به نام خدا

سازمان نظام مهندسی ساختمان خراسان شمالی

نکات اجرای سازه های بتن مسلح

مدرس : دکتر وکیلی

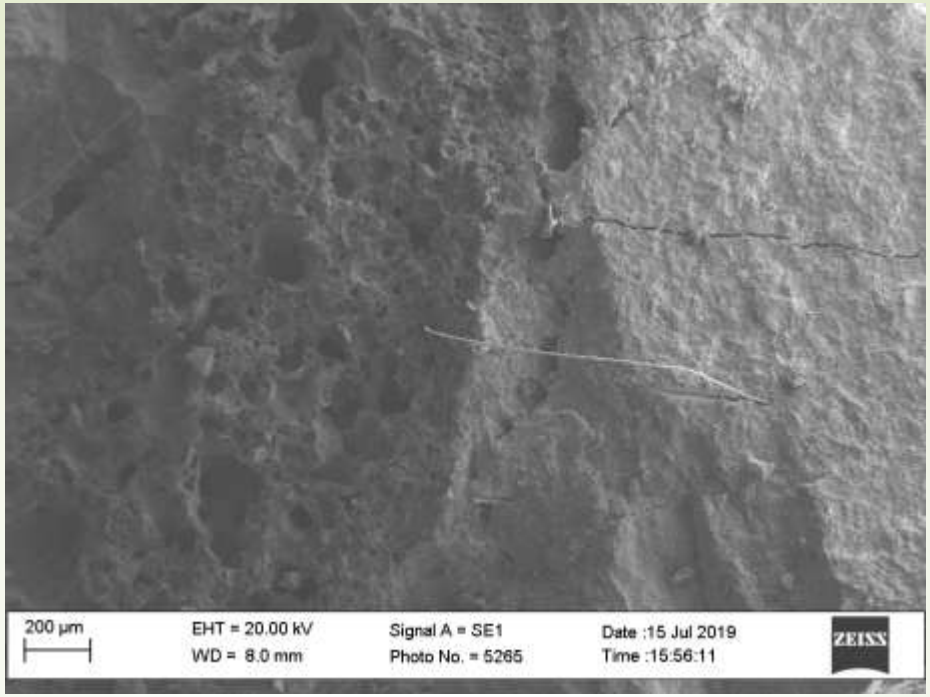
مسائل مربوط به ایمنی در کارگاه:

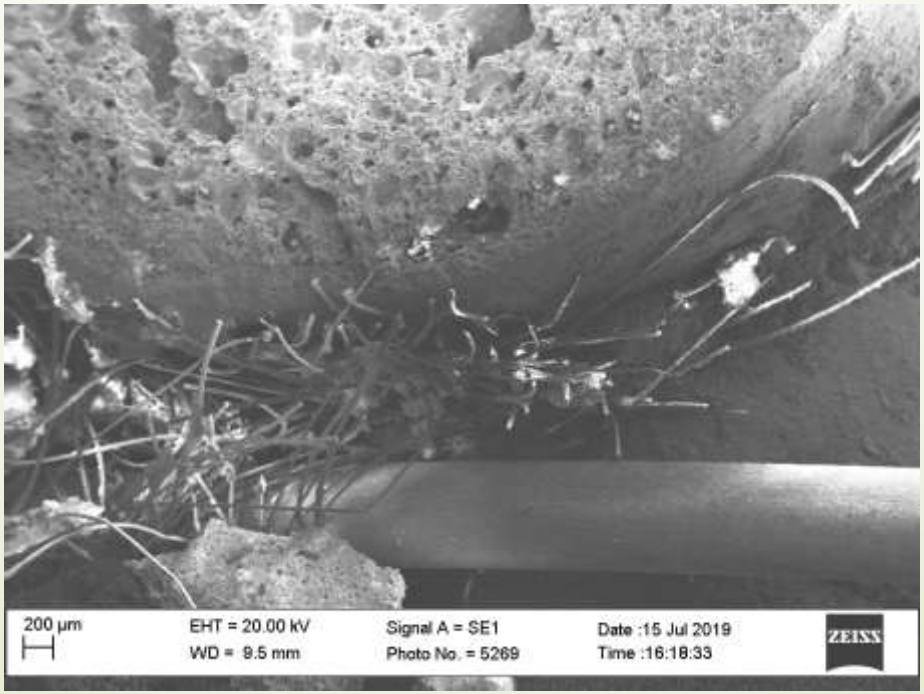
رعایت کلیه مسائل ایمنی مندرج در مبحث دوازدهم مقررات ملی ساختمان و همچنین آیین نامه حفاظتی کارگاه های ساختمانی وزارت کار در کلیه مراحل اجرای ساختمان الزامیست. از این میان نصب حفاظ و حصار در اطراف پرتگاه ها مانند اطراف سقف ها، راه پله و اطراف چاله آسانسور در کلیه طبقات و ایجاد راهروی سرپوشیده ایمن در مجاورت معابر از اهمیت ویژه ای برخوردار است. اهم موارد ایمنی عبارتند از:

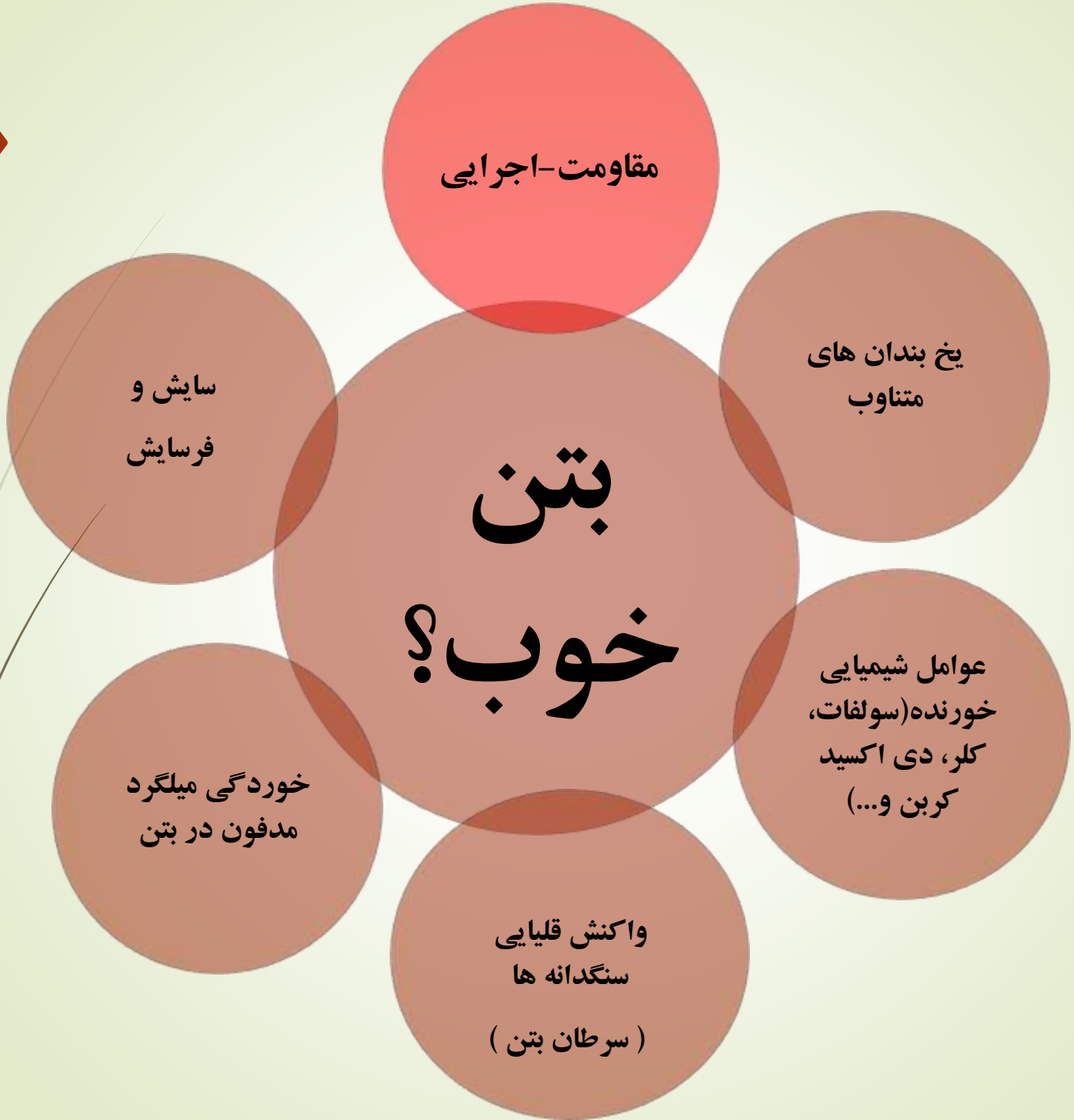
- جلوگیری از سقوط در حین کار در ارتفاع
- استفاده از تجهیزات حفاظت فردی و کار در ارتفاع
- ایجاد سرپوش های حفاظتی مناسب و دسترسی ایمن به فضا ها
- بکارگیری استفاده از داربست های ایمن
- استفاده ازپلکان و نردبان مناسب
- بررسی و تأمین ایمنی جراثقال و بالابر ها
- بررسی و تأمین ایمنی در حفاری ها
- بررسی و تأمین ایمنی در حریق و الکتریسیته
- ایجاد حصار دور محوطه کارگاه
- پیش بینی روشنایی داخل و محوطه کارگاه در هنگام شب
- نصب تابلو و علائم هشدار دهنده و ...

بتن ← ترکیب متجانسی از

دانه های سنگی	ملات
درشت دانه (شن) Gravel	آب Water
ریز دانه (ماسه) Sand	سیمان Cement
پرکننده Filler`	مواد مضاف Admixture


200 µm
EHT = 20.00 kV
WD = 8.0 mm
Signal A = SE1
Photo No. = 5265
Date :15 Jul 2019
Time :15:56:11
ZEISS


200 µm
EHT = 20.00 kV
WD = 9.5 mm
Signal A = SE1
Photo No. = 5269
Date :15 Jul 2019
Time :16:18:33
ZEISS


مقاومت-اجرایی
یخ بندان های متناوب
عوامل شیمیایی خورنده(سولفات، کلر، دی اکسید کربن و...)
واکنش قلیایی سنگدانه ها (سرطان بتن)
خوردگی میلگرد مدفون در بتن
سایش و فرسایش
بتن خوب؟

جدول ۹-پ۱-۱۰ مقدار کل حباب‌های هوا برای بتن مقاوم در برابر یخ زدن و آب شدن

حداکثر اندازه‌ی اسمی سنگ دانه (میلی متر)	مقدار درصد هوا * درشرایط محیطی	
	XFT3 و XFT2	XFT1
۹/۵	۷/۵	۶
۱۲/۵	۷	۵/۵
۱۹	۶	۵
۲۵	۶	۴/۵
۳۸	۵/۵	۴/۵
۵۰	۵	۴

جدول ۹-پ۱-۹ الزامات بتن در مناطق رویارو با چرخه‌های یخ زدن و آب شدن

شرایط محیطی	حداکثر نسبت آب به مواد سیمانی	حداقل رده بتن
XFT0	۰/۵۵	C25
XFT1	۰/۵۵	C25
XFT2	۰/۴۵	C30
XFT3	۰/۴۰	C30

جدول ۹-پ۱-۱ دسته بندی شرایط محیطی از دیدگاه دوام بتن

ردیف	رده بندی	رده‌ی مشخصه	توصیف شرایط	نمونه‌هایی از شرایط محیطی مشابه با رده بندی
۱	خطر خوردگی یا حملات شیمیایی وجود ندارد.	X0	بتن غیر مسلح و بدون سایر فلزات مدفون در بتن: تمام شرایط محیطی به غیر از شرایطی که در آنها پدیده‌های یخ زدن- آب شدن، سایش یا حملات شیمیایی ایجاد شوند.	—
			بتن آرمه خیلی خشک	- بتن در داخل ساختمان‌ها با رطوبت بسیار کم
۲	خوردگی ناشی از یون‌های کلرید به غیر از آب شور دریا (بتن دارای میلگرد یا سایر فلزات مدفون و در تماس با آب حاوی یون‌های کلرید، شامل نمک‌های یخ‌زدا، با منبعی غیر از آب دریای شور).	XCD1	رطوبت متوسط	- سطوح بتنی در معرض یون‌های کلرید موجود در هوا
		XCD2	مرطوب، به ندرت خشک	- استخر شنا
		XCD3	بتن آرمه در تماس مستقیم با خاک دارای یون کلرید	- قسمت‌هایی از ساختمان که در تماس با خاک مهاجم هستند و در زیر سطح آب زیر زمینی واقع شده اند (آب به راحتی می‌تواند از سطح به داخل نفوذ پیدا کند)
		XCD4	چرخه‌های تر و خشک شدن	- بخش‌هایی از ساختمان که در معرض پاشش کلریدی قرار دارند، - روسازی‌های محوطه ساختمان‌ها،

۳	خوردگی ناشی از یون‌های کلرید آب دریای شور (بتن دارای میلگرد یا سایر فلزات مدفون و در تماس با یون‌های کلرید ناشی از آب دریا، و یا نمک‌های موجود در هوا)	XCS1	بتن آرمه در معرض نمک‌های کم موجود در هوا و خیلی دور از دریا	- ساختمان‌های دور از ساحل
		XCS2	به طور دائم غرقاب یا درون خاک خیس یا مرطوب	- بخش‌هایی از ساختمان‌های دریایی که در آب دریا قرار دارند. - بخش‌هایی از سازه که در خاک ساحلی یا پایین‌تر از سطح کف دریا قرار دارند.
		XCS3	بتن آرمه در معرض نمک‌های زیاد موجود در هوا و بدون تماس مستقیم با آب دریا یا پاشش	- ساختمان‌های نزدیک ساحل
		XCS4	نواحی در معرض پاشش و جزر و مد	- بخش‌هایی از ساختمان‌های دریایی در معرض پاشش و جزر و مد
۴	خوردگی ناشی از کربناته شدن	XCA1	شرایط خشک یا همیشه مرطوب	- سطوح بتن آرمه که در محوطه‌ی بسته داخلی سازه قرار دارند، به استثنای محیط‌های داخلی سازه که رطوبت بالایی دارند. - سطوح بتن آرمه که همواره درون آب بدون عوامل آسیب‌رسان مستغرق باشند.
		XCA2	شرایط غالباً مرطوب و به ندرت خشک	- سطوح بتن آرمه که در طولانی مدت در معرض آب باشند هم‌چون بسیاری از پی‌ها.

		XCA3	شرایط با رطوبت محیطی متوسط	- سطوح خارجی بتن آرمه که توسط سایبان از بارش مستقیم باران مصون هستند. - سطوح بتن آرمه که در معرض رطوبت زیاد هستند، همچون محیط حمام و آشپزخانه. بتن در مناطق گرم و خشک و شهرها
		XCA4	چرخه‌های تر و خشک شدن	- سطوح بتن آرمه که در معرض چرخه‌های تر و خشک شدن هستند.
۵	بتن در معرض دوره‌های یخ زدن و آب شدن و محیط مرطوب قرار دارد	XFT0	درجه‌ی اشباع کم	- احتمال چند چرخه یخ زدن و آب شدن محدود در سال وجود دارد.
		XFT1	درجه‌ی اشباع متوسط احتمال حضور نمک‌های یخ‌زدا وجود ندارد.	- احتمال چرخه‌ی یخ زدن و آب شدن وجود دارد. به عنوان مثال این چرخه‌ها در اجزای قائم رخ می‌دهند.
		XFT2	درجه‌ی اشباع زیاد احتمال حضور نمک‌های یخ‌زدا وجود ندارد.	- احتمال چرخه‌ی یخ زدن و آب شدن وجود دارد. به عنوان مثال این چرخه‌ها در اجزای افقی رخ می‌دهند.
		XFT3	درجه‌ی اشباع زیاد با حضور نمک‌های یخ زدا	- چرخه‌های یخ زدن و آب‌شدن در اجزای مختلف رخ می‌دهند. به عنوان مثال این چرخه‌ها در مناطق پاششی رخ می‌دهند.

۶	بتن در معرض حملات سولفاتی قرار دارد (اما یون‌های کلرید قابل توجهی وجود ندارند)	XS1	احتمال حملات سولفاتی متوسط	- بخش‌هایی از سازه‌ی بتنی که در معرض یون‌های سولفات موجود در آب و خاک مجاور قرار دارند.
		XS2	احتمال حملات سولفاتی شدید	- بخش‌هایی از سازه‌ی بتنی که در معرض یون‌های سولفات موجود در آب و خاک مجاور قرار دارند.
		XS3	احتمال حملات سولفاتی خیلی شدید	- بخش‌هایی از سازه‌ی بتنی که در معرض یون‌های سولفات موجود در آب و خاک مجاور قرار دارند.
۷	بتن در شرایط بروز واکنش قلیایی سنگ دانه قرار دارد	XAS1	واکنش ناشی از سنگ دانه‌های سیلیسی	- بخش‌هایی از سازه‌ی بتنی که ممکن است با سنگ دانه‌های سیلیسی واکنش‌زا و سیمان پر قلیا ساخته شده و دارای رطوبت باشند.
		XAS2	واکنش ناشی از سنگ دانه‌های کربناتی	- بخش‌هایی از سازه‌ی بتنی که ممکن است با سنگ دانه‌های کربناتی واکنش‌زا و سیمان پر قلیا ساخته شده و دارای رطوبت باشند.

۹-پ۱-۲ الزامات بتن آرمه در معرض یون‌های کلرید

۹-پ۱-۲-۱ ضوابط طرح مخلوط و خواص بتن

در جدول ۹-پ۱-۲، ضوابط طرح مخلوط و خواص بتن برای شرایط محیطی در معرض یون‌های کلرید ارائه شده اند.

جدول ۹-پ۱-۲ ضوابط طرح مخلوط و خواص بتن برای شرایط محیطی در معرض یون‌های کلرید

طبقه بندی	دسته بندی	نوع سیمان انتخابی	حداقل مقدار مواد سیمانی، kg/m^3	حداکثر نسبت آب به مواد سیمانی	حداقل رده‌ی بتن (مقاومت مشخصه)
۱	XCD1 XCS1	سیمان پرتلند نوع (۱) و (۲) و CEM I – SR10 و سایر سیمان‌های آمیخته	۳۲۵	۰/۵	C30
۲	XCS2 XCD2 XCD3	سیمان پرتلند نوع (۱) و (۲) و CEM I – SR10 و سایر سیمان‌های آمیخته	۳۲۵	۰/۴۵	C35
۳	XCS3 XCD4	سیمان پرتلند نوع (۱) و (۲) و CEM I – SR10 با مواد پوزولانی یا سرباره یا سیمان‌های آمیخته	۳۵۰	۰/۴۰	C35
۴	XCS4	سیمان پرتلند نوع (۱) و (۲) و CEM I – SR10 با مواد پوزولانی یا سرباره یا سیمان‌های آمیخته	۳۷۵	۰/۳۷	C40

۹-پ۱-۲-۲ مقدار مجاز یون‌های کلرید در بتن

۹-پ۱-۲-۲-۱ به منظور حفاظت میلگردها در برابر خوردگی، مقدار کلرید قابل حل در آب و یا در اسید در بتن در سن ۲۸ روز، نباید از مقادیر حداکثر مجاز داده شده در جدول ۹پ۱-۳ تجاوز کند.

جدول ۹-پ۱-۳ حداکثر مجاز یون‌های کلرید در بتن آرمه از نظر خوردگی فولاد برای ساخت جدید

نوع عضو بتنی	نسبت کلرید به مواد سیمانی بر حسب درصد وزنی	
	قابل حل در آب طبق استاندارد ملی ایران به شماره‌ی ۸۹۴۷	قابل حل در اسید طبق استاندارد ملی ایران به شماره‌ی ۸۹۴۶
بتن آرمه‌ای که در زمان بهره برداری در معرض رطوبت و کلریدها قرار گیرد؛ مطابق رده‌ی XCS3 و XCS4 و XCD4	۰/۰۸	۰/۱
بتن آرمه‌ای که در زمان بهره برداری در معرض رطوبت و کلریدها قرار گیرد؛ مطابق رده‌ی XCS1 و XCS2 و XCD1 و XCD2 و XCD3	۰/۱	۰/۱۳
بتن آرمه‌ای که در زمان بهره برداری در معرض رطوبت بدون تماس با یون‌های کلرید باشد.	۰/۱۵	۰/۲۰
بتن آرمه‌ای که در زمان بهره برداری در حالت خشک باشد یا از رطوبت محافظت شود.	۰/۳۰	۰/۴۰

جدول ۹-پ۱-۶ ضوابط طرح مخلوط برای شرایط محیطی خوردگی ناشی از کربناته شدن

شرایط محیطی	پوشش میلگرد، میلی متر / مشخصات طرح مخلوط	رده‌ی بتن، حداکثر نسبت آب به مواد سیمانی و حداقل مقدار سیمان برای بتن معمولی							
		۲۵	۳۰	۳۵	۴۰	۴۵	۵۰	۵۵	۶۰
XCA1	حداقل رده‌ی بتن حداکثر نسبت آب به مواد سیمانی حداقل عیار مواد سیمانی، کیلوگرم بر متر مکعب	C25 ۰/۵۵ ۳۲۵	C20 ۰/۶۰ ۳۰۰	C20 ۰/۶۰ ۲۷۵	C20 ۰/۶۰ ۲۷۵	C20 ۰/۶۰ ۲۷۵	C20 ۰/۶۰ ۲۷۵	C20 ۰/۶۰ ۲۷۵	C20 ۰/۶۰ ۲۷۵
XCA2	حداقل رده‌ی بتن حداکثر نسبت آب به مواد سیمانی حداقل عیار مواد سیمانی، کیلوگرم بر متر مکعب	مورد ندارد	C30 ۰/۵۰ ۳۲۵	C25 ۰/۵۵ ۳۰۰	C25 ۰/۵۵ ۳۰۰	C25 ۰/۶۰ ۳۰۰	C25 ۰/۶۰ ۳۰۰	C25 ۰/۶۰ ۳۰۰	C25 ۰/۶۰ ۳۰۰
XCA3	حداقل رده‌ی بتن حداکثر نسبت آب به مواد سیمانی حداقل عیار مواد سیمانی، کیلوگرم بر متر مکعب	مورد ندارد	مورد ندارد	C30 ۰/۵۰ ۳۲۵	C30 ۰/۵۰ ۳۰۰	C25 ۰/۵۵ ۳۰۰	C25 ۰/۵۵ ۳۰۰	C25 ۰/۵۵ ۳۰۰	C25 ۰/۵۵ ۳۰۰
XCA4	حداقل رده‌ی بتن حداکثر نسبت آب به مواد سیمانی حداقل عیار مواد سیمانی، کیلوگرم بر متر مکعب	مورد ندارد	مورد ندارد	C35 ۰/۴۵ ۳۵۰	C30 ۰/۴۵ ۳۲۵	C25 ۰/۵۰ ۳۰۰	C25 ۰/۵۰ ۳۰۰	C25 ۰/۵۵ ۳۰۰	C25 ۰/۵۵ ۳۰۰

جدول ۹-پ۱-۸ ضوابط طرح مخلوط برای شرایط محیطی خوردگی ناشی ازیون‌های سولفات

شرایط محیطی	مقدار یون سولفات (SO_4) محلول در آب موجود در خاک (٪ وزنی)	مقدار یون سولفات (SO_4) در آب (میلی گرم بر لیتر)	نوع مواد سیمانی[۱]	حداکثر نسبت آب به مواد سیمانی	حداقل رده بتن [۲]
X0	۰/۱ >	۱۵۰>	-	-	C20
XS1	۰/۲۰>SO_4^{2-} ≥۰/۱۰	۱۵۰۰ >SO_4^{2-} ≥۱۵۰ یا آب دریا	مقاومت سولفاتی کم	۰/۵	C25
XS2	۲/۰۰ ≥SO_4^{2-} ≥۰/۲۰	≥SO_4^{2-} ≥۱۵۰۰ ۱۰۰۰۰	مقاومت سولفاتی متوسط	۰/۴۵	C30
XS3	۲/۰۰ <	۱۰۰۰۰<	مقاومت سولفاتی زیاد	۰/۴	C35

[۱] برای نوع سیمان و مواد سیمانی به بند ۹-پ۱-۴-۹، ۹-پ۱-۴-۱۰ و ۹-پ۱-۴-۱۱ مراجعه شود.

[۲] رعایت این محدودیت برای بتن‌های سبک دانه الزامی است؛ زیرا کنترل نسبت آب به مواد سیمانی عملاً در بتن‌های سبک دانه میسر نمی‌باشد. هرچند رعایت این محدودیت برای بتن معمولی نیز توصیه می‌گردد.

۹-۳ مشخصات مکانیکی بتن

۹-۳-۱ گستره

۹-۳-۱-۱ این فصل شامل مشخصات مکانیکی بتن که در طراحی سازه‌ها مورد نیاز است، می‌باشد. برای جزئیات ساختن، ریختن، عمل آوردن و شرایط پذیرش بتن باید ضوابط فصل ۹-۲۲ این مبحث، هم‌چنین ضوابط مرتبط در مبحث پنجم رعایت شوند.

۹-۳-۱-۲ الزامات مربوط به دوام بتن باید مطابق آن چه در پیوست ۹-پ۱ این مبحث آورده شده‌اند، رعایت شوند.

۹-۳-۲ بتن معمولی و بتن سبک

۹-۳-۲-۱ چگالی بتن معمولی در محاسبات برابر با ۲۳۰۰ کیلو گرم در متر مکعب منظور می‌شود. چگالی بتن سبک سازه‌ای باید بر اساس نتایج آزمایش تعیین شود؛ ولی مقدار آن نباید کم‌تر از ۱۴۰۰ کیلو گرم بر متر مکعب باشد.

