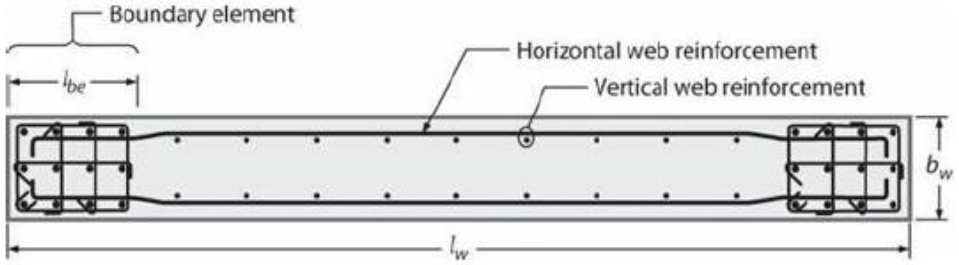
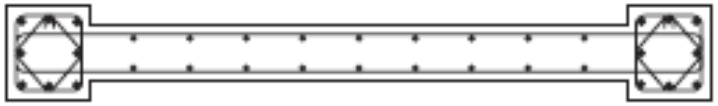


FIGURE 8.32 Detailing of splice location and offset bars.

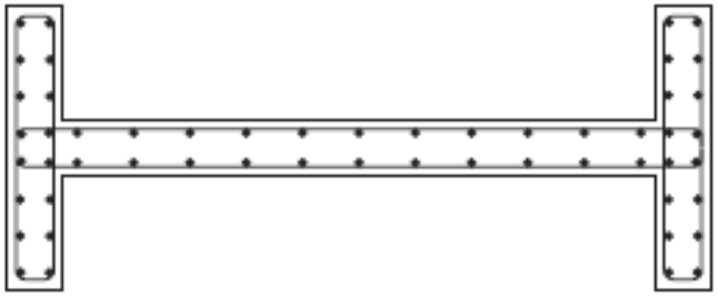
فاصله و نحوه وصله پوششی در تیرها



(a) Boundary element within dimensions of wall.



(b) Wall with enlarged boundary element.



(c) Wall with reinforcement concentrated in flanges.

Fig. 18-16
Structural walls with concentrated reinforcement at their edges.

نمونه هایی از شکل مقطع دیوار برشی