۹-۳-۲-۲ برای منظور کردن مشخصات بتن‌های سبک، کلیه‌ی روابط این آیین نامه که در آن‌ها از $\sqrt{f'_c}$ استفاده شده است، در ضریب λ مطابق جداول ۹-۳-۱ و یا ۹-۳-۲ ضرب می‌گردد، ضریب λ در جدول ۹-۳-۱ با توجه به ترکیب سنگدانه‌های معمولی و سبک به ترتیب مطابق

استانداردهای ملی ۳۰۲ و ۴۹۸۵، یا در جدول ۹-۳-۲ با توجه به چگالی بتن تعیین می‌شود.

جدول ۹-۳-۱ ضریب اصلاح λ با توجه به ترکیب دانه ها

بتن	ترکیب دانه‌ها	λ
تمام سبک دانه	ریز دانه و درشت دانه : سبک	۰/۷۵
نیمه سبکدانه [۱]	ریز دانه : ترکیب معمولی و سبک درشت دانه : سبک	۰/۷۵ تا ۰/۸۵
	ریز دانه : معمولی درشت دانه : سبک	۰/۸۵
	ریز دانه: معمولی درشت دانه : ترکیب معمولی و سبک	۰/۸۵ تا ۱/۰۰
معمولی	ریز دانه و درشت دانه : معمولی	۱/۰۰

[۱] برای بتن های نیمه سبکدانه ترکیبی، مقدار λ از درون یابی خطی بین ۰/۷۵ و ۰/۸۵ با توجه به نسبت حجم ریزدانه معمولی به حجم کل سنگدانه و بین ۰/۸۵ تا ۱/۰۰ با توجه به نسبت حجم درشت دانه معمولی به حجم کل مواد سنگی بدست می آید.

جدول ۹-۳-۲ ضریب اصلاح λ با توجه به چگالی بتن

چگالی بتن، w_c، کیلوگرم بر متر مکعب	λ
≤ 1600	0.75
$1600 < w_c \leq 2160$	$0.00046w_c \leq 1.00$
$w_c > 2160$	1.00

۹-۳-۲-۳ مقدار λ برای بتن با چگالی معمولی برابر ۱/۰ منظور می گردد.

۹-۳-۲-۴ در محاسبات طول گیرایی آرماتورها، ضریب λ برای انواع بتن های سبک باید برابر با

۰/۷۵ منظور شود.

۹-۳-۳ مقاومت فشاری مشخصه‌ی بتن، f'_c

۹-۳-۳-۱ مقاومت فشاری مشخصه‌ی بتن، f'_c، باید بر اساس آزمایش‌های ۲۸ روزه بر روی حداقل دو نمونه‌ی استوانه‌ای به قطر ۱۵۰ و ارتفاع ۳۰۰ میلی متر یا حداقل سه نمونه‌ی استوانه‌ای به قطر ۱۰۰ و ارتفاع ۲۰۰ میلی متر تعیین شود. در صورتی که سن دیگری برای آزمایش نمونه‌ها مورد نظر باشد، باید در مدارک ساخت ذکر گردد.

۹-۳-۳-۲ مقاومت فشاری مشخصه‌ی بتن، f'_c، باید در طرح مخلوط بتن بر اساس بند ۹-۲۲-۴-۳، و هم‌چنین در ارزیابی و پذیرش بتن بر اساس بند ۹-۲۲-۱۱، ملاک عمل قرار گیرد.

۹-۳-۳-۳ مقدار f'_c باید با توجه به محدودیت‌های زیر، در نظر گرفته شود:

الف- حداقل مقدار برای انواع بتن‌های معمولی و سبک برابر با ۲۰ مگاپاسکال و حداکثر آن ۵۰ مگاپاسکال است.

ب- در ساختمان‌های بلندتر از ۲۰ طبقه از روی شالوده، با تأمین شرایط بند پ زیر، می‌توان حداکثر مقاومت را در بتن‌های معمولی تا ۷۰ مگاپاسکال افزایش داد.

پ- با پیش بینی تدابیر ویژه برای کنترل کیفیت بتن نشان داده شود که بدست آوردن چنین مقاومتی در اجرا امکان پذیر است.

ت- در سازه‌های لرزه‌بر ویژه، موضوع فصل ۲۰، حداقل مقدار f'_c برای بتن های معمولی وسبک ۲۵ مگاپاسکال و حداکثر آن برای بتن های سبک ۳۵ مگاپاسکال می‌باشد.

ث- در کلیه موارد حداقل مقدار f'_c نباید از آنچه برای دوام بتن، طبق ضوابط پیوست ۹-پ-۱ تعیین شده، کمتر در نظر گرفته شود.

۹-۳-۴ رده بندی بتن

۹-۳-۴-۱ رده بندی بتن بر اساس مقاومت مشخصه‌ی آن معمولا به ترتیب زیر است:

C10 C12 C16 C20 C25 C30 C35 C40 C45 C50 C55 C60 C65 C70

اعداد بعد از C بیان‌گر مقاومت فشاری مشخصه‌ی بتن f'_c بر حسب مگاپاسکال می‌باشند.

با افزایش مقاومت بتن:

۱- کاهش شکل پذیری

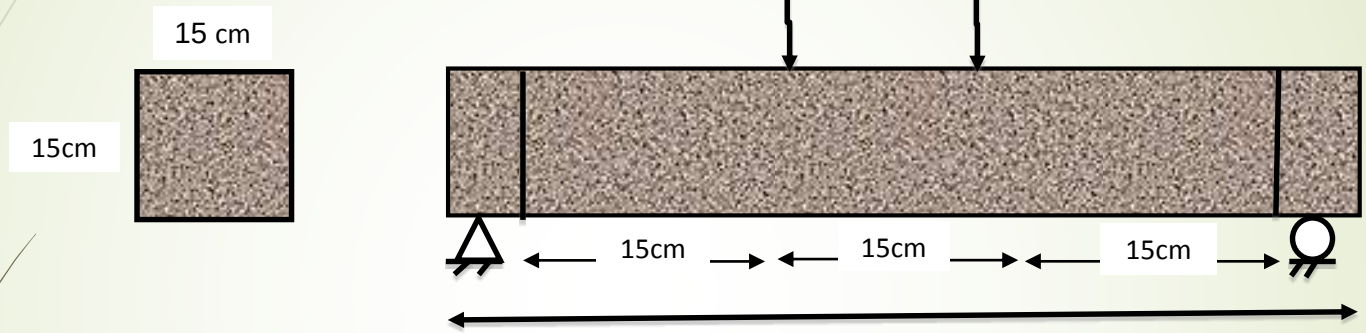
۲- کاهش ابعاد

۳- استفاده از میلگرد مقاومت بالا

۹-۳-۵ مدول گسیختگی بتن، f_r

۹-۳-۵-۱ مدول گسیختگی بتن، از رابطه‌ی (۹-۳-۱) محاسبه می شود.

$$f_r = 0.62\lambda\sqrt{f'_c} \qquad (۹-۳-۱)$$



۹-۳-۶ مدول الاستیسیته‌ی بتن، E_c

۹-۳-۶-۱ مدول الاستیسیته بتن را می‌توان از یکی از دو رابطه‌ی (۹-۳-۲-الف) و یا (۹-۳-۲-ب) محاسبه نمود:

- ضریب الاستیسیته بتنهای با چگالی بتن w_c بین ۱۴۴۰ و ۲۵۶۰ کیلو گرم بر متر مکعب:

$$E_c = 0.043 w_c^{1.5} \sqrt{f'_c} \qquad \text{(۹-۳-۲-الف)}$$

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

$$E_c = 4700 \sqrt{f'_c} \qquad \text{(۹-۳-۲-ب)}$$

۹-۳-۶-۲ مدول الاستیسیته بتن را می‌توان بر مبنای آزمایش بر روی نمونه‌های ۲۸ روزه‌ی بتن تعیین نمود؛ به شرط آن که این پارامتر نیز در طرح مخلوط بتن منظور شده و نتایج آزمایش‌های تعیین E_c در مدارک ساخت ارائه شوند.

۹-۳-۷ ضریب پواسون بتن، ν

۹-۳-۷-۱ در بتن معمولی، ضریب پواسون را میتوان یا برابر با ۰/۲ فرض نمود؛ و یا مقدار آن را از طریق آزمایش‌های معتبر به دست آورد.

۹-۳-۷-۲ در بتنهای سبک، ضریب پواسون باید بر اساس آزمایش تعیین شود.

۹-۳-۸ ضریب انبساط حرارتی بتن

۹-۳-۸-۱ در بتن‌های معمولی، ضریب انبساط حرارتی را میتوان با توجه به نوع سنگ دانه‌ها و با تقریب ۲۰ درصد برابر با 10×10^{-6} در هر درجه‌ی سلسیوس منظور نمود.

۹-۳-۸-۲ در بتن‌های سبک، ضریب انبساط حرارتی را باید با توجه به نوع بتن سبک از طریق آزمایش به دست آورد.

۹-۳-۹ جمع شدگی و خزش بتن

مساحت ↑ تنش ↓ خزش ↓

۹-۳-۹-۱ اثرات جمع شدگی و خزش بتن در سازه‌ها، به ویژه در ساختمان‌های بلند مرتبه، می‌توانند قابل ملاحظه باشند؛ و باید در طراحی منظور شوند. مشخصات مکانیکی برای این آثار و نیز روش محاسبات آن‌ها در پیوست ۹-پ-۴ ارائه شده است.

۹-۳-۹-۲ اثرات جمع شدگی و خزش به همراه سایر نیروهای وارده به سازه باید مطابق فصل ۹-۷ ترکیب شوند.

نقش خمیره سیمان در بتن

۱)ایجاد لغزندگی

۲)ایجاد چسبندگی

سیمان:

سیمان های مصرفی در بتن عبارتند از سیمان های پرتلند پنج گانه و ویژه.

سیمان پرتلند ترکیبی ازخاک رس وسنگ آهک.

خاک رس وسنگ آهک راحرارت داده وبا پودر گچ آسیاب می کنند.

درجه حرارت حدود۱۲۰۰الی ۱۴۰۰درجه سانتیگرا د می با شد.

انواع سیمان پرتلند:

۱) سیمان پرتلند نوع یک (I)، یا سیمان پرتلند معمولی، که با نماد «پ-۱» نشان داده می‌شود.

سیمان پرتلند نوع یک، خود به سه نوع «۳۲۵-۱»، «۴۲۵-۱» و «۵۲۵-۱» تقسیم می‌شود.

۲) سیمان پرتلند نوع دو (II)، یا سیمان پرتلند اصلاح شده، که با نماد «پ-۲» نشان داده می‌شود.

۳) سیمان پرتلند نوع سه (III)، یا سیمان زود سخت شونده، که با نماد «پ-۳» نشان داده می‌شود.

۴) سیمان پرتلند نوع چهار (IV)، یا سیمان با حرارت زایی کم، که با نماد «پ-۴» نشان داده می‌شود.

۵) سیمان پرتلند نوع پنج (V)، یا سیمان مقاوم در برابر سولفات، که با نماد «پ-۵» نشان داده می‌شود.

سیمان پرتلند تیپ ۱-۳۲۵

این سیمان به عنوان سیمان پرتلند معمولی برای مصارف عمومی در ساخت ملات یا بتن به کار می رود و حداقل مقاومت ۲۸ روزه آن باید ۳۲۵ کیلوگرم بر سانتی متر مربع باشد.

ویژگی :

۱) مقاومت اولیه نسبتا بالا

۲) رشد سریع

مزایای بتن ساخته شده از سیمان ۳۲۵-۱ :

۱) انبساط اتوکلاو بسیار پایین و در نتیجه میزان ترک‌خوردگی کمتر بتن

۲) سیمان ۳۲۵-۱ غالبا مشخصات نوع ۲ را تامین می نماید. (به غیر از مقاومت

در برابر یون سولفات و گرمای هیدراتاسیون)

کاربرد :

- مصارف عمومی و شرایط آب و هوایی عادی و جایی که مشکل سولفات و کلر نداشته باشد.

- در همه سازه های بتن مسلح و غیر مسلح ،پل ها ، مخازن آب ، سیلوهای بتن ، در ساختن ملات ساختمان‌های بنایی ،کف سازیها و ساخت قطعات بتن معمولی

- با استفاده از افزود نی های ویژه میتوان بتن های خاص تولید نمود (دیرگیر، زودگیر، حباب زا و ...)

عدم کاربرد:

- مصرف این نوع سیمان در محیط های خورنده حاوی یون های مهاجم بتن توصیه نمی گردد.

سیمان پرتلند تیپ ۴۲۵-۱

این سیمان به عنوان سیمان پرتلند **تیپ ۴۲۵ – ۱** با مقاومت اولیه و نهایی بالا می باشد که حداقل مقاومت ۲۸ روزه آن باید ۴۲۵ کیلوگرم بر سانتی متر مربع باشد.

ویژگی :

۱) حرارت هیدراتاسیون زیاد و گیرش سریع .

۲) مقاومت اولیه و نهایی بالا.

ازا نواع دیگر سیمانهای قابل استفاده درساخت بتن می توان به سیمانهای پوزولانی اشاره نمود که برای مصارف خاص مانند سازه های حجیم وسازه های پرمقاومت قابل استفاده است.

۹-۲۲-۴ الزامات اجرایی مصالح و مخلوط بتن

۹-۲۲-۴-۱ سیمان

۹-۲۲-۴-۱-۱ سیمان‌های مصرفی در بتن باید با توجه به مقاومت مورد نظر، شرایط محیطی و ابعاد سازه انتخاب شوند. سیمان‌های تولیدی در کشور به دو روش گروه بندی شده و در استانداردها آورده شده‌اند. در روش اول، که قدمت طولانی‌تری دارد، به نگرش آیین نامه‌های آمریکا، و در روش دوم به نگرش آیین نامه‌های اروپا توجه شده است. در گروه بندی روش دوم، الزامات مربوط به دوام بتن با دقت بیشتری رعایت گردیده‌اند.

در این مبحث استفاده از گروه بندی در هر دو روش، به شرط رعایت استانداردهای آن‌ها، مجاز می‌باشد.

۹-۲۲-۴-۱-۲ جزئیات گروه بندی سیمان‌ها در دو روش فوق در جدولهای ۹-۲۲-۱ و ۹-۲۲-۲ ارائه شده‌اند.

جدول ۹-۲۲-۱ گروه بندی سیمان‌ها در روش اول

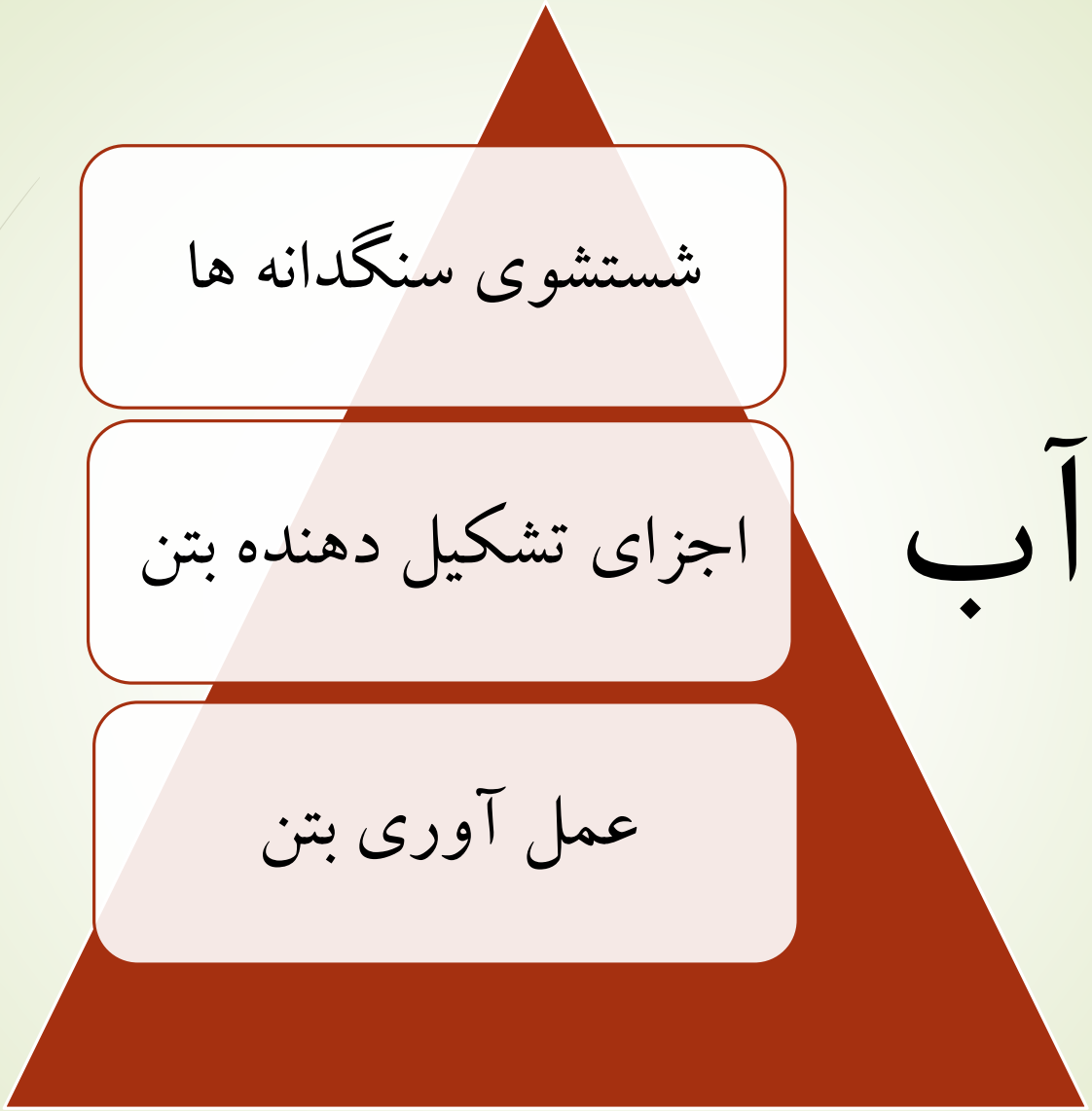
نام سیمان	نوع سیمان	مشخصات کاربرد	شماره‌ی استاندارد ملی
پرتلند	یک	معمولی؛ برای کارهای عمومی. این سیمان در رده‌های مقاومتی ۳۲/۵، ۴۲/۵ و ۵۲/۵ مگاپاسکال تولید می‌شود.	۳۸۹
	دو	اصلاح شده؛ با گرما زایی متوسط و مقاومت متوسط در مقابل سولفات‌ها	
	سه	با آهنگ سریع رشد مقاومت و گرما زایی بیش‌تر	
	چهار	با آهنگ کند رشد مقاومت و گرما زایی بسیار کم	
	پنج	با مقاومت زیاد در مقابل سولفات‌ها	
پرتلند آمیخته	پوزولانی	برای مشخصات کاربرد به مبحث پنجم مقررات ملی مراجعه شود.	۳۴۳۲
	سر باره‌ای		۳۵۱۷
	آهکی		۴۲۲۰
	سفید		۲۹۳۱
	زئولیتی		۱۶۴۸۱
	مرکب		۱-۱۱۵۷۱

جدول ۹-۲۲-۲ گروه بندی سیمان‌ها در روش دوم

نام سیمان	گروه سیمان	مشخصات سیمان [۱]	شماره‌ی استاندارد ملی
پرتلند	CEM I	این سیمان در رده‌های مقاومتی سیمان نوع ۱ در جدول ۹-۲۲-۱، و با آهنگ رشد مقاومت کم، عادی و سریع تولید می‌شود.	۱-۱۷۵۱۸
پرتلند آمیخته	CEM II	مانند گروه CEM I و دارای مواد جای‌گزین مانند پوزولان‌ها و سرباره	
سرباره‌ای	CEM III	با جای‌گزینی به میزان ۳۶ تا ۹۵ درصد	
پوزولانی	CEM IV	با جای‌گزینی بیش از ۴۵ درصد	
مرکب	CEM V	با جای‌گزینی بین ۲۰ تا ۶۵ درصد از ترکیب مواد جای‌گزین	

[۱] این سیمان‌ها از نظر مقدار ترکیب C_3A در گروه‌های II تا V، با توجه به مقاومت مورد نیاز و میزان مقابله با سولفات‌ها و کلریدها، بین صفر تا ۱۰ درصد محدودیت دارند.

آب



آب مصرفی جهت تولید بتن:

به طور کلی می توان گفت هر آبی کـه قابـل آشـامیدن باشـد بـرای ساختن بتن مناسب است.

آبی که قابل آشامیدن باشد وروی میلگرد نیز اثـر نـامطلوبی نداشـته باشد را بشرطی مـی تـوان بـرای سـاخت بتـون اسـتفاده نمـود کـه مقاومتهای ۷و ۲۸ روزه بتون آن در شرایط مساوی ٪۹۰مقاومت بتن با آب قابل شرب باشد.

مواردی که باید در مورد آب مصرفی بتون رعایت شود.

- حمل پذیر باشد. یعنی حمل آن نیاز به ایجاد شرایط خاصی نداشته باشد.
- در مقابل هر گونه آسیب هر گونه آفت و رشد خزه و مواد آلی مقاوم باشد.

۹-۲۲-۴-۳ آب مصرفی بتن

۹-۲۲-۴-۳-۱ آب مصرفی در بتن و عمل آوری آن باید عاری از هر گونه مواد یا محلول‌هایی باشد که عملکرد مطلوب بتن را در کوتاه مدت و در دراز مدت، دچار اختلال نمایند. ضوابط مربوط به محدودیت‌های آب مصرفی و آزمایشهای مربوط به آنها در استاندارد ملی ۱۴۷۴۸ ارایه شده و همراه با الزامات تعیین شده در این بخش، باید رعایت شوند.

۹-۲۲-۴-۳-۲ الزامات ارائه شده برای آب، شامل آب به کار رفته در ساخت بتن، یخ مورد مصرف برای سرد کردن بتن یا اجزای آن، آب آزاد موجود در سنگ دانه‌ها، آب مورد مصرف در کامیون حمل بتن و آب به کار رفته در ساخت مواد افزودنی شیمیایی یا دوغاب سازی مواد افزودنی معدنی می‌باشند.

۹-۲۲-۴-۳-۳ در مواردی که از آب آشامیدنی برای ساخت و عمل آوری بتن استفاده می‌شود، اگر آب مزه یا بوی مشخصی نداشته، تمیز و صاف بوده و هم‌چنین شواهدی از تاثیر منفی آن بر مشخصات بتن یافت نشوند، نیازی به انجام آزمایش‌های کنترل کیفیت آن نیست.

۹-۲۲-۴-۳-۴ استفاده از آب بازیافت شده‌ی کارخانه‌های تولید بتن، به تنهایی و یا در ترکیب با آب آشامیدنی یا آب چاه، در تولید بتن به شرطی مجاز است که دارای شرایط بند ۹-۲۲-۴-۳-۱ باشند.

۹-۲۲-۴-۳-۵ میزان pH آب در همه‌ی موارد باید بین ۵/۰ تا ۸/۵ باشد.

۹-۲۲-۴-۳-۶ مواد زیان آور موجود درآب نباید از مقادیر داده شده در جدول ۹-۲۲-۳ تجاوز کنند.

جدول ۹-۲۲-۳ حداکثر مواد شیمیایی مجاز در آب

مواد شیمیایی	مقدار مجاز
یون کلرید در بتن آرمه در شرایط مرطوب یا با قطعات جاگذاری شده، ppm	۱۰۰۰
سولفات بر حسب SO_4، ppm	۳۰۰۰
میزان قلیاییت معادل $Na_2O+0.658K_2O$، ppm	۶۰۰

۹-۲۲-۴-۳-۷ در مواردی که آب مصرفی در بتن به لحاظ دارا بودن مواد مضر موثر بر گیرش، سخت شدن، مقاومت، آهنگ رشد مقاومت، تغییر حجم، خوردگی میلگردها و کارایی بتن مشکوک باشد، می‌توان با ساخت نمونه‌ی ملات و خمیر سیمان شاهد با آب مقطر یا آب آشامیدنی و مقایسه‌ی آن با ملات یا خمیر سیمان حاوی آب مشکوک مورد نظر، موارد (الف) تا (پ) زیر را کنترل نمود:

الف- مقاومت ۷ روزه‌ی نمونه‌ی حاوی آب غیر آشامیدنی یا غیر استاندارد باید حداقل ۹۰ درصد مقاومت فشاری ملات شاهد باشد.

ب- زمان گیرش خمیر سیمان حاوی آب مشکوک نباید زودتر از ۱/۰ و دیرتر از ۱/۵ ساعت نسبت به مخلوط شاهد باشد.

پ- میزان انبساط به دست آمده از آزمایش سلامت سیمان در آزمون ساخته شده با آب مشکوک، از حد مجاز انبساط یا انقباض استاندارد سیمان مصرفی بیش‌تر نباشد.

مصالح سنگی

۹-۲۲-۴-۲ سنگ دانه

۹-۲۲-۴-۲-۱ سنگ دانه‌های مورد استفاده در بتن، شامل سنگ دانه‌های معمولی و سنگ دانه‌های سبک یا سبک دانه‌ها باید به گونه‌ای باشند که نیازهای طرح به لحاظ مقاومت، دوام در شرایط محیطی مهاجم؛ کارایی و روانی مناسب در ساخت، تامین شوند.

۹-۲۲-۴-۲-۲ انتخاب سنگ دانه‌ها باید با منظور نمودن ضوابط استاندارد ملی ۳۰۲ برای سنگ دانه‌های معمولی، و استاندارد ملی ۴۹۸۵ برای سنگ دانه‌های سبک، صورت گیرد.

۹-۲۲-۴-۲-۳ مشخصات مورد توجه در سنگ دانه‌های درشت و ریز عبارتند از:

الف– درشت دانه‌ها: دانه بندی، مواد زیان آور، سلامت (در صورت لزوم)، مقاومت سایشی، دانه‌های پولکی و کشیده، و واکنش زایی با قلیایی‌ها (در صورت لزوم).

ب– ریزدانه‌ها: دانه بندی، مواد زیان آور، ناخالصی‌های آلی، سلامت (در صورت لزوم)، و واکنش‌زایی با قلیایی‌ها (در صورت لزوم).

نقش دانه های سنگی در بتن:

۱) ایجاد مقاومت

۲) ایجاد پرکنندگی

محدودیت بزرگترین اندازه اسمی سنگدانه‌های درشت

بزرگترین اندازه اسمی سنگدانه‌های درشت نباید از هیچ یک از مقادیر زیر بیشتر باشد:

۱) یک پنجم کوچکترین بعد داخلی قالب بتن

۲) یک سوم ضخامت دال

۳) سه چهارم حداقل فاصله آزاد بین میلگردها

۴) سه چهارم پوشش بتن روی میلگردها

۵) ۳۸ میلیمتر در بتن‌آرمه

۶) ۶۳ میلیمتر در بتن حجیم غیرمسلّح

۹-۲۲-۴-۶ مخلوط بتن

۹-۲۲-۴-۶-۱ اطلاعات طراحی

الف- برای هر مخلوط بتن الزامات بندهای ۱ تا ۸ زیر، با توجه به شرایط محیطی و ضوابط طراحی، باید منظور شوند.

۱- حداقل مقاومت فشاری مشخصه‌ی بتن، f'_c.

۲- سن آزمایش مقاومت بتن، f'_c، چنان چه متفاوت از ۲۸ روز باشد.

۳- حداکثر نسبت آب به سیمان لازم برای دوام در بدترین شرایط محیطی بر اساس پیوست ۹-پ۱.

۴- اندازه‌ی اسمی بزرگ‌ترین سنگ دانه نباید از حداقل موارد زیر بزرگ‌تر باشد:

- یک پنجم کوچک‌ترین بعد داخلی قالب،
- یک سوم ضخامت دال،
- سه چهارم حداقل فاصله‌ی آزاد میان آرماتورهای تکی یا گروهی،
- سه چهارم حداقل ضخامت پوشش بتنی روی آرماتورها.

مواد افزودنی:

مواد افزودنی یا چاشنی‌های بتن موادی هستند که غیر از مواد اصلی (سیمان، آب و مصالح سنگی)، در حین اختلاط به بتن یا ملات افزوده می‌شوند. مقدار افزودنی‌ها کم است و در تعیین نسبت‌های اختلاط به حساب نمی‌آیند.

موادافزودنی حباب زا:

یک ماده افزودنی است که با تشکیل حباب هوا در بتن کلیه خواص مطلوب بتن را بهبود می بخشد.

گرچه اول بار ازاین ماده جهت جلوگیری از یخ زدگی استفاده گردید اما بررسیها وتحقیقات نشان داد کلیه خواص مطلوب بتون با مصرف این ماده افزود نی بهبود پیدا میکند بطو ریکه امروزه در ا کثر کشورهای پیشرفته استفاده از این مواد در کلیه شرا یط آب و هوایی اجباری شده است.

۹-۲۲-۴-۴ مواد افزودنی

۹-۲۲-۴-۴-۱ مواد افزودنی که برای تعدیل مشخصات بتن در موارد خاص به کار برده می‌شوند، باید عملکرد مطلوبشان، با انجام آزمون‌های خاص، تایید شود. مشخصات افزودنی‌ها در استاندارد ملی ۱-۲۹۳۰۰ و ۲-۲۹۳۰۰ آورده شده و باید رعایت گردند.

۹-۲۲-۴-۴-۳ مشخصات مورد توجه در هر افزودنی و آزمون‌هایی که در صورت لزوم، باید بر روی آن‌ها انجام شود، در جدول ۹-۲۲-۴ ارائه شده‌اند.

جدول ۹-۲۲-۴ مشخصات و آزمونهای لازم در افزودنی‌ها

نوع	مواردی که باید کنترل شوند
کلیه‌ی مواد افزودنی	یک‌نواختی، رنگ، ترکیبات موثر، pH، چگالی نسبی، مقدار مواد خشک (فقط برای افزودنی مایع)، تاثیر بر گیرش، کل کلرین (کلر)، کلرید محلول در آب، قلیایی معادل، رفتار از نظر خوردگی فولاد.
کندگیر کننده	زمان گیرش اولیه، مقاومت فشاری، مقدار هوای بتن تازه.
تندگیر کننده	زمان گیرش اولیه، مقاومت فشاری، مقدار هوای بتن تازه.
زود سخت کننده	مقاومت فشاری، مقداری هوای بتن تازه.
حباب ساز	مقدار هوای بتن تازه، مشخصات حباب‌های هوا در بتن سخت شده، مقاومت فشاری.
نگه دارنده‌ی آب	آب انداختگی، مقاومت فشاری، مقدار هوای بتن تازه.
کاهنده‌ی جذب آب	جذب مویینه، مقاومت فشاری، مقدار هوای بتن تازه.
کاهنده‌ی آب/روان کننده (با هدف کاهندگی آب)	میزان کاهش آب، مقاومت فشاری، مقدار هوای بتن.

۹-۲۲ مدارک طرح، الزامات ساخت و نظارت

فوق کاهنده آب / فوق روان کننده (با هدف کاهندگی آب)	میزان کاهش آب، مقاومت فشاری، مقدار هوای بتن.
فوق کاهنده‌ی آب / فوق روان کننده (با هدف افزایش روانی)	افزایش روانی، حفظ و تداوم روانی، مقاومت فشاری، مقدار هوای بتن تازه.
کندگیرکننده، کاهنده‌ی آب / روان کننده	مقاومت فشاری، زمان گیرش، میزان کاهش آب، مقدار هوای بتن تازه.
تندگیر کننده، کاهنده‌ی آب / روان کننده	مقاومت فشاری، زمان گیرش اولیه، میزان کاهش آب، مقدار هوای بتن تازه.
کندگیر کننده، فوق کاهنده‌ی آب/ فوق روان کننده (با هدف کاهش آب و کندگیری)	مقاومت فشاری، زمان گیرش اولیه، میزان کاهش آب، مقدار هوای بتن تازه.
کندگیر کننده، فوق کاهنده‌ی آب/ فوق روان کننده (با هدف افزایش روانی و کندگیری)	حفظ و تداوم روانی، مقاومت فشاری، مقدار هوای بتن تازه.

طرح اختلاط بتن

مبانی اولیه

- سن مقاومت مشخصه و شکل نمونه بتن
- نوع سیمان مصرفی
- نوع و دانه بندی سنگدانه ها
- تعریف آب آزاد بتن
- تعریف روانی بتن
- حاشیه ایمنی مقاومت

مراحل طرح اختلاط بتن بر اساس آیین‌نامه *ACI* 211.1 :[۱۰]

۱) انتخاب اسلامپ (جدول(۷-۱))

۲) انتخاب بزرگترین اندازهٔ سنگدانه

۳) تخمین آب اختلاط و مقدار هوای محبوس (جدول(۷-۲))

۴) انتخاب نسبت آب به سیمان (جدول(۷-۳))

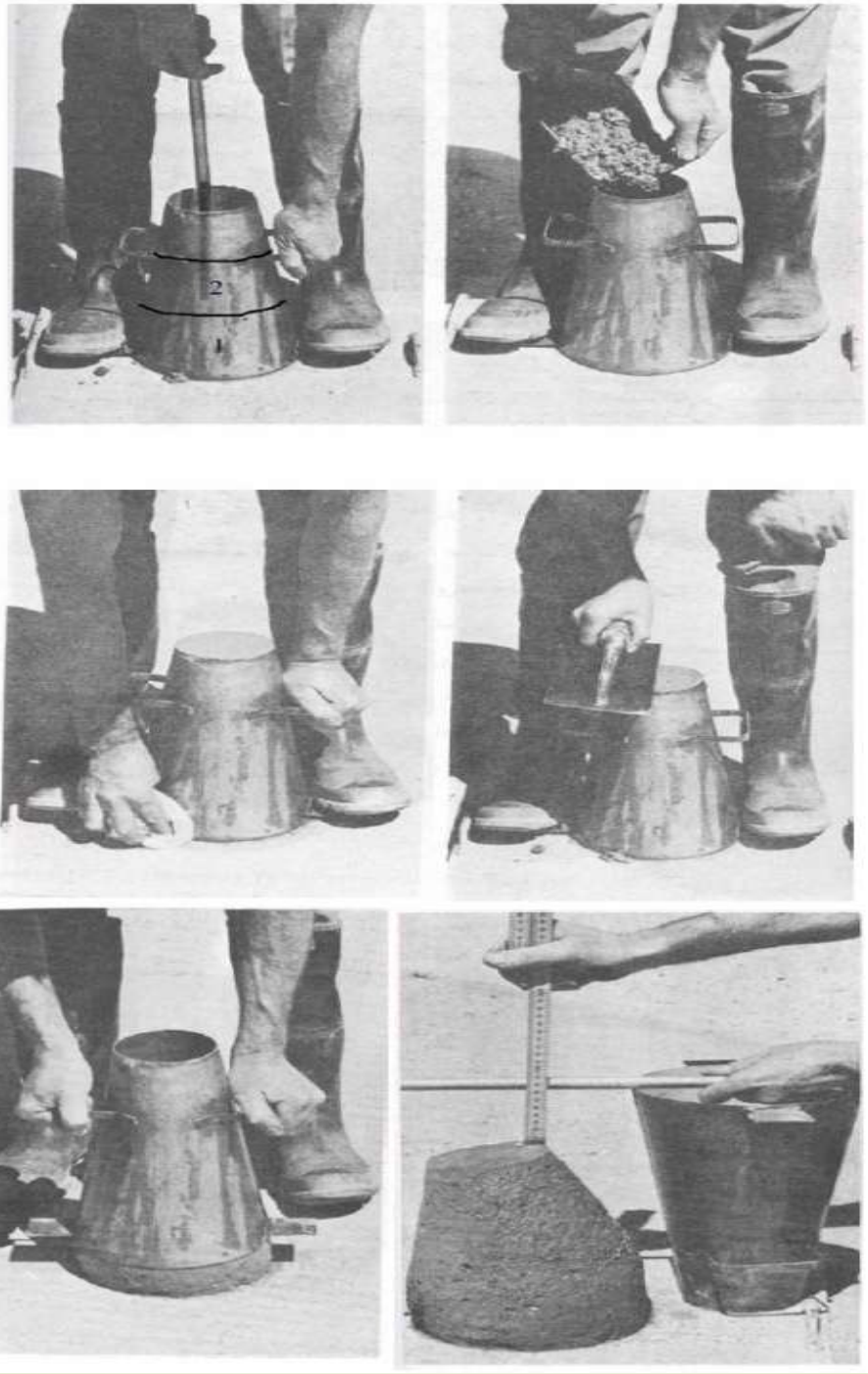
۵) محاسبه مقدار سیمان

۶) تخمین مقدار سنگدانه درشت (جدول (۷-۴))

۷) تخمین مقدار سنگدانه ریز (براساس روش حجم مطلق و هم بر اساس روش جرمی، (جدول شمارهٔ (۷-۵))

۸) اصلاحات مربوط به رطوبت سنگدانه

۹) ساخت نمونهٔ آزمایشی و انجام تصحیحات لازم


2

جدول (۷- ۱) [۱۰]

موارد اجرایی مختلف (انواع سازه)	اسلامپ (mm)	
	حداکثر +	حداقل
پی‌های دیوار و پی‌های مجزای مسلح	۷۵	۲۵
پی‌های مجزا، صندوقچه‌ها، و دیوارهای زیرسازه‌ای غیرمسلح	۷۵	۲۵
تیرها و دیوارهای مسلح	۱۰۰	۲۵
ستونهای ساختمانی	۱۰۰	۲۵
روسازیها و دالها	۷۵	۲۵
بتن حجیم	۵۰	۲۵

■ هنگامیکه مواد افزودنی شیمیایی بکار روند مقدار اسلامپ می‌تواند افزایش یابد به شرط اینکه بتن حاوی ماده افزودنی دارای همان نسبت آب به سیمان [یا نسبت آب به مواد سیمانی] و یا کمتر نسبت به مخلوط کنترل برده و جداشدگی یا آب انداختگی بیش از اندازه از خود نشان ندهد.

+ برای دیگر روشهای تراکم غیر از لرزاندن می‌توان این مقدار را به اندازه ۲۵mm افزایش داد.

جدول(۷-۲) [۱۰]

اسلامپ (mm)	مقدار آب در واحد حجم بتن برای بزرگترین اندازه اسمی مشخص شده سنگدانه، (kg/m^3)							
	۹/۵*	۱۲/۵*	۱۹*	۲۵*	۳۷/۵*	۵۰+*	۷۵+○	۱۵۰+○
بتن هوازایی نشده								
۲۵ تا ۵۰	۲۰۷	۱۹۹	۱۹۰	۱۷۹	۱۶۶	۱۵۴	۱۳۰	۱۱۳
۷۵ تا ۱۰۰	۲۲۸	۲۱۶	۲۰۵	۱۹۳	۱۸۱	۱۶۹	۱۴۵	۱۲۶
۱۵۰ تا ۱۷۵	۲۴۳	۲۲۸	۲۱۶	۲۰۲	۱۹۰	۱۷۸	۱۶۰	-
مقدار تقریبی هوای محبوس در بتن‌هوازایی نشده، برحسب درصد	۳	۲/۵	۲	۱/۵	۱	۰/۵	۰/۳	۰/۲
بتن هوازایی شده								
۲۵ تا ۵۰	۱۸۱	۱۷۵	۱۶۸	۱۶۰	۱۵۰	۱۴۲	۱۲۲	۱۰۷
۷۵ تا ۱۰۰	۲۰۲	۱۹۳	۱۸۴	۱۷۵	۱۶۵	۱۵۷	۱۳۳	۱۱۹
۱۵۰ تا ۱۷۵	۲۱۶	۲۰۵	۱۹۷	۱۸۴	۱۷۴	۱۶۶	۱۵۴	-
درصدهوای‌کل‌میانگین§ پیشنهادی برای شرایط محیطی مختلف :								
شرایط محیطی ملایم (مساعد)	۴/۵	۴/۰	۳/۵	۳/۰	۲/۵	۲/۰	۱/۵*++	۱/۰*++
شرایط محیطی متوسط (نیمه مساعد)	۶/۰	۵/۵	۵/۰	۴/۵	۴/۵	۴/۰	۳/۵*++	۳/۰*++
شرایط محیطی شدید (نامساعد) ○○	۷/۵	۷/۰	۶/۰	۶/۰	۵/۵	۵/۰	۴/۵*++	۴/۰*++

* مقادیر آب اختلاط ارایه شده برای بتن هوازایی شده براساس مقدار هوای کل مورد نیاز نشان داده شده برای «شرایط محیطی متوسط» در جدول فوق می‌باشند. این مقادیر آب اختلاط برای استفاده در محاسبه مقدار سیمان برای ساخت مخلوطهای آزمایشی در دمای ۲۰ تا ۲۵ درجه سانتیگراد می‌باشند. مقادیر ارایه شده در فوق، مقدار حداکثر برای سنگدانه‌های تیز گوشه با شکل منظم که منحنی دانه‌بندی آنها در محدوده استانداردهای پذیرفته شده قرار دارد، می‌باشند. سنگدانه‌های درشت گرد گوشه عموماً برای بتن‌هایی هوازایی

جدول(۷-۳) [۱۰]

مقاومت فشاری ۲۸ روزه* (MPa)	نسبت وزنی آب به سیمان	
	بتن هوازایی نشده	بتن هوازایی شده
۴۰	۰/۴۲	-
۳۵	۰/۴۷	۰/۳۹
۳۰	۰/۵۴	۰/۴۵
۲۵	۰/۶۱	۰/۵۲
۲۰	۰/۶۹	۰/۶۰
۱۵	۰/۷۹	۰/۷۰

* این مقادیر مقاومت میانگین تخمینی برای بتن‌هایی است که در حالت هوازایی نشده بیش از ۲ درصد هوای محبوس ندارند و در حالت هوازایی شده مقدار هوای کل آنها حدود ۶ درصد است. برای یک نسبت ثابت آب به سیمان، با افزایش مقدار هوا مقاومت بتن کاهش می‌یابد.

مقاومت بر پایه نمونه‌های استوانه‌ای ۱۵۲×۳۰۵ mm، که بمدت ۲۸ روز بطور مرطوب عمل آورده شده‌اند، می‌باشد. نحوه عمل آوری با بخش‌های «عمل آوری اولیه» و «عمل آوری نمونه‌های استوانه‌ای جهت کنترل مناسب بودن نسبت اجزای مخلوط آزمایشی برای مقاومت یا برای کنترل کیفیت بتن» از روش استاندارد ASTM C31 برای ساخت و عمل آوری بتن در شرایط کارگاهی منطبق است. نمونه‌های استوانه‌ای پیش از آزمایش در دمای ۱/۷c ± ۲۳ بطور مرطوب عمل آورده شده‌اند.

در ارایه روابط جدول فوق فرض شده است که بزرگترین اندازه اسمی سنگدانه بین ۱۹ تا ۲۵ میلیمتر باشد. برای سنگدانه‌های دیگر، در یک نسبت آب به سیمان مشخص با کاهش بزرگترین اندازه اسمی سنگدانه، مقاومت تولید شده افزایش می‌یابد. بخشهای ۳-۴ و ۵-۳-۲ را ملاحظه کنید.

جدول(۷-۴) [۱۰]

بزرگترین اندازه اسمی سنگدانه mm(in)	حجم سنگدانه درشت (خشک شده در کوره و میله کوبیده)* در واحد حجم بتن برای مدول‌های نرمی متفاوت سنگدانه ریز (ماسه)+			
	۲/۴۰	۲/۶۰	۲/۸۰	۳/۰۰
۹/۵(۳″/۸)	۰/۵۰	۰/۴۸	۰/۴۶	۰/۴۴
۱۲/۵(۱″/۲)	۰/۵۹	۰/۵۷	۰/۵۵	۰/۵۳
۱۹(۳″/۴)	۰/۶۶	۰/۶۴	۰/۶۲	۰/۶۰
۲۵(۱″)	۰/۷۱	۰/۶۹	۰/۶۷	۰/۶۵
۳۷/۵(۱۱″/۲)	۰/۷۵	۰/۷۳	۰/۷۱	۰/۶۹
۵۰(۲″)	۰/۷۸	۰/۷۶	۰/۷۴	۰/۷۲
۷۵(۳″)	۰/۸۲	۰/۸۰	۰/۷۸	۰/۷۶
۱۵۰(۶″)	۰/۸۷	۰/۸۵	۰/۸۳	۰/۸۱

* حجم‌ها بر اساس شرایط سنگدانه‌های خشک میله کوبیده، آنچنانکه در استاندارد ASTM C29 توضیح داده شده است، می‌باشند. این احجام از روابط تجربی برگزیده شده‌اند تا بتن با درجه مناسبی از کار آیی برای کارهای معمول بتن مسلح بوجود آورند. برای بتن با کارآیی کمتر نظیر آنچه که برای اجرای روسازی بتنی مورد نیاز است، می‌توان این مقادیر را تا ۱۰ درصد افزایش داد. برای بتن‌های با کار آیی بیشتر به بخش ۶-۳-۶-۱ مراجعه شود.

+ برای محاسبه مدول نرمی به ASTM C136 مراجعه شود.

جدول(۷-۵) [۱۰]

بزرگترین اندازه سنگدانه برحسب mm (in)	تخمین اولیه جرم واحد حجم بتن (kg/m^3)*	
	بتن هوازایی نشده	بتن هوازایی شده
۹/۵($\frac{۳}{۸}$″)	۲۲۸۰	۲۲۰۰
۱۲/۵($\frac{۱}{۲}$″)	۲۳۱۰	۲۲۳۰
۱۹($\frac{۳}{۴}$″)	۲۳۵۰	۲۲۸۰
۲۵(۱″)	۲۳۸۰	۲۲۸۵
۳۷/۵(۱$\frac{۱}{۲}$″)	۲۴۱۵	۲۳۲۰
۵۰(۲″)	۲۴۴۵	۲۳۴۵
۷۵(۳″)	۲۴۹۰	۲۳۹۵
۱۵۰(۶″)	۲۵۲۵	۲۴۳۵

* این مقادیر برای بتن با عیار متوسط (۳۳۰کیلوگرم سیمان در متر مکعب) و با اسلامپ متوسط و با سنگدانه با چگالی ۲/۷۰، بوسیله معادله (۶-۱) محاسبه شده‌اند. آب اختلاط مورد نیاز براساس مقادیر مورد نیاز ارایه شده برای اسلامپ ۷۵ تا ۱۰۰ میلیمتر در جدول ۶-۳-۳ می‌باشد. در صورت نیاز، اگر اطلاعات لازمه در دسترس باشد می‌توان تخمین جرم واحد حجم بتن را به ترتیب زیر اصلاح کرد: برای هر ۶kg افزایش یا کاهش آب اختلاط از مقادیر ارایه شده در جدول ۶-۳-۳ برای اسلامپ ۷۵ تا ۱۰۰ میلیمتر، جرم واحد حجم بتن را به اندازه ۹kg در متر مکعب کاهش یا افزایش دهید (افزایش آب باعث کاهش جرم حجمی بتن تازه می‌شود و بالعکس) ؛ برای افزایش هر ۶۰kg سیمان بیش از ۳۳۰kg، جرم واحد حجم بتن را به اندازه ۹kg در متر مکعب افزایش دهید و بالعکس؛ با افزایش ۰/۱ در چگالی سنگدانه‌ها نسبت به ۲/۷، جرم واحد حجم بتن را به اندازه ۶۰kg در متر مکعب افزایش دهید و بالعکس؛ برای بتن هوازایی شده از مقدار هوای ارایه شده در جدول ۶-۳-۳ برای شرایط محیطی سخت (نامساعد)، استفاده شده است. برای هر ۱ درصد کاهش مقدار هوا از مقدار مذکور ، جرم واحد حجم بتن را به اندازه ۱ درصد افزایش دهید.

مطالب مطرح شده را در قالب مثال کاربردی مورد بررسی قرار خواهیم داد.

مثال کاربردی ۱:

برای بتنی که در شرایط محیطی ملایم (مساعد) قرار دارد طرح مخلوط بتنی مدنظر است که میانگین مقاومت فشاری ۲۸ روزه برابر با MPa ۲۰ و اسلامپ ۷/۵ تا ۱۰ سانتیمتر، دانه‌های شنی مورد استفاده دارای بزرگترین بعد حدود ۳۷/۵ میلیمتر و وزن مخصوص خشک متراکم شده ۱۸۰۰ کیلوگرم بر مترمکعب می‌باشد، برای تعیین نسبت اجزاء چنین بتنی شرایط زیر فرض می‌شود:

الف) سیمان تیپ یک، غیرهوا زا و دارای چگالی ۳/۱۵

ب) سنگدانه‌های درشت دارای چگالی ۲/۶۹ (در حالت اشباع با سطح خشک SSD) ومقدار جذب ۰/۵ درصد می‌باشد.

ج) سنگدانه‌های ریز دارای چگالی ۲/۶۶ (در حالت اشباع با سطح خشک SSD) و مقدار جذب ۰/۷ درصد می‌باشد.

د) مدول نرمی۳ می‌باشد.

مطابق مراحل ارائه شده داریم:

مرحلهٔ اول: اسلامپ مورد نظر ۷/۵ تا ۱۰ سانتیمتر

مرحلهٔ دوم: سنگدانه موجود محلی دارای بزرگترین بعد حدود ۳۷/۵ میلیمتر

مرحلهٔ سوم: بتن مدنظر در شرایط مساعد قرار دارد و از بتن هوازایی نشده استفاده می‌شود و از جدول (۷-۲) مقدار تقریبی آب اختلاط برای اسلامپ موردنظر در بتن هوازایی نشده و سنگدانه‌ها دارای بزرگترین بعد ۳۷/۵ میلیمتر برابر $۱۸۱ \frac{kg}{m^۳}$ بدست می‌آید و مقدار هوای محبوس تخمین زده برابر ۱ درصد در نظرگرفته می‌شود.

مرحلهٔ چهارم: با توجه به جدول (۷-۳) نسبت آب به سیمان لازم برای کسب مقاومت فشاری MPa ۲۰ در بتن هوازایی نشده برابر ۰/۶۹ بدست می‌آید.

مرحلهٔ پنجم: با توجه به اطلاعات مرحلهٔ سوم و چهارم مقدار سیمان موردنیاز برابراست با:

$$C = \frac{۱۸۱}{۰/۶۹} = ۲۶۲ \frac{kg}{m^۳}$$

مرحلهٔ ششم:

مقدار سنگدانه درشت با استفاده از جدول (۷- ۴) برای سنگدانه درشت با بزرگترین اندازهٔ اسمی ۳۷/۵ میلیمتر و سنگدانه ریز با مدول نرمی ۳ حجم سنگدانه درشت خشک و متراکم شده به ازای هر مترمکعب بتن برابر $0/69\,m^3$ داده شده است.

جرم شن خشک موردنیاز $= ۱۸۰۰ \times ۰/۶۹ = ۱۲۴۲\ kg$

جرم شن در حالت اشباع با سطح خشک $= ۱۸۰۰ \times ۰/۶۹ \times ۱/۰۰۵ = ۱۲۴۸\ kg$

مرحلهٔ هفتم:

با تعیین مقادیر آب، سیمان و سنگدانه درشت سایر مقادیر اجزاء باقیماندهٔ تشکیل‌دهندهٔ یک مترمکعب بتن، (سنگدانه ریز و مقدار هوای محبوس) تعیین می‌شود. جهت تعیین سنگدانه ریز موردنیاز می‌توان به دو روش جرمی و حجمی مطلق استفاده نمود.

مبنای جرمی:

جرم یک مترمکعب بتن هوازایی نشده با استفاده از جدول (۷- ۵) همراه با سنگدانه دارای بزرگترین بعد ۳۷/۵ میلیمتر، برابر $۲۴۱۵ \frac{kg}{m^3}$ تخمین زده می‌شود مقدار ریزدانه برابر است با:

آب اختلاط = ۱۸۱ kg

سیمان = ۲۶۲ kg

سنگدانه درشت (*SSD*) = ۱۲۴۸ kg

جمع = ۱۶۹۱ kg

بنابراین جرم سنگدانه ریز = ۲۴۱۵ - ۱۶۹۱ = ۷۲۴*kg*

(در حالت اشباع با سطح خشک *SSD*)

مبنای حجم مطلق:

با توجه به اینکه مقدار تقریبی هوای محبوس برای بتن هوازایی نشده یک درصد تخمین زده شد و مقادیر سیمان، آب و سنگدانه درشت تعیین گردید جهت تعیین مقدار سنگدانه ریز با استفاده از روش حجمی داریم:

$$\text{حجم آب} = \frac{۱۸۱}{۱۰۰۰} = ۰/۱۸۱ m^۳$$

$$\text{حجم سیمان} = \frac{۲۶۲}{۳/۱۵ \times ۱۰۰۰} = ۰/۰۸۳ m^۳$$

$$\text{حجم سنگدانه درشت} = \frac{۱۲۴۸}{۲/۶۹ \times ۱۰۰۰} = ۰/۴۶۴ m^۳$$

$$\text{حجم هوای محبوس} = ۰/۰۱ \times ۱ = ۰/۰۱ m^۳$$

$$\text{حجم کل دیگر اجزاء بجز ریز دانه} = ۰/۱۸۱ + ۰/۰۸۳ + ۰/۴۶۴ + ۰/۰۱ = ۰/۷۳۸ m^۳$$

$$\text{حجم سنگدانه ریز موردنیاز} = ۱ - ۰/۷۳۸ = ۰/۲۶۲ m^۳$$

$$\text{جرم موردنیاز سنگدانه ریز (SSD)} = ۰/۲۶۲ \times ۲/۶۶ \times ۱۰۰۰ = ۶۹۷ kg$$

اجزاء تشکیل دهندهٔ بتن	بر اساس تخمین جرم یک متر مکعب بتن (kg)	بر اساس حجم مطلق یک متر مکعب بتن (kg)
آب اختلاط	۱۸۱	۱۸۱
سیمان	۲۶۲	۲۶۲
سنگدانه درشت	۱۲۴۸	۱۲۴۸
سنگدانه ریز	۷۲۴	۶۹۷

۹-۲۲-۴-۸ مستند سازی مشخصات مخلوط بتن

۹-۲۲-۴-۸-۱ الزامات اجرایی

الف- مستند سازی مشخصات مخلوط بتن قبل از استفاده از بتن و یا قبل از هر گونه تغییر در آن باید به تایید مهندس ناظر برسد. این مستندات باید در بر دارنده‌ی شواهد کافی در مورد انطباق آن‌ها با الزامات طرح و نیز مبتنی بر نتایج آزمایش‌های کارگاهی یا آزمایشگاهی باشند. شرایط آزمایش‌های کارگاهی باید نظیر شرایط مورد انتظار در پروژه باشند.

ب- در مواردی که داده‌های آزمایشی کارگاهی یا آزمایشگاهی موجود نبوده و $f_c^{'}$ کوچک‌تر از ۲۵ مگاپاسکال باشد، طرح مخلوط بتن می‌تواند بر اساس اطلاعات یا تجارب دیگری که مورد تایید مهندس ناظر باشند، انجام شود. در مواردی که $f_c^{'}$ مساوی یا بزرگ‌تر از ۲۵ مگاپاسکال است، داده‌های آزمایشی برای مستند سازی طرح مخلوط الزامی هستند.

پ- در مواردی که حین عملیات ساخت، نتایجی به دست آورده شوند که به صورت مستمر بیش از معیار پذیرش آزمایش نمونه‌های استاندارد باشند، تغییر مخلوط بتن برای کاهش مقاومت متوسط آن به تشخیص و تایید مهندس ناظر مجاز خواهد بود؛ مشروط بر آن که محدودیت نسبت آب به سیمان

روش ملی طرح اختلاط ایران

دلایل کنار گذاشتن برخی روش های معتبر موجود

1- آیین نامه هندوستان:

بدلیل عدم امکان طراحی مخلوط با مقاومت نسبتاً زیاد و همچنین تغییرات بسیار ناچیز مقدار آب در طرح مخلوط و تقریب زیاد دارد و نیز از روش حجمی برای بدست آوردن مقدار سنگدانه استفاده نمی کند.

2- در روش انگلیسی:

دانه بندی سنگدانه ریز نقش خاصی در تعیین سهم سنگدانه ندارد و صرفاً از درصد الک 600 میکرون استفاده شده است. بافت دانه بندی مخلوط سنگدانه نیز تأثیری در تعیین مقدار آب مخلوط اولیه ندارد و فقط حداکثر اندازه سنگدانه مد نظر قرار گرفته است و نیز تأثیر عیار سیمان بر آب مورد نیاز بتن لحاظ نشده است و برای بدست آوردن مقدار کل سنگدانه در بتن برحسب تخمین تقریبی وزن مخصوص بتن تازه صورت می پذیرد که دقت کافی ندارد.

3– آی‌ی‌ن نامه ACI:

در ای‌ن آی‌ی‌ن نامه اثر نوع سی‌مان و مقاومت آن و تأثی‌ر شکل سنگدانه ها در تعی‌ی‌ن نسبت آب به سی‌مان به صورت جامع تعری‌ف نشده است و نی‌ز اثر بافت دانه بندی مخلوط سنگدانه و عی‌ار سی‌مان بر مقدار آب مورد نی‌از بتن دی‌ده نشده و صرفاً حداکثر اندازه سنگدانه ها مد نظر است و همچنی‌ن آخری‌ن مجهول ری‌زدانه می باشد که با تخمی‌ن وزن مخصوص بتن که هنوز ری‌زدانه مجهول است مرتبط می باشد.

4– روش آلمانی:

الک های اروپای‌ی بکار رفته است که با الک های مصرفی در ای‌ران تطابق ندارد مقاومت بدست آمده با سی‌مان 325–1 کمتر از دو روش آمری‌کای‌ی و انگلی‌سی بوده و روانی از مقدار پی‌ش بی‌نی شده در روش آلمانی کمتر و دقت کافی را ندارد.

دلای‌ل انتخاب روش آلمانی به عنوان مبنائی برای روش تدوی‌ن روش ملی

1– منحنی دانه بندی مطلوب وجود دارد و امکان تعی‌ی‌ن سهم سنگدانه های درشت و ری‌ز به هر تعداد موجود است و از سنگدانه های‌ی با دانه بندی غی‌ر استاندارد نی‌ز استفاده می شود.

2– در ای‌ن روش مقدار آب مورد نی‌از با توجه به دانه بندی و شکل سنگدانه ها تعی‌ی‌ن می شود و اثر حداکثر اندازه سنگدانه ها نی‌ز در ای‌ن روش لحاظ شده است.

3–نسبت آب به سی‌مان بر اساس مقاومت فشاری بتن و مقاومت فشاری ملات ماسه و سی‌مان استاندارد با توجه به سی‌مان مصرفی تعی‌ی‌ن می شود.

4–مهمتری‌ن مزی‌ت استفاده از رابطه حجم مطلق برای تعی‌ی‌ن آخری‌ن مجهول می باشد چون باعث افزای‌ش دقت می شود.

5– در ای‌ن روش می توان تأثی‌ر پوزولان های طبی‌عی و مصنوعی و سرباره را منظور نمود.

مبانی طرح

حاشیه ایمنی مقاومت

به دلیل تغییرات در مقدار مقاومت بتن، ناشی از غیریکنواختی احتمالی در مصالح، اجزای بتن، ساختن، ریختن، تراکم، عمل‌آوری و ... ،مخلوط بتن باید طوری طرح گردد که از مقاومت میانگین بیشتری نسبت به مقاومت مورد نظر برخوردار باشد. بنابراین، مقاومت مشخصه، که در واقع همان مقاومت مورد نظر در طراحی و ساخت سازه می‌باشد، باید به اندازه حاشیه ایمنی افزایش داده شود (مقاومت فشاری متوسط لازم). حاشیه ایمنی مقاومت بر اساس اطلاعات آماری تعیین می‌گردد. روش تعیین حاشیه ایمنی در بخش دوم شرح داده شده است.

اندازه‌گیری روانی

جدول ۲-۱ طبقه‌بندی بتن تازه بر اساس مقدار اسلامپ

طبقه‌بندی		اسلامپ (میلی‌متر)
S1	سفت	۱۰ تا ٤۰
S2	خمیری	۵۰ تا ۹۰
S3	روان	۱۰۰ تا ۱۵۰
S4	خیلی روان (سیال)	بزرگتر یا مساوی ۱٦۰

*در صورتی که اسلامپ بتن تازه کمتر از ۱۰ میلی‌متر و یا بیشتر از ۲۱۰ میلی‌متر باشد، آزمایش اسلامپ دقت مناسبی ندارد و باید از روش‌های مناسب دیگر، برای اندازه‌گیری روانی استفاده نمود.

آب آزاد

کل آب مخلوط بتن شامل آب جذب شده توسط سنگدانه، برای رسیدن به شرایط اشباع با سطح خشک و همچنین آب آزاد برای انجام شدن هیدراسیون سیمان و تامین کارایی می‌باشد.

نوع سنگدانه‌ها

به طور کلی، سنگدانه شکسته شامل ذرات غیرمنظم و تیزگوشه است و معمولاً بافت سطحی دانه‌ها نیز زبر می‌باشد. بنابراین کارایی مخلوط کاهش می‌یابد، اما معمولاً مقاومت آن نسبت به مخلوط با سنگدانه گردگوشه بیشتر است. لذا انتخاب نوع سنگدانه برای بتن با مقاومت‌های نسبتاً زیاد از اهمیت بیشتری برخوردار است و بهتر است که از سنگدانه‌های شکسته استفاده شود. شایان ذکر است، تأثیر شکل و بافت درشت‌دانه‌ها در این خصوص بیشتر از ریزدانه‌ها می‌باشد.

دانه‌بندی سنگدانه

در روش ملی طرح مخلوط بتن، منحنی‌های ترکیب شن و ماسه با حداکثر اندازه سنگدانه‌های ۹/۵، ۱۹، ۲۵ و ۳۷/۵ میلی‌متر در نظر گرفته شده است، به گونه‌ای که با انتخاب درصد مناسب سنگدانه ریز و درشت استاندارد (استاندارد ملی ایران ۳۰۲)، توزیع دانه‌ها مطابق محدوده منحنی‌های ارائه شده حاصل می‌گردد.

سیمان مصرفی

انواع مختلف سیمان و رده مقاومت سیمان در آهنگ کسب مقاومت بتن و خواص بتن اثر مستقیم دارد. در این روش طرح مخلوط، نوع سیمان مصرفی پرتلند با رده‌های مقاومتی ۳۲۵، ٤۲۵ و ٥۲۵ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع (طبق استاندارد ایران) در نظر گرفته شده است. در صورتی که از انواع دیگر سیمان پرتلند استفاده شود، باید روند کسب مقاومت و مقدار مقاومت آن بر اساس آزمایش‌های مربوط تعیین و با رده‌بندی انتخاب شده در این طرح مطابقت داده شود.

شرایط عمل آوری و سن آزمایش

معمولاً مقاومت بتن با افزایش سن آن، افزوده می‌شود، اما در بسیاری از مشخصات فنی، مقاومت ۲۸ روزه، به‌عنوان معیار سنجش مقاومت، ذکر می‌گردد. بر همین اساس، در روش ملی طرح مخلوط، مقاومت آزمونه‌های استوانه‌ای بتن، که تا سن ۲۸ روز در شرایط استاندارد عمل‌آوری شده‌اند (مطابق با آیین‌نامه بتن ایران) در نمودارها و منحنی‌ها در نظر گرفته شده است.

دوام

دوام بتن، عملکرد بتن در شرایط محیطی است که در معرض آن قرار می‌گیرد و در افزایش عمر مفید پیش‌بینی شده آن، بسیار حایز اهمیت است. بنابراین نسبت اجزای مخلوط که در این روش تعیین می‌گردد، باید با مقادیر مجاز در مشخصات فنی خصوصی و همچنین آیین‌نامه بتن ایران، مقایسه گردد. معمولاً، طرح مخلوط بتن، بر اساس دوام با محدود کردن نسبت آب به سیمان حداقل و یا حداکثر مقدار سیمان و انتخاب نوع سیمان و یا مواد افزودنی معدنی و شیمیایی، صورت می‌گیرد.

- طرح مخلوط بتن باید بر اساس در نظر گرفتن همه یا تعدادی از عوامل زیر صورت گیرد:
- نسبت آب به سیمان (یا نسبت آب به مواد سیمانی)
- مشخصات و خصوصیات سنگدانه (شکل، بافت و حداکثر اندازه سنگدانه)
- مقاومت
- کارایی
- دوام
- همه این عوامل با در نظر گرفتن مواردی مانند نوع سیمان، مواد افزودنی، مقدار هوای بتن و ... تأثیر می‌پذیرد.

تعیین انحراف معیار و مقاومت فشاری متوسط لازم

مقاومت فشاری متوسط لازم مطابق با " آیین‌نامه بتن ایران"، باید برابر با بزرگترین مقدار به دست آمده از هر یک از دو رابطه زیر در نظر گرفته شود:

$$f_{cm} = f_c + 1.34S + 1.5 \ N/mm^2 \qquad (۱-۳)$$

$$f_{cm} = f_c + 2.33 \ S - 4 \ N/mm^2 \qquad (۲-۳)$$

که در آنها:

f_{cm} = مقاومت فشاری متوسط بتن، N/mm^2

f_c = مقاومت فشاری مشخصه بتن بر اساس آزمونه‌های استوانه‌ای، N/mm^2

S = انحراف استاندارد مقاومت فشاری آزمونه‌ها، N/mm^2

(هر $1 N/mm^2$ تقریباً معادل $10 \ kg/cm^2$ می‌باشد)

تعیین انحراف معیار

برای تعیین انحراف معیار می‌توان از دو روش استفاده کرد:

اگر از نتایج آماری پروژه‌های مشابه قبلی استفاده می‌گردد، باید طبق بند ۳-۲-۱ انحراف معیار محاسبه گردد.

- منظور از پروژه‌های مشابه پروژه‌هایی است که:
- مصالح مصرفی به کار رفته در آن و پروژه موجود از نظر نوع و مشخصات فنی تشابه داشته باشند.
- شرایط نظارت و کنترل کیفیت آنها و پروژه موجود تشابه داشته باشند.
- مقدار تفاوت در مقاومت فشاری مشخصه بتن در آنها و پروژه موجود از ۵ N/mm^2 بیشتر نباشد.

در غیر این صورت برای مواردی که اطلاعات آماری وجود ندارد، از روش ارائه شده در بند ۳-۲-۲ استفاده می‌شود.

محاسبه انحراف معیار بر اساس نتایج آماری پروژه‌های قبلی

در این روش باید بر اساس نتایج مقاومت فشاری آزمونه‌ها که از پرونده آزمایش‌های پروژه‌های مشابه به دست آمده است، انحراف معیار را با استفاده از رابطه ۳-۳ محاسبه کرد.

$$\text{انحراف معیار } s = \sqrt{\frac{\sum (x-m)^2}{n-1}} \qquad (۳-۳)$$

که در آن:

x: مقاومت فشاری آزمونه

m: میانگین مقاومت فشاری آزمونه‌ها

n: تعداد آزمونه‌ها

نتایج آزمایش حداقل ۳۰ نمونه متوالی باید از پروژه مشابه قبلی موجود باشد. اگر کمتر از ۳۰ نتیجه آزمایش موجود باشد، باید بر اساس رابطه ۳-٤، ضریب اصلاحی برای انحراف معیار محاسبه گردد:

ضریب اصلاحی انحراف معیار $R = [0.75 + (\frac{2}{n})^{\frac{1}{2}}]$

جدول ۳-۲ رتبه‌بندی کارگاه‌ها بر اساس وضعیت تولید بتن، نظارت و کنترل کیفیت

شرایط تولید و کنترل	وضعیت کنترل کیفیت		
	الف	ب	ج
توزین یا پیمانه کردن سیمان	وزنی	وزنی	حجمی
توزین یا پیمانه کردن سنگدانه	وزنی	حجمی	حجمی
کنترل دانه‌بندی سنگدانه	کنترل شده	کنترل شده	بدون کنترل
کنترل رطوبت سنگدانه	کنترل شده	کنترل شده	بدون کنترل
نظارت بر تولید	در سطح عالی	در سطح خوب	درسطح ضعیف
امکانات آزمایشگاهی	موجود است	موجود است	در سطح محدود
تداوم در آزمایش	مداوم	گاهی اوقات	در سطح محدود
نیروی متخصص تولید بتن	وجود دارد	وجود دارد	در سطح محدود

تعیین انحراف معیار در صورت عدم دسترسی به اطلاعات آماری

جدول ۳-۱ انحراف معیار بر اساس رتبه‌بندی کارگاه و مقاومت مشخصه بتن

رتبه‌بندی کارگاه	مقاومت مشخصه بتن (N/mm^2)				
	۱۶	۲۰	۲۵	۳۰ و ۳۵	۴۰ و بیشتر
الف	۲/۵	۳	۳/۵	٤	٤/۵
ب	۳/۵	٤	٤/۵	۵	۵/۵
ج	٤/۵	۵	۵/۵	٦	٦/۵

اگر نتوان انحراف معیار را بدست آورد یا حدس زد ونتوان به هیچ گونه اطلاعات خاصی دراین زمینه دست یافت، می‌توان با توجه به آیین‌نامه بتن ایران حاشیه امنیت (SM) زیر را منظور نمود و با مقاومت مشخصه جمع کرد تا مقاومت هدف طرح بدست آید. این مقادیر در جدول زیر آمده است.

$$f_{cm} = f_c + (SM) \qquad (۶-۳)$$

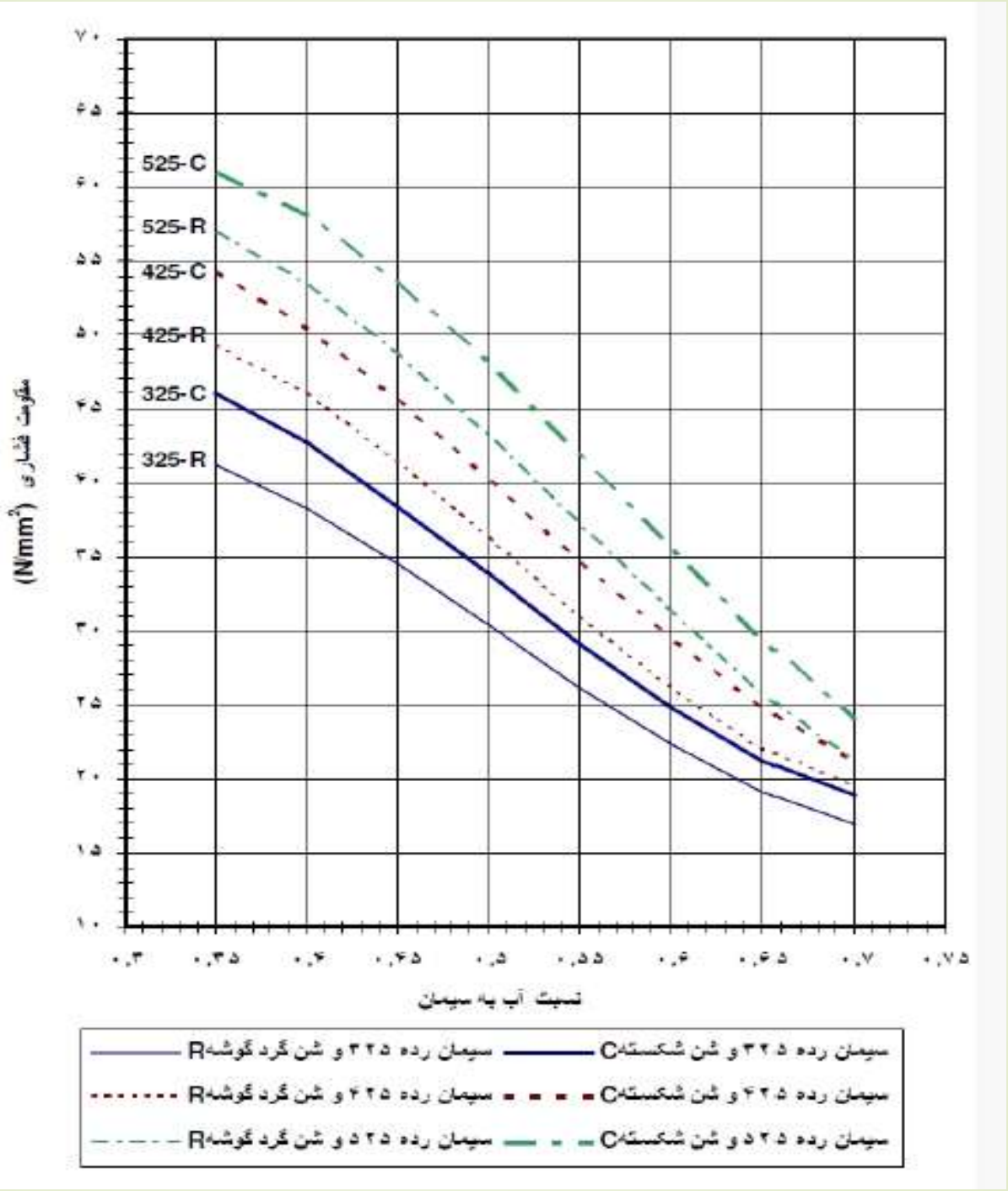
جدول ۳-۳- حاشیه امنیت طرح مخلوط بتن بدون اطلاعات در مورد انحراف معیار و رتبه‌بندی کارگاه

f_c (N/mm^2)	۱۶ و کمتر	۲۰	۲۵	۳۰و۳۵	۴۰ تا ۵۰
SM (N/mm^2)	۷/۵	۸/۵	۹/۵	۱۰/۵	۱۱

گام اول: تعیین نسبت آب به سیمان

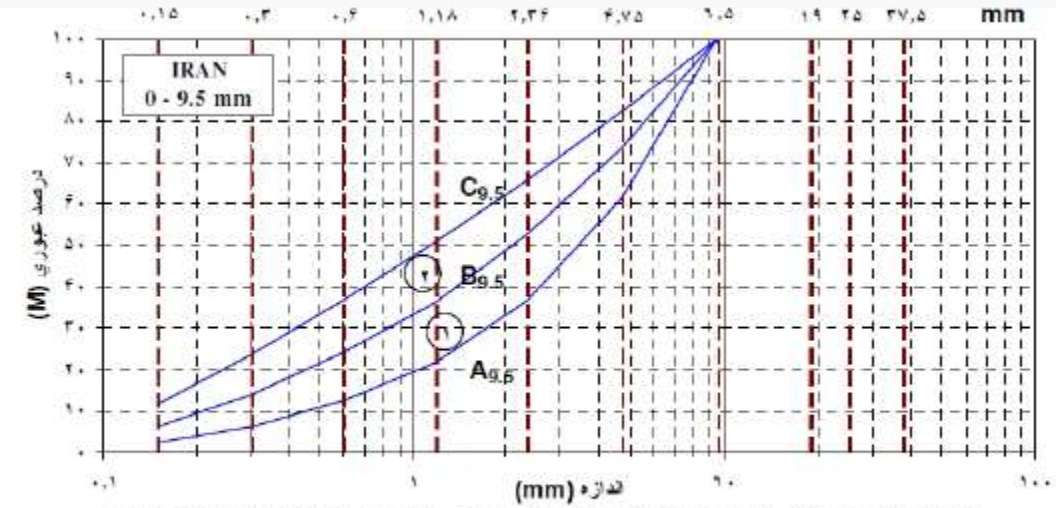
نسبت مؤثر آب به سیمان به مفهوم نسبت مقدار آب آزاد به مقدار سیمان در بتن تازه است. ارتباط بین نسبت آب به سیمان و مقاومت بتن بر این اساس است که افزایش نسبت آب به سیمان سبب افزایش منافذ مویینه در بتن می‌شود. بنابراین با کاهش نسبت آب به سیمان به مقاومت بتن افزوده می‌شود. نسبت آب به سیمان اثر قابل توجهی در مقاومت بتن دارد.

با استفاده از شکل ٤-١ بر اساس مقاومت ملات استاندارد سیمان (رده مقاومتی سیمان) و مقاومت فشاری متوسط بتن، نسبت آب به سیمان (w/c) تعیین می‌گردد. در منحنی‌های شکل ٤-١، مقدار هوای ناخواسته در بتن ١ تا ٢ درصد فرض شده است. همچنین در ارائه منحنی‌ها، حداکثر اندازه سنگدانه‌ها ١٩ تا ٢٥ میلی‌متر، فرض شده و در یک نسبت آب به سیمان برابر، با کاهش حداکثر اندازه سنگدانه، مقاومت فشاری افزایش می‌یابد. در صورت استفاده از مواد حباب‌ساز، به ازای هر یک درصد حباب هوای عمدی (مازاد بر هوای ناخواسته)، باید ٤ درصد از مقدار نسبت آب به سیمان (تعیین شده از شکل ٤-١) کاسته شود تا مقاومت فشاری مورد نظر حاصل گردد. در این منحنی‌ها رده‌بندی سیمان‌ها بر اساس مقاومت استاندارد آنها و همچنین شکل سنگدانه‌های درشت از نظر تیزگوشه یا گردگوشه بودن در نظر گرفته شده است. به این نکته باید دقت کرد که در طرح مخلوط بتن‌هایی که، فقط معیار مقاومت و روانی باید کنترل شوند، استفاده از درشت‌دانه‌های تیزگوشه و یا گردگوشه چندان تفاوتی ندارد، اما اگر نسبت آب به سیمان به عنوان معیار دوام محدود شده باشد، مخلوط بتن با سنگدانه گردگوشه نیاز به سیمان کمتری دارد.

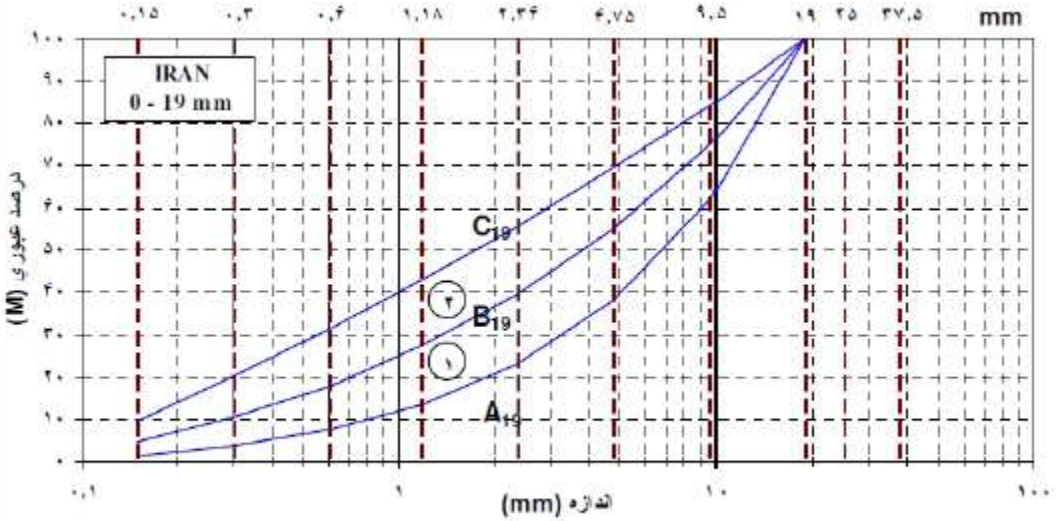

525-C
525-R
425-C
425-R
325-C
325-R
مقاومت فشاری (N/mm²)
نسبت آب به سیمان
سیمان رده ۳۲۵ و شن شکسته C
سیمان رده ۳۲۵ و شن گرد گوشه R
سیمان رده ۴۲۵ و شن شکسته C
سیمان رده ۴۲۵ و شن گرد گوشه R
سیمان رده ۵۲۵ و شن شکسته C
سیمان رده ۵۲۵ و شن گرد گوشه R

گام دوم: انتخاب منحنی سنگدانه

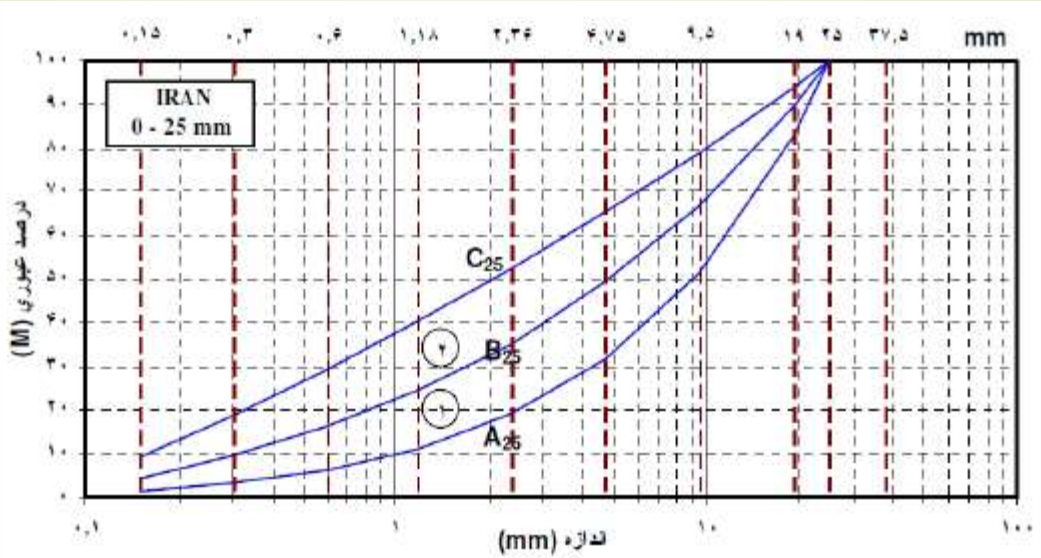
برای ساخت بتن همگن، ضروری است که سنگدانه‌های ریز و درشت به گونه‌ای با یکدیگر مخلوط شوند که ضمن ایجاد انسجام کافی، بتن نیز دارای کارایی مناسب باشد. بدین منظور بر اساس منحنی‌های ارائه شده در شکل‌های ٤-٢ تا ٤-٥ برای حداکثر اندازه سنگدانه‌های ۹/۵ ، ۱۹ ، ۲۵ ، ۳۷/۵ میلی‌متر، نسبت اختلاط ریزدانه‌ها و درشت‌دانه‌ها تعیین می‌گردد. سپس به منظور محاسبه مقدار آب لازم (گام سوم)، مدول نرمی سنگدانه‌ها محاسبه می‌شود. برای محاسبه مدول نرمی، باید، مجموع تجمعی وزنی سنگدانه‌های مانده روی الک‌های ۳۷/۵ ، ۱۹، ۹/۵، ٤/۷۵، ۲/۳٦، ۱/۱۸، ۰/٦، ۰/۳ و ۰/۱۵ میلیمتر، را بر عدد ۱۰۰ تقسیم کرد.



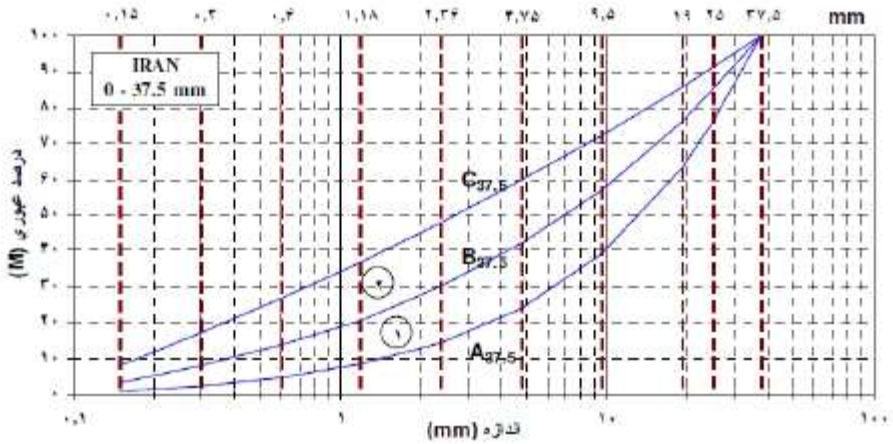
شکل ٤-١ منحنی‌های دانه‌بندی مخلوط سنگدانه‌های ریز و درشت، با حداکثر اندازه ٩/٥ میلی‌متر



شکل ٤-٣ منحنی‌های دانه‌بندی مخلوط سنگدانه‌های ریز و درشت، با حداکثر اندازه ١٩ میلی‌متر



شکل ٤-٤ منحنی‌های دانه‌بندی مخلوط سنگدانه‌های ریز و درشت، با حداکثر اندازه ۲۵ میلی‌متر



شکل ٤-٥ منحنی‌های دانه‌بندی مخلوط سنگدانه‌های ریز و درشت، با حداکثر اندازه ۳۷/۵ میلی‌متر

مقاومت بتن‌ها با نسبت یکسان آب به سیمان، بویژه در مقادیر کم آن، با کاهش اندازه حداکثر سنگدانه، معمولاً افزایش می‌یابد. دلیل این پدیده احتمالاً این است که مقاومت پیوستگی بین خمیر سیمان و ذرات سنگدانه بزرگ، کمتر از سنگدانه کوچک می‌باشد، زیرا مساحت ویژه سنگدانه بزرگ، کمتر از سنگدانه کوچک است. از طرف دیگر، افزایش اندازه حداکثر سنگدانه، مقدار آب مورد نیاز مخلوط را برای کارایی مشخص کاهش می‌دهد. در نتیجه نسبت آب به سیمان کاهش و مقاومت افزایش می‌یابد، بنابراین، افزایش اندازه سنگدانه دو اثر متضاد دارد. بر اساس حداکثر اندازه سنگدانه مصرفی در بتن، می‌توان از شکل‌های ٤-٢ تا ٤-٥ منحنی مورد نظر را انتخاب نمود. در شکل‌های مذکور حروف A ، B و C نشان‌دهنده محدوده دانه‌بندی درشت، متوسط و دانه‌بندی ریز است. چنانچه دانه‌بندی

سنگدانه در محدوده ١ قرار بگیرد، منحنی دانه‌بندی درشت و اگر دانه‌بندی مطابق با محدوده ٢ باشد، منحنی دانه‌بندی ریز محسوب می‌گردد. در واقع تمایل به سمت فوقانی منحنی، باعث می‌شود که مخلوط دارای بافت ریزتر، چسبنده‌تر و دارای قابلیت پمپ‌پذیری بیشتری باشد.

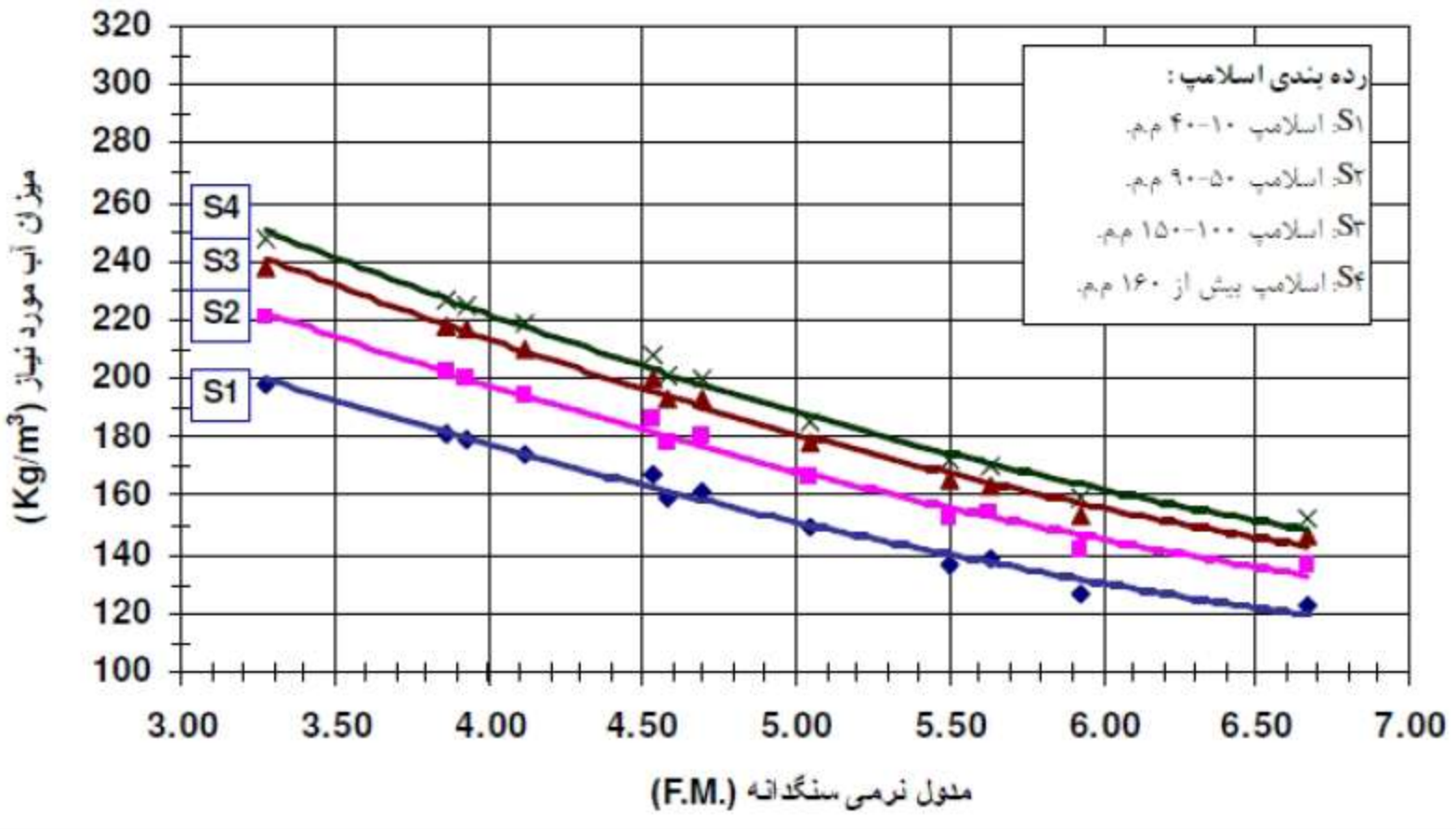
منحنی‌های مطلوب مخلوط سنگدانه بتن

الک (م.م)	حداکثر اندازه															
	۳۷/۵ میلی متر			۲۵ میلی متر			۱۹ میلی متر			۱۲/۵ میلی متر			۹/۵ میلی متر			
	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	
۳۷/۵	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	
۲۵	۷۵	۸۵	۹۱	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	
۱۹	۶۲	۷۶	۸۶	۸۳	۸۹	۹۴	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	
۱۲/۵	۴۷	۶۴	۷۷	۶۲	۷۵	۸۵	۷۵	۸۴	۹۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	
۹/۵	۳۹	۵۷	۷۲	۵۱	۶۷	۷۹	۶۲	۷۵	۸۴	۸۳	۸۹	۹۳	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	
۶/۳۵	۲۹	۴۸	۶۵	۳۹	۵۶	۷۱	۴۷	۶۳	۷۶	۶۲	۷۵	۸۴	۷۵	۸۴	۹۰	
۴/۷۵	۲۴	۴۲	۶۰	۳۲	۴۹	۶۵	۳۸	۵۵	۷۰	۵۱	۶۶	۷۷	۶۱	۷۴	۸۳	
۲/۳۸	۱۴	۳۰	۴۸	۱۹	۳۶	۵۲	۲۳	۴۰	۵۶	۳۱	۴۷	۶۲	۳۷	۵۳	۶۶	
۱/۱۹	۹	۲۱	۳۷	۱۱	۲۵	۴۱	۱۴	۲۸	۴۳	۱۸	۳۳	۴۸	۲۲	۳۷	۵۱	
۰/۶	۵	۱۴	۲۷	۶	۱۶	۲۹	۸	۱۸	۳۱	۱۰	۲۱	۳۵	۱۲	۲۴	۳۷	
۰/۳	۲	۸	۱۷	۳	۹	۱۹	۴	۱۱	۲۰	۵	۱۳	۲۲	۶	۱۴	۲۴	
۰/۱۵	۱	۴	۸	۱	۴	۹	۲	۵	۱۰	۲	۵	۱۱	۲	۶	۱۲	

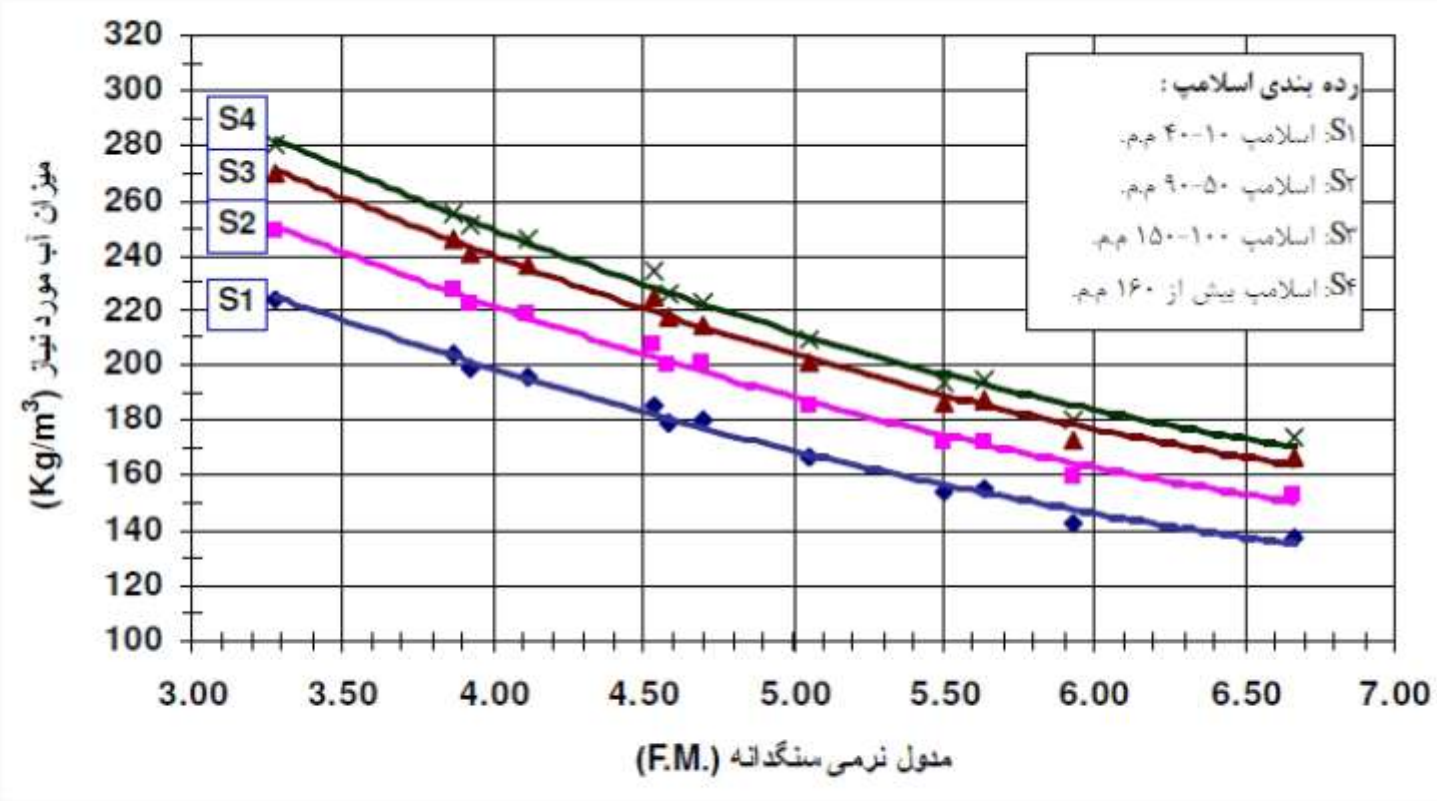
جدول مدول نرمی برای منحنی‌های مطلوب مخلوط سنگدانه بتن با حداکثر اندازه‌های مختلف

حداکثر اندازه منحنی	۳۷/۵ میلی متر			۲۵ میلی متر			۱۹ میلی متر			۱۲/۵ میلی متر			۹/۵ میلی متر		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
مدول نرمی مخلوط سنگدانه	۶/۴۵	۵/۴۸	۴/۴۵	۵/۹۴	۵/۰۵	۴/۱۲	۵/۴۹	۴/۶۸	۳/۸۶	۵/۰۰	۴/۲۶	۳/۵۲	۴/۶۰	۳/۹۲	۳/۲۷

گام سوم: تعیین مقدار آب آزاد بتن



سنگدانه های گرد گوشه



سنگدانه های تیز گوشه

گام چهارم – تعیین مقدار سیمان در بتن

نسبت آب به سیمان ÷ مقدار آب آزاد = مقدار سیمان

در صورتیکه از مواد افزودنی معدنی جایگزین سیمان (دودهٔ سیلیسی و یا خاکستر بادی) استفاده می‌شود، باید مقدار آب مورد نیاز و مواد سیمانی با در نظر گرفتن فاکتور مؤثر k محاسبه گردد.

اثر فاکتور k در تعیین دو عامل زیر در نظر گرفته می‌شود:

الف) در تعیین نسبت آب به مواد سیمانی (نسبت آب به سیمان به صورت $w/(c + k \times$ (مواد افزودنی) مطرح می‌شود).

ب) در محاسبه حداقل مقدار مواد سیمانی

در مخلوط‌های با عیار کم سیمان ($۳۰۰kg/m^3$)، ممکن است مخلوط طراحی شده به علت کمبود ذرات ریز، خشن گردد. لذا در این موارد توصیه می‌شود از مواد زیر برای جبران کمبود ذرات ریز استفاده شود:

- پوزولان استاندارد (استاندارد ملی ایران ۳۴۳۳)
- پودر سنگ آهک استاندارد

ضریب اصلاحی به منظور اعمال سن مقاومت مشخصه:

اگر مقاومت فشاری ۲۸ روزه ملات ماسه سیمان استاندارد که طبق روش استاندارد ملی ایران به شماره ۳۹۳ کمتر از kg/cm^2 ۳۲۵ باشد:

نوع سیمان	۲۸ روزه	۴۲ روزه	۵۶ روزه	۹۰ روزه
پرتلند نوع ۱	۱/۰۰	۱/۰۵	۱/۱	۱/۲
پرتلند نوع ۲	۰/۹۷	۱/۰۵	۱/۱	۱/۲
پرتلند نوع ۵	۰/۸۵	۰/۹۵	۱/۰۵	۱/۲
پرتلند پوزولانی	۰/۹۲	۰/۹۷	۱/۰۵	۱/۲
پرتلند پوزولانی ویژه	۰/۸۵	۰/۹۲	۱/۰۵	۱/۲
پرتلند سرباره ای	۱/۰۰	۱/۰۵	۱/۱	۱/۲
پرتلند سرباره ای ضد سولفات	۰/۹۲	۰/۹۷	۱/۰۵	۱/۲
پرتلند سفید	۰/۹۵	۱/۰۰	۱/۰۵	۱/۲

گام پنجم – تعیین مقدار سنگدانه در بتن

مقدار سنگدانه‌های اشباع با سطح خشک آخرین جزء مجهول بتن در این روش طرح مخلوط می‌باشد که طبق فرمول ٤-٢ تعیین می‌گردد.

$$V_{A_{SSD}} = 1000 - \left(\frac{c}{\rho_c} + \frac{w_f}{\rho_w} + \frac{D}{\rho_D} + V_a\right) \qquad (٢-٤)$$

که در آن:

$V_{A_{SSD}}$ – جرم کل سنگدانه‌های اشباع با سطح خشک بر حسب kg/m^3

c – جرم سیمان بر حسب kg/m^3

w_f – جرم آب آزاد بر حسب kg/m^3

D – جرم مواد جایگزین سیمان بر حسب kg/m^3

V_a – حجم هوای موجود دربتن (عمدی و ناخواسته) بر حسب dm^3

ρ_c – جرم مخصوص سیمان بر حسب g/cm^3

ρ_w – جرم مخصوص آب بر حسب g/cm^3 که معادل ١ منظور می‌شود

ρ_D – جرم مخصوص افزودنی معدنی بر حسب g/cm^3

مثال

مثال: طرح مخلوط اولیه بتنی برای ساخت تیر، ستون، دال و دیوار یک ساختمان بتنی مسلح مورد نیاز است. مقادیر سیمان، آب آزاد، آب کل، سنگدانه درشت و ریز خشک و اشباع با سطح خشک و وزن یک متر مکعب بتن متراکم تازه را با توجه به اطلاعات زیر بدست آورید. ضمناً بتن بوسیله تراک میکسر حمل و به کمک پمپ و لوله به درون قطعات منتقل و ریخته می شود. بتن در یک کارخانه بتن آماده ساخته می شود که از نظر رتبه بندی در رده "ب" قرار دارد.

جدول ۱- اطلاعات و داده‌های مربوط به بتن آماده

مقاومت مشخصه مکعبی ۲۸ روزه f_c	MPa	۳۰
انحراف معیار بتن S	MPa	-
اسلامپ متوسط پس از ۵ دقیقه و ۶۰ دقیقه	mm	۱۴۰ و ۱۱۰
حداکثر مجاز نسبت آب به سیمان	W/C	-
حداقل سیمان مجاز	Kg/m^3	۳۲۵
حداکثر سیمان مجاز	Kg/m^3	۴۲۵
نمای لازم		متوسط

جدول ۲- اطلاعات و داده‌های مربوط به سیمان

نوع سیمان	چگالی ذرات سیمان	مقاومت فشاری ملات استاندارد
پرتلند۲	۳/۱۵	-

جدول ۳- اطلاعات و داده های مربوط به سنگدانه‌ها

	شن	ماسه
چگالی ذرات *SSD*	۲/۶۰۰	۲/۵۰۰
درصد ظرفیت جذب آب	۲/۶	۳/۲
شکل	نیمه شکسته	گردگوشه
درصد شکستگی	۵۰	-
درصد پولکی	۱۷	-
درصد کشیدگی	۱۹	-

جدول ۴- دانه‌بندی سنگدانه

الک	۲۵	۱۹	۱۲/۵	۹/۵	۴/۷۵	۲/۳۸	۱/۱۹	۰/۶	۰/۳	۰/۱۵
شن	۱۰۰	۹۰	۵۰	۱۵	۲	۰				
ماسه	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۹۰	۶۵	۴۰	۲۵	۱۵	۷

گام اول: تعیین مقاومت فشاری متوسط لازم

مقاومت مشخصه به صورت مکعبی داده شده است. چون این مقدار بیش از ۲۵MPa می باشد کافی است طبق تفسیر آبا ۵MPa از آن کم نماییم تا مقاومت مشخصه استوانه ای حاصل گردد.

$$f_{cm}= ۲۵+۱/۳۴\times۴/۵+۱/۵=۳۲/۵\ Mpa$$

$$f_{cm}= ۲۵+۲/۳۳\times۴/۵ -۴=۳۱/۵\ Mpa$$

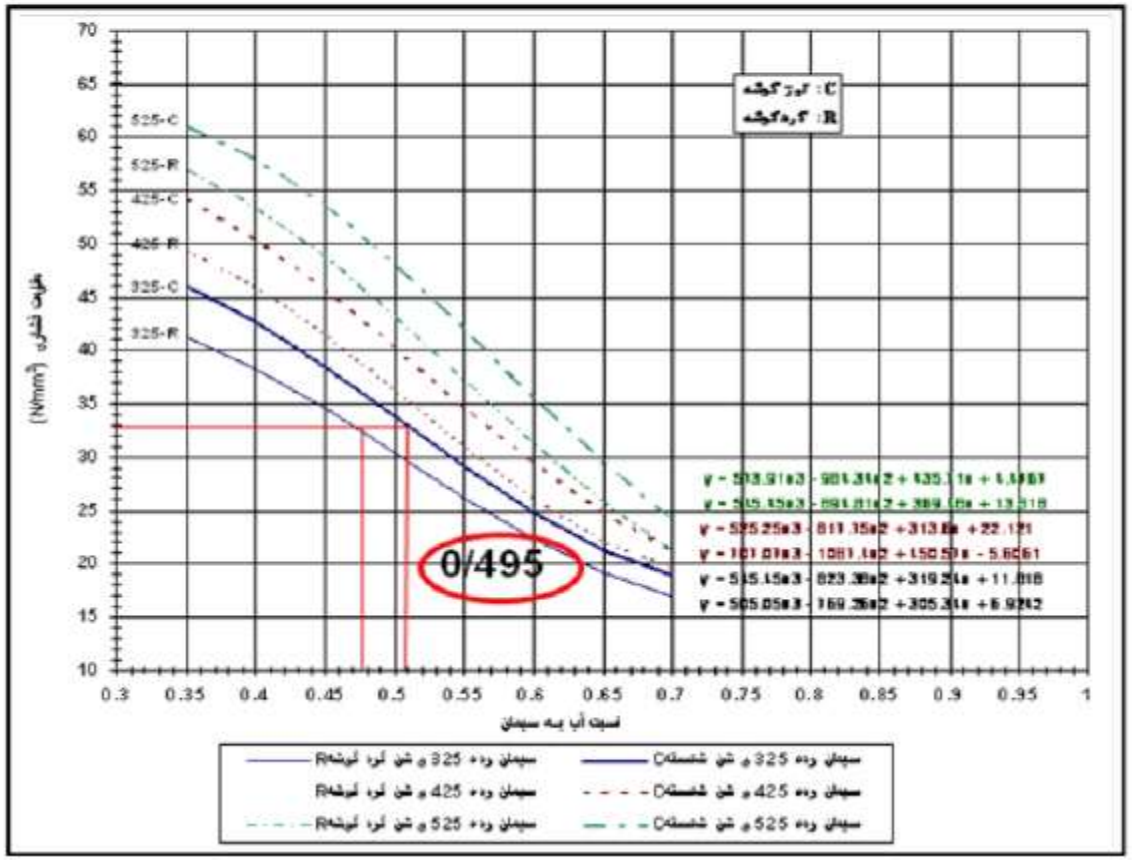
مقاومت هدف بزرگترین مقدار حاصله از روابط

انحراف معیار بر اساس رتبه‌بندی کارگاه و مقاومت مشخصه بتن

رتبه‌بندی کارگاه	مقاومت مشخصه بتن (N/mm^2)				
	۱۶	۲۰	۲۵	۳۰ و ۳۵	۴۰ و بیشتر
الف	۲/۵	۳	۳/۵	۴	۴/۵
ب	۳/۵	۴	۴/۵	۵	۵/۵
ج	۴/۵	۵	۵/۵	۶	۶/۵

گام ۲: تعیین نسبت آب به سیمان

عدم مصرف روان کننده و شن موجود دارای ۵۰ درصد شکستگی است:



میانگین گیری

رابطه نسبت آب به سیمان و مقاومت فشاری بدون مصرف روان کننده

با توجه به این که مقاومت فشاری ملات ماسه سیمان استاندارد ۲۸ روزه سیمان پرتلند نوع ۲ داده نشده است:

$$\frac{W}{C} = ۰/۴۹۵ \times \frac{۳۱۵}{۳۲۵} = ۰/۴۸$$

ضریب اصلاحی مقاومت ملات استاندارد

نوع سیمان پرتلند	حداقل مقاومت فشاری ملات ۲۸ روزه استاندارد	نوع سیمان آمیخته	حداقل مقاومت فشاری ملات ۲۸ روزه استاندارد
پرتلند ۱-۳۲۵	۳۲۵	پرتلند پوزولانی	۳۰۰
پرتلند ۱-۴۲۵	۴۲۵	پرتلند پوزولانی ویژه	۲۷۵
پرتلند ۱-۵۲۵	۵۲۵	پرتلند سرباره‌ای	۳۲۰
پرتلند نوع ۲	۳۱۵	پرتلند سرباره‌ای ضد سولفات	۳۰۰
پرتلند نوع ۵	۲۷۰	پرتلند آهکی	۳۳۰
پرتلند سفید	۳۱۵		

گام ۳: تعیین سهم سنگدانه ها با توجه به دانه بندی مطلوب

مشخص است که حداکثر اندازه اسمی مخلوط سنگدانه ۱۹ میلی متر می باشد زیرا بیش از ۹۰ درصد آن از الک ۱۹ میلی متر می گذرد. بنابر این با توجه به پمپی بودن بتن سعی می شود منحنی دانه بندی بین A_{19} و B_{19} نزدیک تر به B_{19} باشد.

منحنی‌های مطلوب مخلوط سنگدانه بتن

الک (م.م)	حداکثر اندازه															
	۳۷/۵ میلی متر			۲۵ میلی متر			۱۹ میلی متر			۱۲/۵ میلی متر			۹/۵ میلی متر			
	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	
۳۷/۵	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	
۲۵	۷۵	۸۵	۹۱	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	
۱۹	۶۲	۷۶	۸۶	۸۳	۸۹	۹۴	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	
۱۲/۵	۴۷	۶۴	۷۷	۶۲	۷۵	۸۵	۷۵	۸۴	۹۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	
۹/۵	۳۹	۵۷	۷۲	۵۱	۶۷	۷۹	۶۲	۷۵	۸۴	۸۳	۸۹	۹۳	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	
۶/۳۵	۲۹	۴۸	۶۵	۳۹	۵۶	۷۱	۴۷	۶۳	۷۶	۶۲	۷۵	۸۴	۷۵	۸۴	۹۰	
۴/۷۵	۲۴	۴۲	۶۰	۳۲	۴۹	۶۵	۳۸	۵۵	۷۰	۵۱	۶۶	۷۷	۶۱	۷۴	۸۳	
۲/۳۸	۱۴	۳۰	۴۸	۱۹	۳۶	۵۲	۲۳	۴۰	۵۶	۳۱	۴۷	۶۲	۳۷	۵۳	۶۶	
۱/۱۹	۹	۲۱	۳۷	۱۱	۲۵	۴۱	۱۴	۲۸	۴۳	۱۸	۳۳	۴۸	۲۲	۳۷	۵۱	
۰/۶	۵	۱۴	۲۷	۶	۱۶	۲۹	۸	۱۸	۳۱	۱۰	۲۱	۳۵	۱۲	۲۴	۳۷	
۰/۳	۲	۸	۱۷	۳	۹	۱۹	۴	۱۱	۲۰	۵	۱۳	۲۲	۶	۱۴	۲۴	
۰/۱۵	۱	۴	۸	۱	۴	۹	۲	۵	۱۰	۲	۵	۱۱	۲	۶	۱۲	

روش آزمون و خطا

الک	۲۵	۱۹	۱۲/۵	۹/۵	۴/۷۵	۲/۳۸	۱/۱۹	۰/۶	۰/۳	۰/۱۵
۵۰ درصد شن	۵۰	۴۵	۲۵	۷/۵	۱	۰				
۵۰ درصد ماسه	۵۰	۵۰	۵۰	۵۰	۴۵	۳۲/۵	۲۰	۱۲/۵	۷/۵	۳/۵
مخلوط سنگدانه۵۰-۵۰	۱۰۰	۹۵	۷۵	۵۷/۵	۴۵	۳۲/۵	۲۰	۱۲/۵	۷/۵	۳/۵
منحنی B_{19}	۱۰۰	۱۰۰	۸۴	۷۵	۵۵	۴۰	۲۸	۱۸	۱۱	۵
منحنی A_{19}	۱۰۰	۱۰۰	۷۵	۶۲	۳۸	۲۳	۱۴	۸	۴	۲
۴۰ درصد شن	۴۰	۳۶	۲۰	۶	۰/۸	۰				
۶۰ درصد ماسه	۶۰	۶۰	۶۰	۶۰	۵۴	۳۹	۲۴	۱۵	۹	۴
مخلوط سنگدانه۴۰-۶۰	۱۰۰	۹۶	۸۰	۶۶	۵۵	۳۹	۲۴	۱۵	۹	۴
۴۵ درصد شن	۴۵	۴۰/۵	۲۲/۵	۶/۸	۰/۹	۰				
۵۵ درصد ماسه	۵۵	۵۵	۵۵	۵۵	۴۹/۵	۳۵/۸	۲۲	۱۳/۸	۸/۳	۳/۹
مخلوط سنگدانه۴۵-۵۵	۱۰۰	۹۵/۵	۷۷/۵	۶۲	۵۰/۵	۳۶	۲۲	۱۴	۸/۵	۴

گام ۴: تعیین مدول نرمی مخلوط سنگدانه

مدول نرمی با توجه به درصد تجمعی مانده روی الک‌های مختلف (به جز ۱۲/۵ میلی متر) بدست می آید.

$$F.M. = \frac{۴+۳۲+۴۵+۶۱+۷۶+۸۵+۹۱+۹۶}{۱۰۰} = ۴/۹۰$$

مدول نرمی برای $A_{۱۹}$ برابر ۵/۴۹ و برای $B_{۱۹}$ برابر۴/۶۸ و برای منحنی n=۰/٤ برابر ٤/۸۵ و برای n=۰/۵ برابر ۵/۱۲ می‌باشد که مطلوب به نظر می رسد.

گام ۵: تعیین چگالی متوسط اشباع با سطح خشک مخلوط سنگدانه

$$\rho_{A_{SSD}} = \frac{۱}{\frac{۰/۴۰}{۲/۶۰۰} + \frac{۰/۶۰}{۲/۵۰۰}} = ۲/۵۳۹ \approx ۲/۵۴$$

$$\rho_{A_{SSD}} = \frac{1}{\frac{p_1}{\rho_{A_1}} + \frac{p_2}{\rho_{A_2}} + \ldots + \frac{p_n}{\rho_{A_n}}}$$

که در آن:

$\rho_{A_{SSD}}$: چگالی متوسط ذرات سنگدانه‌ها به صورت اشباع با سطح خشک

p_1 تا p_n: سهم وزنی هر یک از سنگدانه‌ها در کل مخلوط سنگدانه بتن به صورت اعشاری

ρ_{A_1} تا ρ_{A_n}: چگالی اشباع با سطح خشک هر یک از سنگدانه‌ها

۴-۲-۸- تعیین معادل درصد شکستگی (تیزگوشه‌گی) متوسط سنگدانه‌های بتن برای تعیین مقدار آب آزاد اولیه بتن

$$a_{ne} = \frac{P_G.a_{nG} + 2P_s.a_{ns}}{P_G + 2P_s}$$

که در آن:

a_{ne} = معادل درصد شکستگی متوسط مخلوط سنگدانه‌های بتن

a_{nG} = درصد شکستگی متوسط شن‌ها

a_{ns} = درصد شکستگی تقریبی ماسه

P_G = مجموع سهم شن‌ها

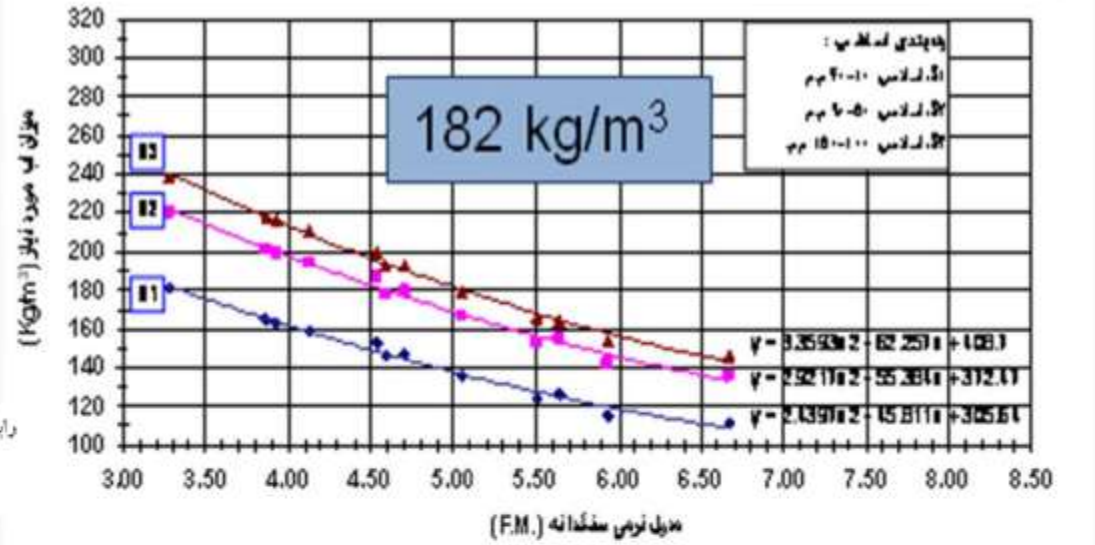
P_S = سهم ماسه

گام ۶: تعیین مقدار آب آزاد بتن

ابتدا با توجه به سهم شن و ماسه، مقدار موسط درصد شکستگی معادل را بدست می‌آوریم.

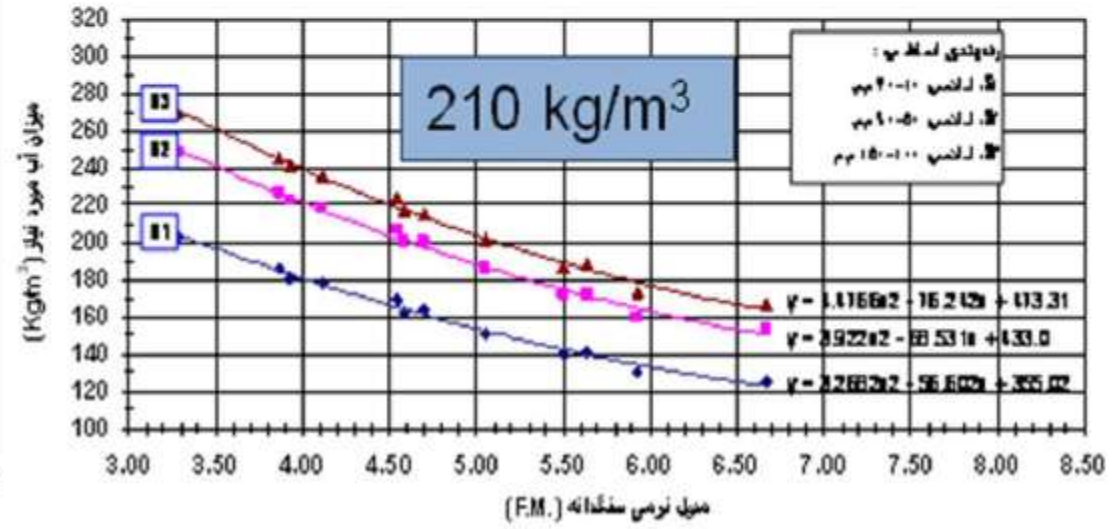
$$a_{ne} = \frac{۰/۴ \times ۵۰ + ۲ \times ۰/۶ \times ۰}{۰/۴ + ۲ \times ۰/۶} = \frac{۲۰}{۱/۶} = ۱۲/۵$$

درصد شکستگی معادل خیلی کم بدست آمده است. با توجه به مدول ریزی ٤/٩٠ و روانی مورد نظر (رده S_3) برای مقدار آب کم حدود ۱۸۰ و برای آب زیاد حدود ۲۰۸ می‌باشد که مقدار آب با توجه به درصد شکستگی معادل، حدود ۱۸۸ بدست می آید، بنابراین مقدار آب را در حدود ۱۸۸ کیلوگرم در نظر می گیریم.



رابطه مقدار آب آزاد بتن و مدول نرمی سنگدانه هنگامی که به آب کم نیاز است

(به دلیل گرد گوشگی سنگدانه ها)



رابطه مقدار آب آزاد بتن و مدول نرمی سنگدانه هنگامی که به آب زیاد نیاز است

(به دلیل تیز گوشگی سنگدانه ها)

مقدار آب با توجه به درصد شکستگی معادل حدود ۱۸۵ بدست می آید

$$۱۸۵ = ۱۸۲ + ۰/۱۲۵ \times (۲۱۰ - ۱۸۲)$$

چون اسلامپ پس از یک ساعت در محدوده رده S_3 خواسته شده است بنابر این مقدار آب را در حدود ۱۹۰ کیلو در نظر می گیریم.

$$W_f = 190kg/m^3$$

گام ۷: تعیین عیار سیمان

$$C = \frac{W_f}{\left(\frac{W_f}{C}\right)}$$

به ازای هر ۱۰ کیلو گرم سیمان مازاد بر ۳۵۰ کیلو گرم سیمان در متر مکعب به مقدار ۲ کیلو گرم آب بایستی اضافه نمود.

$$C = \frac{۱۹۰}{۰/۴۸} = ۳۹۶ \ Kg/m^3$$

از آن جا که مقدار سیمان از ۳۵۰ کیلو بیشتر می باشد لازم است اصلاحی بر روی آب انجام شود. برای اصلاح آب مقدار ۹ کیلو به آب اضافه می شود و مقدار آب ۱۹۹ می شود. پس سیمان مصرفی حدود ۴۱۵ کیلو خواهد بود.

$$C = ۴۱۵ \ Kg/m^3$$ OK

گام ۸: تعیین مقدار سنگدانه اشباع با سطح خشک

مقدار هوای بتن در این بتن در حدود ۱/۲۵ درصد فرض می شود و با توجه به چگالی متوسط سنگدانه و چگالی سیمان داریم:

$$A_{SSD} = \rho_{A_{SSD}} \left(1000 - \frac{c}{\rho_c} - \frac{w_f}{\rho_w} - \frac{D}{\rho_D} - V_a \right)$$

$$A_{SSD} = ۲/۵۴ (۱۰۰۰ - \frac{۴۱۵}{۳/۱۵} - \frac{۱۹۹}{۱} - ۱۲/۵) = ۱۶۶۸ \ Kg/m^3$$

با توجه به سهم هر یک از سنگدانه ها (۴۰ درصد شن و ۶۰ درصد ماسه) داریم:

$$G_{SSD} = ۶۶۷ \ Kg/m^3$$

$$S_{SSD} = ۱۰۰۱ \ Kg/m^3$$

جدول ۴-۱۰ مقدار درصد هوای ناخواسته در بتن (v_a)

حداکثر اندازه سنگدانه (mm)	۹/۵	۱۲/۵	۱۹	۲۵	۳۸
درصد هوای ناخواسته	۳-۱/۵	۲/۵-۱/۲۵	۲-۱	۱/۵-۰/۷۵	۱-۰/۵

نسبت های اختلاط

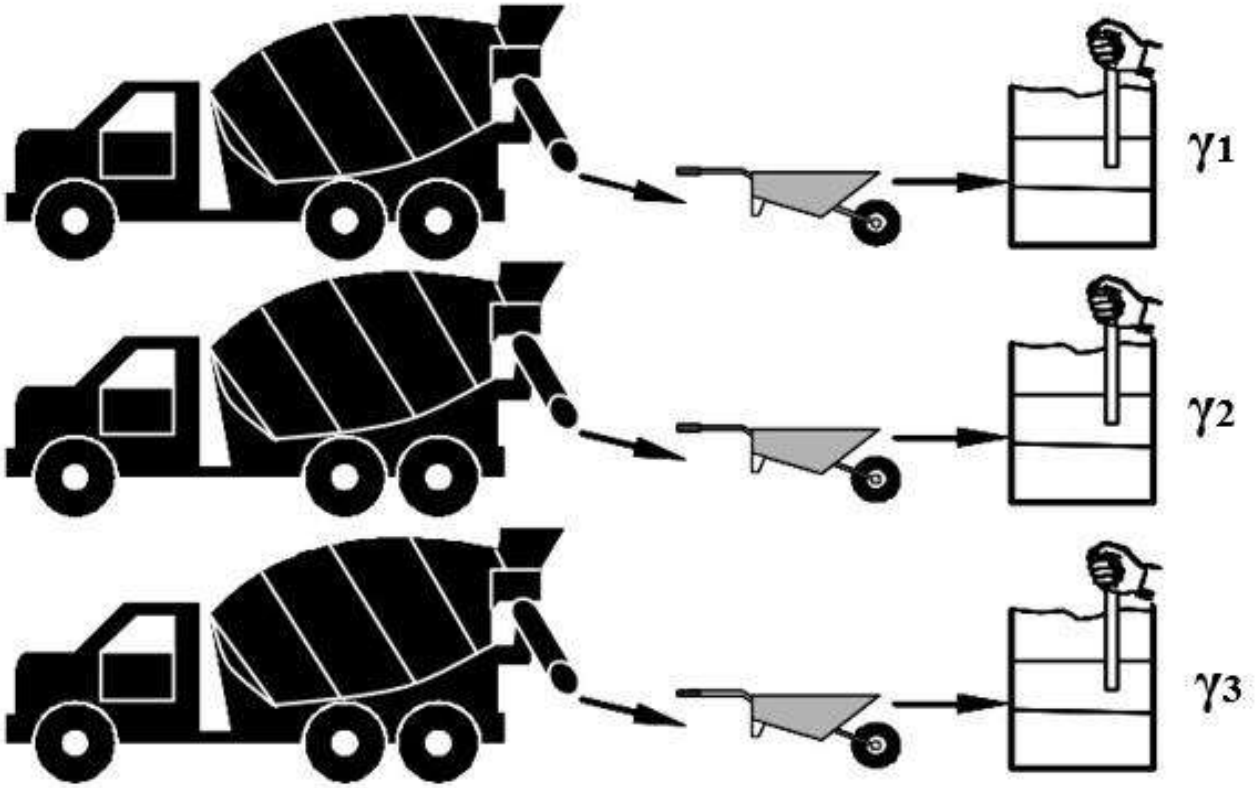
مصالح مصرفی	مقدار (کیلوگرم در متر مکعب)
سیمان پرتلند نوع ۲	۴۱۵
شن به صورت SSD	۶۶۷
ماسه به صورت SSD	۱۰۰۱
آب آزاد	۱۹۹

وزن یک متر مکعب بتن تازه با ۱ درصد هوا در این مثال برابر است با:

$$\rho_B = ۴۱۵+۱۹۹+۱۶۶۸= ۲۲۸۲\ kg/m^3$$

از حداقل ۳ کامیون حمل بتن نمونه گیری کرده و چگالی بتن تازه (γ) موجود در هر یک را بدست آورید .

سپس میانگین چگالی های بدست آمده را محاسبه کنید .



$$\gamma_{ave.} = \frac{\gamma_1 + \gamma_2 + \gamma_3 + \ldots + \gamma_n}{n}$$

۹-۲۲-۵-۲ بتن ریزی

۹-۲۲-۵-۲-۱ الزامات اجرایی

الف- فضای داخل قالب باید قبل از بتن ریزی از هر گونه مواد اضافی و یخ پاک شود.

ب- آب آزاد باید قبل از بتن ریزی از فضای داخل قالب جمع آوری و خارج شود.

پ- مصالح بنایی که در تماس با بتن قرار می‌گیرند، قبل از بتن ریزی باید با آب اشباع شوند.

ت- تجهیزاتی که برای حمل بتن به محل نهایی بتن ریزی به کار می‌روند، باید الزامات حمل و ریختن بتن را برآورده نمایند.

ث- استفاده از لوله‌های آلومینیومی یا آلیاژ آن در پمپ کردن بتن مجاز نیست.

ج- در فرآیند بتن ریزی باید موارد (۱) تا (۵) زیر رعایت شوند:

۱- با سرعتی انجام شود که مقدار مناسبی از بتن در محل ریختن فراهم باشد.

۲- با سرعتی انجام شود که بتن در تمام مدت بتن ریزی از کارآیی لازم برای تراکم با تجهیزات مورد نظر برخوردار باشد.

۳- از جدا شدن اجزای بتن یا اتلاف آن جلوگیری شود.

۴- وقفه‌هایی وجود نداشته باشند که سبب از دست رفتن کارآیی بتن و ایجاد درز سرد در مراحل متوالی جای دادن بتن گردند.

۵- بتن تا حد امکان در نزدیک‌ترین موقعیت نسبت به محل نهایی مورد نظر ریخته شود، تا از جداشدگی سنگ دانه‌ها بر اثر جا به جایی مجدد یا روان شدن آن‌ها جلوگیری شود.

چ- بتنی که به مواد مضر آغشته شده، یا کارآیی اولیه را به حدی از دست داده که با روش‌های مورد نظر قابل تراکم نیست، نباید مصرف شود.

ح- روان کردن مجدد بتن با استفاده از افزودنی‌های روان کننده در محدوده‌ی تعیین شده در آیین‌نامه‌ی بتن ایران (آبا)، قبل از خروج از مخلوط‌کن مجاز است؛ مگر آن که توسط مهندس ناظر منع شده باشد.

خ- بتن ریزی باید از آغاز تا پایان به صورت تقریبا پیوسته، تا تکمیل هر قسمت در محدوده‌ی مرزها یا درزهای از پیش تعیین شده، ادامه یابد.

د- تراکم بتن باید با وسایل و روش‌های مناسب انجام شود؛ به طوری که کاملا اطراف آرماتورها، اقلام جای گذاری شده در بتن و گوشه‌های قالب را پر نماید.

ذ- سطح بالایی بتن ریخته شده در قالب‌های قائم باید تا حد امکان افقی و تراز باشد.

ر- پرداخت سطح نهایی بتن باید مطابق آیین نامه‌ی بتن ایران (آبا) انجام شود.

بتن‌ریزی

با توجه به اهمیت زمان بتن‌ریزی پس از اتمام کلیه عملیات قالب‌بندی، میلگردگذاری و بازدید ناظرین مربوطه، ضوابط موجود تاکید دارند که قبل از شروع عملیات بتن‌ریزی، اتمام عملیات میلگردگذاری باید کتباً به اطلاع دستگاه نظارت رسیده باشد. این اعلام باید حداقل ۲۴ ساعت قبل از بتن‌ریزی صورت پذیرد تا دستگاه نظارت فرصت کافی برای کنترل داشته باشد. لذا بتن‌ریزی قبل از کسب اجازه کتبی دستگاه نظارت مجاز نمی‌باشد. هم‌چنین میلگردگذاری یا جابه‌جایی میلگردها حین اجرای بتن‌ریزی تحت هیچ شرایطی نباید انجام شود. مواردی نظیر بتن‌ریزی با استفاده از قالب‌های لغزان که در آن هم‌زمانی میلگردگذاری و بتن‌ریزی اجتناب ناپذیر است، از شمول قاعده فوق مستثنی می‌باشند [۲].

بتن باید تا حد امکان نزدیک به محل نهایی خود ریخته شود تا از جدایی دانه‌ها بر اثر جابجایی مجدد جلوگیری شود.

روند بتن ریزی باید طوری باشد که بتن در هنگام ریختن و جای دادن به حالت خمیری باقی بماند و بتواند به راحتی به فضاهای بین میلگردها راه یابد.

درصورتی که اسلامپ بتن در موقع تحویل برای مصرف کمتر از میزان مقرر باشد، باید از مصرف آن خودداری شود. با این وجود افزودن اسلامپ بتن تا هنگامی که هنوز از مخلوط کن تخلیه نشده، فقط با اجازه دستگاه نظارت و با افزودن دوغاب سیمان با یا بدون مواد افزودنی روان کننده میسر می‌باشد مشروط براینکه نسبت آب به سیمان از حداکثر مقدار مجاز طرح فراتر نرود.

بتنی که به حالت نیمه سخت در آمده و گیرش آن شروع شده و یا به مواد زیان آور بیرونی آلوده شده است، نباید در بتن‌ریزی قطعات سازه‌ای به‌کار رود.

بتن‌ریزی باید از آغاز تا پایان، به صورت عملیاتی سریع و پیوسته در محدودهٔ مرزها یا درزهای از پیش تعیین شدهٔ قطعات ادامه یابد. درزهای اجرایی مورد نیاز باید با ضوابط مندرج در این مقررات مطابقت داشته باشد.

سطح بتن ریخته شده به صورت لایه‌های افقی، باید تراز باشد.

استفاده از مواد حباب‌زا و ساخت بتن با حباب هوا برای بتن‌هایی که در معرض یخ زدن و آب شدن‌های متوالی قرار می‌گیرند، الزامی است.

۹-۷-۴-۸ بتن‌ریزی شالوده

درصورت سست بودن محل شالوده، باید عملیات پی‌کنی تا تراز زمین سخت (با مقاومت مورد نظر) ادامه یافته و حفاری اضافی با مصالح مورد تایید دستگاه نظارت تا تراز زیر شالوده پرشده و تحکیم یابد. بستر شالوده باید با حداقل ۱۰۰ میلی‌متر بتن مگر آماده و رگلاژ شود. درصورتی‌که به علت شرایط زمین شالوده، با دستگاه نظارت، بستن قالب ضرورت نداشته باشد، پیمانکار باید با تعبیه پوشش‌های پلاستیکی و دیگر روش‌های مشابه، از جذب آب بتن تازه توسط زمین اطراف شالوده جلوگیری نماید.

۹-۷-۴-۹ بتن ریزی دال و سقف‌ها

بتن ریزی در دال‌ها باید در یک جهت و به‌طور متوالی انجام شود. محموله‌های بتن نباید در نقاط مختلف سطح و به‌صورت پراکنده ریخته و سپس پخش و تسطیح شوند. همچنین بتن نباید در یک محل و در حجم زیاد تخلیه و سپس به‌طور افقی در طول قالب حرکت داده شود. با توجه به حجم بتن و روش‌های حمل و تخلیه، عملیات باید به صورتی انجام شود که تا حد امکان از به وجود آمدن درز سرد در دال‌ها پرهیز گردد.

در عملیات بزرگ، باید محل ختم بتن‌ریزی از قبل تعیین و در نقشه‌های اجرایی مشخص شود و عملیات تا محل درزهای اجرایی ادامه یابد. چنانچه بر اثر بروز اشکالات، توقف بتن‌ریزی حادث شود، باید محل قطع بتن‌ریزی برای ادامه عملیات بتن‌ریزی آماده شود.

۹-۷-۴-۱۰ بتن‌ریزی دیوارها، ستون‌ها و تیرهای اصلی

بتن ریزی دیوارها باید در لایه‌های افقی با ضخامت یکنواخت صورت گیرد و هرلایه، قبل از ریختن لایهٔ بعدی به‌طور کامل متراکم شود. میزان و سرعت بتن‌ریزی باید چنان باشد که هنگام ریختن لایهٔ جدید، لایهٔ قبلی در حالت خمیری باشد. عدم رعایت این نکته باعث ایجاد درز و نهایتاً عدم یکپارچگی بتن خواهد شد. پیمانه‌های اولیهٔ بتن باید از دو انتهای عضو ریخته شوند و سپس بتن ریزی به سوی قسمت مرکزی ساختمان ادامه یابد. در تمام حالات باید از جمع شدن آب در انتها و گوشه‌ها جلوگیری شود. در بتن‌ریزی ستون‌ها و دیوارها تا حد امکان باید ارتفاع سقوط آزاد بتن را محدود نمود. این ارتفاع برای جلوگیری از جدا شدن اجزای بتن به ۱/۲ متر محدود می‌شود.

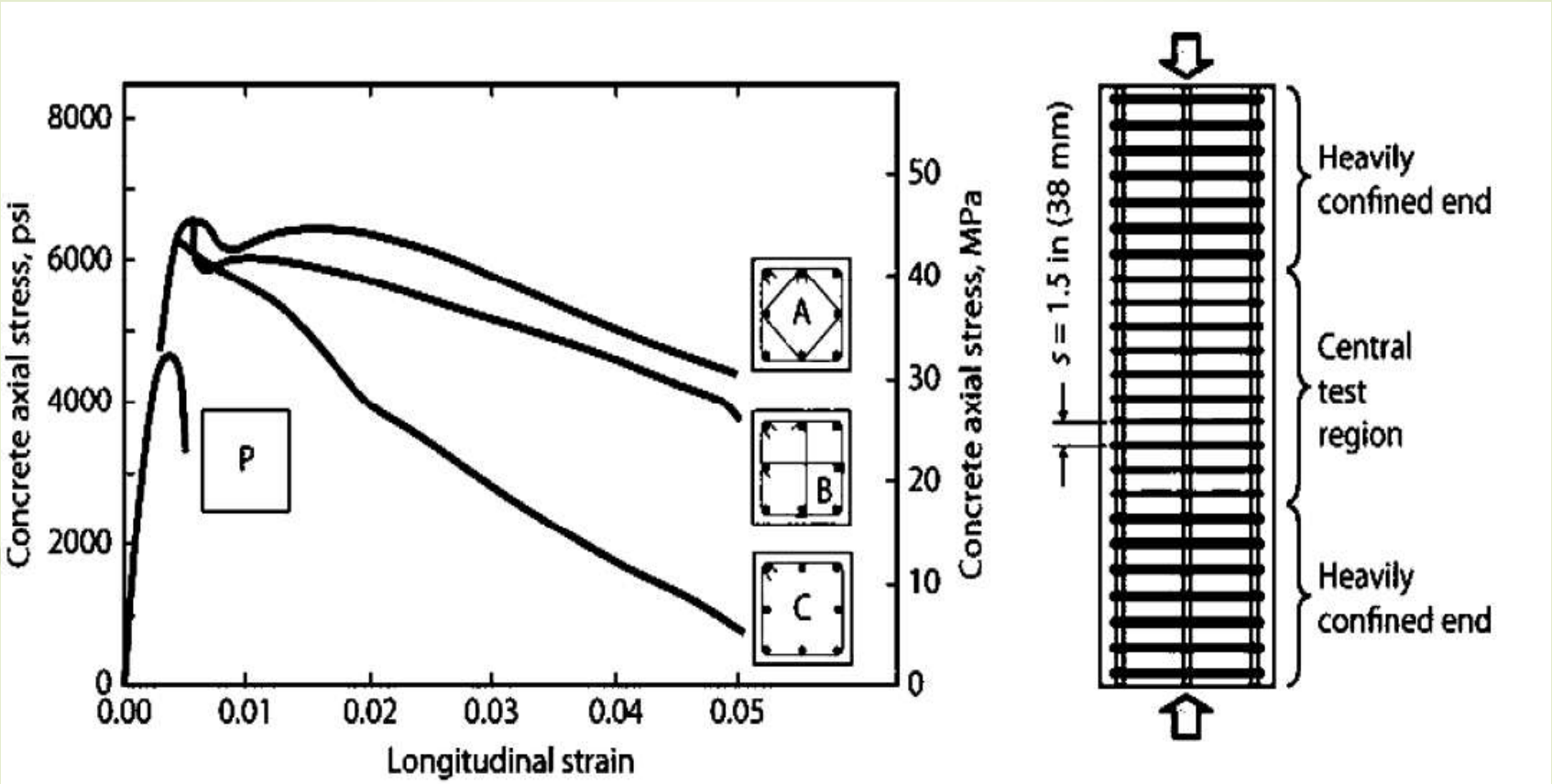


FIGURE 4.1 Stress–strain response of plain concrete (P) and three confined concrete cross sections. (*After Moehle and Cavanagh, 1985, used with permission from ASCE.*)

۱-۳۳ بتن‌ریزی در زیر آب

یکی از کاربردهای بتن در تأسیسات زیر آبی، پایه اسکله‌ها و سازه‌های دریایی است. بتن‌ریزی در زیر آب معمولاً با مشکلات فنی و اجرایی روبرو است و در بسیاری موارد استفاده از قطعات پیش‌ساخته اقتصادی‌تر می‌باشد. برای بتن‌ریزی در زیر آب معمولاً بتن توسط لوله به زیر سطح آب با دو روش؛ قیف و لوله (تِرِمی[1]) و پمپ منتقل می‌شود که در ادامه این بخش به بررسی دقیق آن‌ها پرداخته می‌شود [۱۸- بند ۹-۷-۸-۲-۱].

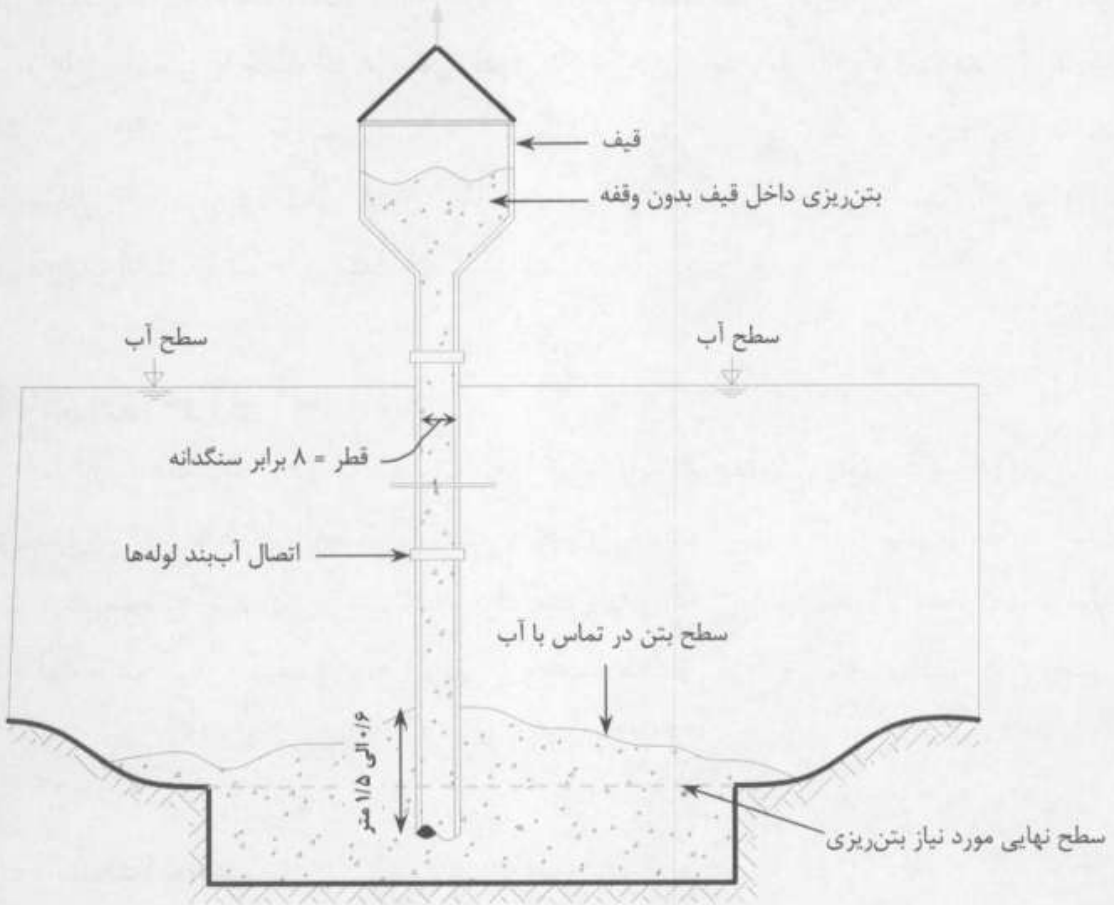
۱-۳۳-۱ مشخصات کلی

بتن‌ریزی در زیر آب باید تحت شرایط خاصی صورت گیرد که در ادامه ضوابط آن بررسی می‌گردد:

الف) بتن‌ریزی با قیف و لوله (تِرِمی): در این روش باید دقت شود تا در اثر جریان آب مواد سیمانی شسته نشوند. لازم است برای بتن با کارایی زیاد بتن ریخته شده در آب حداقل ۳۵۰ کیلوگرم در مترمکعب مواد سیمانی داشته باشد. نسبت آب به سیمان در طرح اختلاط نباید از ۰/۴۵ تجاوز کند.

سیستم قیف و لوله باید کاملاً آب‌بند بوده و بتن به‌راحتی در آن حرکت نماید. در طول مدت بتن‌ریزی باید این سیستم از بتن پُر باشد. قطر لوله تِرمی باید حداقل ۸ برابر قطر بزرگ‌ترین اندازه سنگدانه مصرفی باشد. اسلامپ بتن باید بین ۱۷۰ تا ۲۵۰ میلی‌متر انتخاب شود. سر لوله تِرمی همواره باید به میزان ۰/۶ تا ۱/۵ متر در داخل بتن ریخته شده قرار گیرد (شکل ۱-۸۵).

جرثقیل در هنگام بتن‌ریزی پیوسته به تدریج قیف و لوله را بالا می‌کشد.



شکل (۱-۸۵): بتن‌ریزی زیر آب توسط لوله تِرمی

۹-۸-۵ مشخصات بتن پمپی (پمپ شونده)

۱) حداکثر نسبت آب به سیمان در این گونه بتن‌ها ۰/۶ است.

۲) بتن‌های مصرفی برای پمپاژ می‌باید دارای روانی متوسط تا زیاد باشند.

۳) بتنی که پمپاژ می‌شود می‌باید تا حدودی روانتر از بتن‌های معمولی باشد تا از مسدود شدن لوله‌ها جلوگیری شود. به منظور آنکه نسبت آب به سیمان از حد مجاز بالاتر نرود می‌باید برای تامین روانی بتن از مواد افزودنی مناسب نظیر فوق روان‌کننده‌ها یا مواد افزودنی آب‌نگهدار استفاده کرد.

۴) مقادیر توصیه شده برای شاخص‌های کارآیی این نوع بتن‌ها عبارتند از:

الف) اسلامپ: ۱۰۰-۴۰ میلیمتر

ب) ضریب تراکم: ۰/۹۵ — ۰/۹۰

پ) وی بی: ۵-۳ ثانیه

۵) عیار سیمان مصرفی در این گونه بتن‌ها می‌باید در حدود ۴۰۰-۳۵۰ کیلوگرم باشد تا چسبندگی کافی بین اجزای بتن برقرار شود.

۶) در صورتیکه سنگدانه‌ها حاوی مقدار کافی ریزدانه نباشند می‌باید با افزودن مواد ریز، چسبندگی کافی را در بتن ایجاد نمود.

۷) مدول نرمی مناسب ماسه مصرفی در بتن پمپی می‌بایست در حدود ۳ — ۲/۴ باشد.

۸) در این گونه بتن‌ها استفاده از دانه‌بندی پیوسته با حداکثر اندازه ۳۷/۵mm و همچنین مقدار کافی ریزدانه ضروری است.

۹) ماسه مصرفی می‌بایست دارای ریزدانه کافی باشد.

۱۰) دانه بندی سنگدانه‌های ریز و درشت بتن‌های پمپی می‌بایست تا حد امکان در محدوده میانی دانه‌بندی باشند.

۱۱) حداکثر قطر سنگدانه، با توجه به قطر داخلی لوله پمپ، مطابق جدول ۹-۸-۳ است. همچنین در بتن‌هایی که با پمپ بتن‌ریزی می‌شوند، نسبت «حداکثر اندازه سنگدانه» به «کوچکترین قطر داخلی لوله انتقال بتن» نباید از مقادیر زیر بیشتر باشد:

الف) ۰/۳۳، برای سنگدانه‌های تیزگوشه

ب) ۰/۴۰، برای سنگدانه‌های کاملا گردگوشه

۱۲) میزان ظرفیت پمپاژ بتن، با توجه به قطر داخلی لوله پمپ و سرعت تخلیه بتن مطابق جدول ۹-۸-۴ است.

۱۳) در هوای گرم و نیز در شرایطی که مسیر پمپاژ طویل باشد توصیه می‌شود که در بتن پمپی از روان کننده‌ها استفاده شود.

جدول ۹-۸-۳ حداکثر قطر سنگدانه با توجه به قطر داخلی لوله پمپ

ردیف	قطر داخلی لوله پمپ (mm)	حداکثر قطر سنگدانه (mm)	
		بتن با عیار زیاد	بتن با عیار کم
۱	۷۵	۱۹	۱۹
۲	۱۰۰	۲۵	۱۹
۳	۱۲۵	۳۸	۲۵
۴	۱۵۰	۵۰	۳۸
۵	۱۷۵	۵۰	۳۸
۶	۲۰۰	۶۸	۵۰

عدم تراکم و یا نقص در تراکم باعث میگردد:

- مقاومت بتن به دلیل وجود هوا کاهش می یابد
- پیوستگی بین بتن و میلگرد کامل صورت نمیگیرد.
- وجود هوا ترک ها را افزایش میدهد.
- نفوذ پذیری بتون افزایش میگیرد.

تراکم بتن

بتن باید در طول عملیات بتن‌ریزی با استفاده از وسایل مناسب متراکم شود. به گونه‌ای که میلگردها و اقلام مدفون را به طور کامل در بر گیرد و قسمتهای داخلی و به خصوص گوشه‌های قالب‌ها را به خوبی پر کند. در بتن‌های خودتراکم، نیازی به استفاده از وسایل متراکم کننده نیست.

ویبراتور باید در داخل بتن به طور منظم و در فواصل مشخص به نحوی فرو برده شود که دو قسمت لرزانیده شده با هم، همپوشانی داشته باشند. قسمتی از ویبراتور باید در لایهٔ زیرین که هنوز حالت خمیری دارد، فرو رود.

ویبراتور باید تا حد امکان به صورت قائم وارد بتن گردد و به آرامی بیرون کشیده شود تا حباب هوا داخل بتن باقی نماند.

فاصلهٔ بین نقاط فرو بردن ویبراتور می‌باید حداکثر ۱/۵ برابر شعاع عملکرد موثر ویبراتور باشد.

۹-۷-۵-۵ درصورت استفاده از ویبراتورهای متصل به قالب برای تراکم بتن دیوارها و ستون‌ها، طول ۸۰۰ میلیمتری بالای این اعضا را می‌باید با ویبراتور شلنگی (درونی) نیز متراکم کرد.

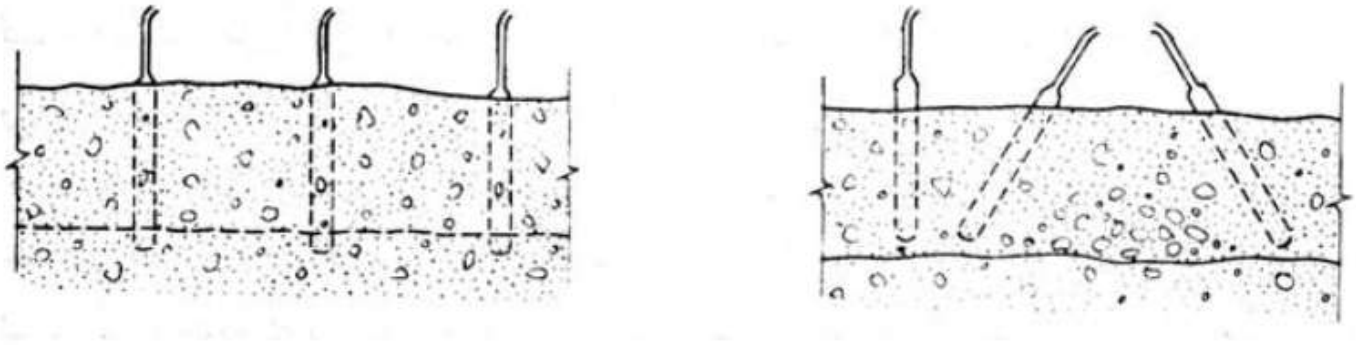
۹-۷-۵-۷ تراکم بتن ستون‌ها می‌باید الزاما توسط ویبراتورهای ماشینی صورت‌گیرد.

۹-۷-۵-۸ تراکم بتن می‌باید پیش از شروع گیرش سیمان صورت گیرد.

۹-۷-۵-۲ ویبراتور باید در داخل بتن به طور منظم و در فواصل مشخص به نحوی فرو برده شود که دو قسمت لرزانیده شده با هم، همپوشانی داشته باشند. قسمتی از ویبراتور باید در لایهٔ زیرین که هنوز حالت خمیری دارد، فرو رود.

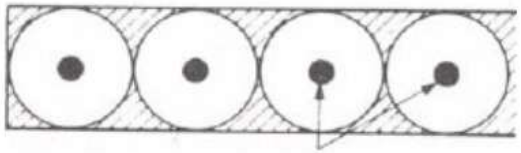
متراکم کردن بتن

بتن باید در طول عملیات بتن‌ریزی با استفاده از وسایل مناسب متراکم شود، بطوری که میلگردها و اجزاء مدفون را به طور کامل در بر گیرد و قسمت‌های داخلی و بخصوص گوشه‌های قالب‌ها را به خوبی پر کند. برای متراکم کردن بتن می‌توان از وسیله ویبراتور استفاده کرد. ویبراتور را باید تا حد امکان به صورت قائم و منظم و با فواصل مشخص وارد بتن کرد و به آرامی بیرون کشید تا حباب هوا داخل بتن باقی نماند. معمولاً بتن خمیری را از نیم دقیقه تا یک دقیقه می‌لرزانند تا متراکم شود. باید دقت شود زمان آنقدر طولانی نشود که شیره بتن خارج شود. (مطابق شکل(۶-۴))



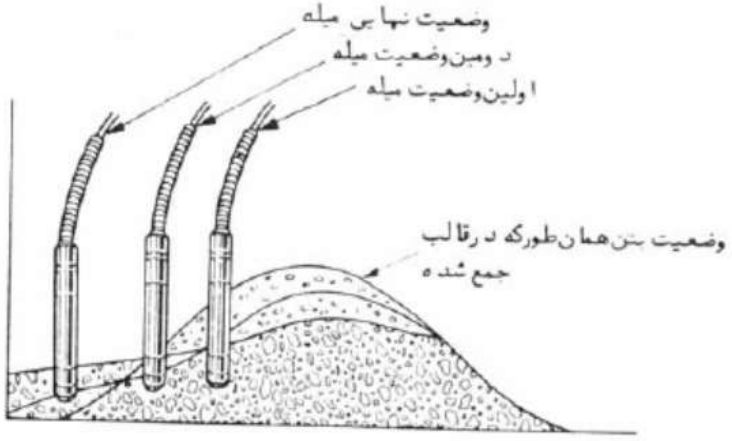
الف) غلط ب) درست

شکل(۶-۴) نحوهٔ استفادهٔ صحیح از ویبراتور[۶]



شکل(۶-۵) نقاط فرو بردن مرکز به مرکز و با فاصله زیاد باعث به جا ماندن نقاط متراکم نشده می گردد(غلط) [۶]

شکل(۶-۶) تداخل محدودهٔ عمل هر یک از اجزاء تراکم بیشتری را تضمین می کند(درست) [۶]



شکل(۶-۷) نحوه صحیح جابجایی بتن با ویبره[۶]

جدول(۶-۲) زمان لازم برای لرزاندن بتن با توجه به اسلامپ آن[۳]

نوع بتن	اسلامپ (میلیمتر)	مدت لرزاندن (ثانیه)
فوق‌العاده خشک	-	۱۸ - ۳۲
خیلی سفت	-	۱۰ - ۱۸
سفت	۰ - ۳۰	۵ - ۱۰
سفت خمیری	۳۰ - ۸۰	۳ - ۵
خمیری	۸۰ - ۱۳۰	۰ - ۳
روان	۱۳۰ - ۱۸۰	-

توضیح:

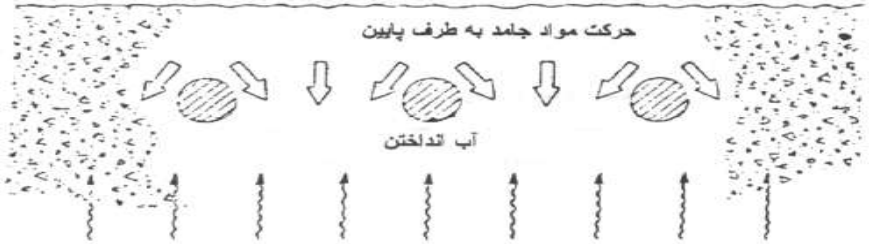
زمانهای مندرج در جدول ممکن است با نظر دستگاه نظارت تغییر یابد، به نحوی که مدت لرزاندن، نه به اندازه‌ای طولانی باشد که باعث تفکیک دانه‌ها شود، نه آنقدر کوتاه باشد که عمل تحکیم به خوبی صورت نگیرد. کفایت لرزاندن را می‌توان با توجه به ارزیابیهای ظاهری و تجربه کارگران متخصص تعیین نمود. مشخصه‌های اصلی بتن متراکم شده عبارتند از:

- فرو رفتن دانه‌های درشت در داخل بتن و جا افتادن آنها
- مسطح شدن سطح تمام شده بتن
- متوقف شدن خروج حبابهای بزرگ هوا از سطح بتن
- ظاهر شدن غشائی نازک (فیلم) از خمیر شفاف سیمان در سطح کار
- یکنواخت شدن صدای ویبراتور بدین معنی که در ابتدای عمل تراکم، فرکانس ویبراتور کاهش یافته و پس از مدتی (زمان اتمام ارتعاش) فرکانس مجدداً بالا می‌رود. در پایان هنگامی که بتن عاری از هوا گردد، صدای ویبراتور یکنواخت و ثابت می‌شود. علاوه بر آن کارگران با تجربه می‌توانند تشخیص دهند که چه موقع بتن کاملاً متراکم شده است.

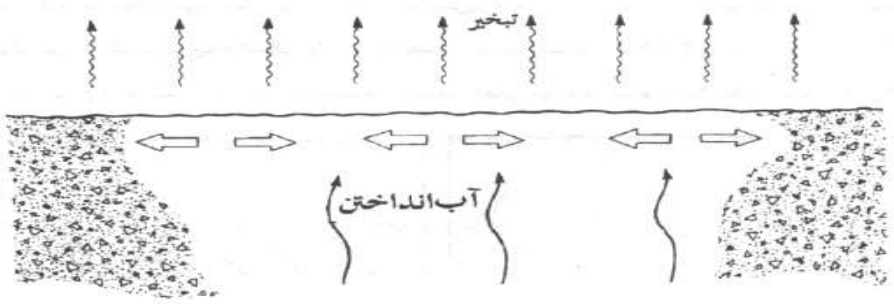
آب انداختن بتن:

در هنگام بتن‌ریزی و متراکم نمودن بتن ذرات بزرگتر و سنگین‌تر به سمت پایین حرکت می‌کند (در اثر نیروی ثقلی) و بالعکس آب به سمت بالا صعود می‌کند. (شکل۶-۸) این روند تا زمانی ادامه دارد که دانه‌های سنگی با یکدیگر تماس پیداکرده و یا خمیر سیمان سفت، و امکان جابجایی وجود نداشته باشد، این پدیده به آب انداختن بتن موسوم است. آب انداختن از عوامل ایجاد ترک در اثر جمع‌شدگی پلاستیک است. در شرایط محیطی از قبیل سرعت باد و رطوبت نسبی و دما باعث تبخیر آب شده (شکل۶-۹) و هنگامی که سرعت تبخیر آب بیشتر از آب انداختن می‌باشد حجم بتن بطور موضعی کم شده و لایه سطحی بتن در اثر کاهش حجم تغییر طول (کرنش) داده، در حالی که لایه پایینی بدون تغییر حجم باقی می‌ماند و این لایه در مقابل تغییر طول لایه بالایی مقاومت نموده و سبب

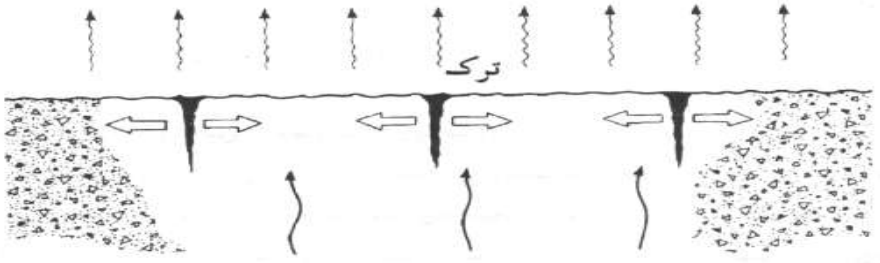
بوجودآمدن تنش‌های کششی در لایهٔ سطحی می‌شود و با توجه به اینکه مقاومت بتن در سنین اولیه کم می‌باشد و تحمل این تنش اعمالی را ندارد ترک ظاهر می‌شود. (شکل۶-۱۰) این نکته را متذکر می‌شویم که بر روی سطوح دال‌های بتنی که آب ناشی از آب انداختن وجود داشته باشد نباید عملیات پرداخت بتن صورت گیرد.



شکل (۶-۸) عملیات آب انداختن بتن



شکل(۶-۹) تبخیر آب سطحی



شکل(۶-۱۰) ایجاد ترکهای جمع شدگی پلاستیک[۱۲]

۹-۷-۶-۲ مراحل پرداخت سطح

پرداخت سطح بتن باید طبق مراحل زیر انجام شود:

۹-۷-۶-۲-۱ مرحله شمشه یا تراز کردن: هدف از شمشه کاری، تراز شدن سطح بتن به ارتفاع مورد نظر است. با حرکت دادن شمشه به سمت جلو پستی و بلندی سطح بتن تراز می‌شود.

۹-۷-۶-۲-۲ مرحله ماله‌کشی با ماله دسته‌بلند یا کوتاه (تی‌کشی): هدف از ماله‌کشی با ماله دسته‌بلند و یا کوتاه حذف لبه‌های باقی مانده از شمشه‌کاری و پر کردن منافذ سطح بتن است. طول دسته ابزار بر مبنای سطح بتن انتخاب می‌شود. حرکت ابزار به سمت جلو و برگشت است. ابزار ماله‌کشی با ماله دسته بلند یا کوتاه یا مرحله انجام این عمل، به تی‌کشی نیز موسوم است.

۹-۷-۶-۲-۳ مرحله ماله‌کشی: هدف از ماله‌کشی فرو بردن سنگدانه‌ها به درون بتن، حذف ناهمواری‌ها و تراکم سطح بتن است. ابزار ماله‌کشی به صورت دستی و مکانیکی وجود دارند. ابزار ماله دستی برای سطوح کم و نوع مکانیکی برای سطوح زیاد است. حرکت ابزار دستی به صورت اره‌ای و قوسی است.

۹-۷-۶-۲-۴ پرداخت نهایی: هدف از پرداخت نهایی ایجاد سطح صاف و متراکم کردن سطح بتن است. وسیله پرداخت نهایی مشابه ابزار ماله‌کشی است و فقط جنس ابزار پرداخت نهایی باید فولادی باشد.

۹-۷-۶-۴ زمان توقف عملیات پرداخت

هرگاه در هنگام عملیات پرداخت، آب‌انداختن بتن مشاهده شد، باید عملیات پرداخت متوقف شود و اجازه داده شود که آب ناشی از آب انداختن تبخیر شود. اگر شرایط دما، رطوبت و باد به نحوی است که زمانی طولانی برای تبخیر آب سطحی نیاز است، می‌توان از چتایی استفاده کرد تا آب توسط چتایی جذب شود. همچنین می توان از دستگاه مکش استفاده کرد، اما کلاهک دستگاه باید مجهز به فیلتری باشد که فقط آب را از خود عبور دهد و از عبور ذرات سیمان جلوگیری کند. اما استفاده از پخش کردن سیمان بر روی سطح بتن برای جذب آب به هیچ وجه مجاز نیست. چنانچه در هنگام عملیات پرداخت، آب انداختن مشاهده شود، اما عملیات ادامه یابد منجر به ایجاد یک لایه نازک سست بر سطح بتن می‌گردد که به مرور زمان آن لایه از سطح جدا می‌شود و سنگدانه‌ها در معرض کنده شدن قرار می‌گیرند که در طول زمان آن سنگدانه‌ها از بتن جدا می‌شوند و در نهایت باعث تخریب بتن می‌گردد.

دفعات نمونه برداری

۹-۲۲-۱۱-۲ تواتر نمونه برداری

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

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

الف- یک نمونه در هر نوبت کاری روزانه،

ب- یک نمونه برای هر ۳۰ متر مکعب بتن،

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

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

ث- یک نمونه برای هر ۵۰ متر طول ستون.

Activate Win

۹-۲۲-۱۱-۲-۳ در مواردی که حجم هر پیمانه اختلاط بتن در پای کار بیش‌تر یا کم‌تر از یک متر مکعب باشد، مقادیر بند فوق را می‌توان به همان نسبت افزایش یا کاهش داد؛ مشروط بر آن که این نسبت‌ها بیش‌تر از ۲ و یا کم‌تر از نصف نشوند. افزایش ۲ و کاهش نصف را در مواردی که بتن دارای گواهی نامه‌ی خاص یا پروانه‌ی استاندارد ملی باشد، می‌توان به نسبت کاهش داد؛ مگر آن که بتن توسط مهندس ناظر، به دلیل عدم انطباق با رده، نامناسب تشخیص داده شود.

۹-۲۲-۱۱-۲-۴ در هر سازه برای هر نوع و رده‌ی بتن، حداقل ۶ نوبت نمونه برداری، صرف نظر از حجم یا سطح سازه، ضرورت دارد.

۹-۲۲-۱۱-۲-۵ در مواردی که حجم کل هر نوع یا رده‌ی بتن در یک سازه از ۳۰ متر مکعب کم‌تر باشد، به شرط آن که مهندس ناظر بتن را مناسب تشخیص دهد، می‌توان از نمونه برداری و آزمایش صرف نظر کرد.

بتن تازه – قسمت۱: نمونه‌برداری

Fresh concrete –part1: sampling 3201-1

۶ روش نمونه برداری

۶ ۱ طرح نمونه‌برداری

از بین نمونه‌برداری نقطه‌ای و مرکب یکی را انتخاب کنید.

نمونه‌ای تهیه کنید که حداقل ۱/۵ برابر مقدار تخمین زده شده برای آزمون باشد.

روش نظارت بر خطاهای نمونه‌برداری در پیوست الف شرح داده شده است.

یادآوری این به هدف از استفاده از نمونه بستگی خواهد داشت.

۶ ۲ تهیه یک نمونه مرکب

اطمینان حاصل کنید، که کلیه وسایل تمیزهستند و قبل از استفاده، آن را با پارچه نمدار ونه خیس مرطوب کنید. با استفاده از چمچه مقدار مورد نیاز نمونه را بصورت یکنواخت و با توزیع مناسب از پیمانه، برداشت نمایید.

۶ ۲ ۱ در زمان نمونه‌برداری از یک مخلوط کن ثابت یا کامیون مخلوط کن بتن ، از ابتدا و انتهای پیمانه تخلیه شده استفاده نشود. در هنگام نمونه‌برداری از جریان بتن ، برداشت‌ها باید به گونه ای باشند که نماینده کل پهنا و ضخامت جریان باشند.

۶ ۲ ۱ اگر پیمانه به‌صورت بتن توده‌ای تخلیه شده باشد، نمونه را بطور مناسبی برداشت کنید که تا حد امکان نماینده عمق و سطح بتن باشد. نمونه‌ها، نباید از بخش‌هایی از بتن برداشته شوند که با سایر قسمت‌ها متفاوتند مانند نواحی پر ماسه یا پرشن.

۶ ۲ ۳ برداشت‌ها حداقل باید از سه محل برداشته شوند.

۶ ۲ ۴ برداشت‌ها را در داخل ظرف بریزید.

۶ ۲ ۵ تاریخ و زمان نمونه برداری را ثبت نمایید.

دستورالعمل ساخت و اجرای بتن در کارگاه

نشریه شماره ۳۲۷

ژ – یکنواختی بتن، در هنگام اختلاط یا پس از حمل می‌تواند کنترل گردد. اگر پس از کنترل‌های چشمی، شکی دراین مورد وجود داشته باشد می‌توان پس از تخلیه ۱۵ درصد از بتن، یک نمونه و پس از تخلیه ۸۵ درصد از بتن با فاصله کمتر از ۱۵ دقیقه، نمونه دیگری از بتن تازه تهیه نمود و پس از آزمایشهای اسلامپ، وزن مخصوص، دانه‌بندی سنگدانه‌ها و درصد حباب هوای بتن و همچنین مقاومت فشاری بتن سخت شده مربوط می‌توان با توجه به ضوابط پذیرش مندرج در جدول ۱، از یکنواختی بتن اطمینان حاصل نمود.

جدول ۱ الزامات مربوط به یکنواختی بتن

نوع آزمایش	حداکثر اختلاف مجاز نتایج آزمایشهای دو نمونه بتن
وزن مخصوص بتن تازه و متراکم	۱۶ Kg/m3
درصد هوای بتن	٪۱
برای اسلامپ کمتر از ۱۰۰ mm	۲۵ mm
برای اسلامپ بیشتر از ۱۰۰ mm	۳۵ mm
درصد مانده روی الک نمره ۴	٪۶
مقاومت فشاری ۷ روزه	٪۷/۵

بتن آماده– ویژگی ها

INSO

6044

نمونه برداری به روش های زیر:

۱۲-۳-۳-۱ روش الف

مخلوط‌کن باید متوقف شود و نمونه های بتنی مورد نیاز توسط وسیله مناسبی در فواصل تقریباً مساوی از قسمت میانی محموله بتن (از ۱۵درصد تا ۸۵درصد میانی پیمانه) برداشته شود و نباید از قسمت جلو یا ابتدایی و انتهایی مخزن مخلوط‌کن، برداشته شود.

۱۲-۳-۳-۲ روش ب

هنگامی که مخلوط‌کن تخلیه می شود، نمونه ها باید پس از تخلیه تقریباً ۱۵درصد و قبل از ۸۵ درصد از محموله بتن گرفته شود. هر روش مناسبی از نمونه‌برداری می‌تواند استفاده شود، مشروط بر این‌که نمونه ها نماینده بخش های به‌طور کاملاً مجزایی از بتن باشند و از ابتدا و انتهای محموله نباشد (یادآوری بند ۱۲-۵ را ببینید).

تبدی‌ل مقاومت فشاری نمونه های بتنی

تمامی ضوابط مربوط به مقاومت فشاری مشخصه بتن براساس آزمایش آزمونه های استوانه ای به ابعاد ۱۵۰ × ۳۰۰ میلیمتر استوار است. در صورت استفاده از آزمونه های مکعبی باید مقاومت آنها به مقاومت نظیر آزمونه های استوانه ای تبدیل شود.

جدول ۲ تبدیل مقاومت فشاری نمونه استوانه ای استاندارد به نمونه مکعبی ۱۵۰ میلیمتر

مقاومت فشاری مکعبی Mpa	کمتر از ۲۵	۳۰	۳۵	۴۰	۴۵	۵۰	۵۵
مقاومت فشاری نمونه‌های استوانه‌ای استاندارد	تبدیل با ضریب ۰/۸	۲۵	۳۰	۳۵	۴۰	۴۵	۵۰
ضریب تبدیل	۰/۸	۰/۸۳۳	۰/۸۵۷	۰/۸۷۵	۰/۸۸۸	۰/۹	۰/۹۱

مقاومت نمونه مکعبی ۱۵۰ میلیمتر و ۲۰۰ میلیمتر طبق آئین نامه بتن ایران یکسان منظور می‌شود.

۹-۲۲-۱۱ ارزیابی و پذیرش بتن

۹-۲۲-۱۱-۱ کلیات

الف- مقاومت یک نمونه‌ی آزمایش بتن، میانگین مقاومت حداقل دو آزمونه‌ی استوانه‌ای به ابعاد ۳۰۰ × ۱۵۰ میلی متر، یا میانگین حداقل ۳ آزمونه‌ی استوانه‌ای به ابعاد ۲۰۰ × ۱۰۰ میلی متر است که از یک مخلوط بتن برداشته شده و در سن ۲۸ روز، یا در سن مشخص شده برای f_c'، آزمایش شده باشند.

ب- آزمایشگاه مسئول انجام آزمایش‌ها، باید دارای صلاحیت تائید شده از طرف سازمان برنامه و بودجه‌ی کشور باشد.

پ- مسئولین آزمایشگاه باید آزمایش‌های بتن تازه را در کارگاه انجام دهند، آزمونه‌ها را برای عمل آوری استاندارد آماده نمایند، در صورت لزوم آزمونه‌هایی برای عمل آوری در کارگاه تهیه نمایند، و دمای بتن تازه را همراه با آماده سازی آن‌ها یادداشت کنند.

ت- کلیه‌ی گزارش‌های آزمایش پذیرش بتن باید برای مهندس ناظر، کارفرما، مقام قانونی مسئول و در صورت لزوم برای تولید کننده‌ی بتن ارسال شوند.

ث- مسئولین آزمایشگاه محلی و مسئولین آزمایشگاه مرکزی که آزمایش‌ها را انجام می‌دهند، باید دارای صلاحیت کافی باشند.

۹-۲۲-۱۱-۳ ضوابط پذیرش مقاومت

الف- آزمونه‌های تهیه شده برای آزمایش پذیرش باید الزامات (۱) و (۲) زیر را تامین نمایند:

۱- نمونه گیری از بتن باید مطابق استاندارد ملی شماره‌ی ۱-۳۲۰۱ باشد.

۲- ساخت و عمل آوری آزمونه‌های بتنی در کارگاه باید مطابق استاندارد ملی شماره‌ی ۳۲۰۵ یا ۱۶۰۸-۲، و آزمایش آن‌ها مطابق استاندارد ۱۶۰۸-۳ یا ۶۰۴۸ باشند.

ب- مقاومت فشاری بتن هنگامی قابل قبول است که شرایط (۱) و (۲) زیر برقرار باشند:

۱- میانگین مقاومت هر سه نمونه‌ی متوالی برابر یا بیش‌تر از f_c' باشد.

۲- مقاومت هیچ یک از نمونه‌ها کم‌تر از $0.9 f_c'$ نباشد.

پ- در مواردی که تنها شرط زیر بند (۱) از بند "ب" بالا برآورده نشود، می‌توان بتن را از نظر سازه‌ای پذیرفت؛ ولی چنان چه شرط زیر بند (۲) از بند "ب" بالا بر آورده نشود، باید اقداماتی به عمل آیند تا میانگین نتایج مقاومت در آزمایش‌های بعدی افزایش یابد.

ت- در مواردی که شرط زیر بند (۲) از بند "ب" بالا برآورده نشود، باید الزامات بررسی نتایج بتن کم مقاومت، موضوع بند ۹-۲۲-۱۱-۴، به اجرا گذاشته شوند.

ث- در مواردی که از آزمونه های مکعبی به ابعاد ۱۵۰ یا ۱۰۰ میلی متر برای تعیین مقاومت فشاری استفاده می شود، می توان طبق ضوابط ارایه شده در آئین نامه (آبا) این نتایج را به نتایج استوانه ای تبدیل نمود.

۹-۲۲-۱۱-۴ بررسی نتایج بتن کم مقاومت

الف- در مواردی که نتایج آزمایش مقاومت هر یک از نمونه‌ها، ضابطه‌ی بند ۹-۲۲-۱۱-۳-ب(۲) را تامین نکنند، یا چنان چه آزمایش نمونه‌های عمل آمده در کارگاه نقایصی در حفاظت و عمل آوری بتن نشان دهد، باید اقداماتی انجام شوند تا نسبت به کافی بودن مقاومت سازه اطمینان حاصل گردد.

ب- چنان چه احتمال بتن کم مقاومت تایید شود، و محاسبات سازه کاهش قابل ملاحظه‌ای را در مقاومت سازه نشان دهند، آزمایش مغزه گیری از ناحیه‌ی مورد نظر را مطابق استاندارد ملی شماره‌ی ۱۲۳۰۶، می‌توان به اجرا گذاشت. در چنین مواردی از ناحیه هر آزمایش مقاومت که کم‌تر از f'_c به مقدار تعیین شده برای پذیرش باشد، سه عدد مغزه باید گرفته شوند.

پ- مغزه‌های گرفته شده باید در شرایط مرطوب در کیسه‌ها یا ظروف عایق رطوبت نگه داری و به آزمایشگاه منتقل شوند و بر طبق استاندارد ۳-۱۶۰۸ یا ۶۰۴۸ آزمایش گردند. مغزه‌ها باید بین ۵ روز پس از نگه داری در آب تا ۷ روز پس از مغزه گیری آزمایش شوند؛ مگر آن که روش دیگری توسط مهندس ناظر اجازه داده شده باشد.

ت- بتن ناحیه‌ای که از آن مغزه گیری شده، هنگامی قابل قبول تلقی می‌شود که شرایط (۱) و (۲) زیر تامین شده باشند:

۱- میانگین مقاومت سه مغزه حداقل $0.85f_c^{'}$ باشد.

۲- مقاومت هیچ یک از مغزه‌ها از $0.75f_c^{'}$ کم‌تر نباشد.

ث- آزمایش مغزه‌های اضافی از مناطقی که نتایج آزمایش مغزه‌ی آن‌ها از آشفتگی برخوردارهستند، مجاز می‌باشد.

ج- در مواردی که ضوابط ارزیابی مقاومت سازه بر اساس نتایج آزمایش مقاومت مغزه‌ها برآورده نگردند و کفایت مقاومت سازه در ابهام باقی بماند، مهندس ناظر یا مقام قانونی مسئول می‌تواند برای آن بخش تایید نشده‌ی سازه، دستور ارزیابی مطابق فصل ۹-۲۳، و یا هر دستور مقتضی دیگر را صادر نماید.

نسبتهای ارتفاع به قطر	ضریب تصحیح مقاومت	
(h/d)	ASTM C۴۲-۷۷	BS . ۱۸۸۱ : ۱۹۷۰
۲/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰
۱/۷۵	۰/۹۸	۰/۹۸
۱/۵۰	۰/۹۶	۰/۹۶
۱/۲۵	۰/۹۳	۰/۹۴
۱/۰۰	۰/۸۷	۰/۹۲

تصحیح مقاومت مغزه های حاوی میلگرد :

❖درصورت امکان باید سعی شود که مغزه ها حاوی میلگرد نباشند، اما در صورتی که مغــزه دارای میلگرد است باید مقاومت مغزه تصحیح گردد،

یک میلگرد ⟵ $1+1.5\frac{\phi_r d}{\phi_c L}$

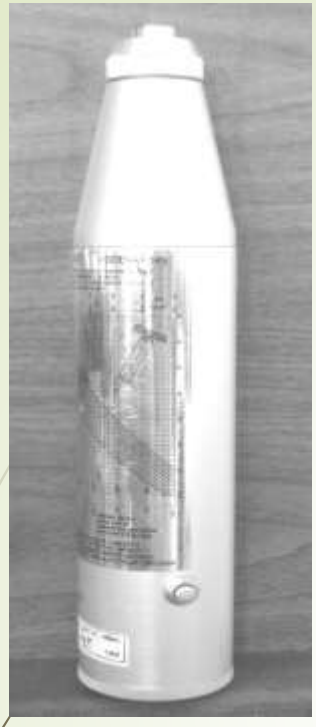
چند میلگرد ⟵ $1+1.5\frac{\sum\phi_r d}{\phi_c L}$

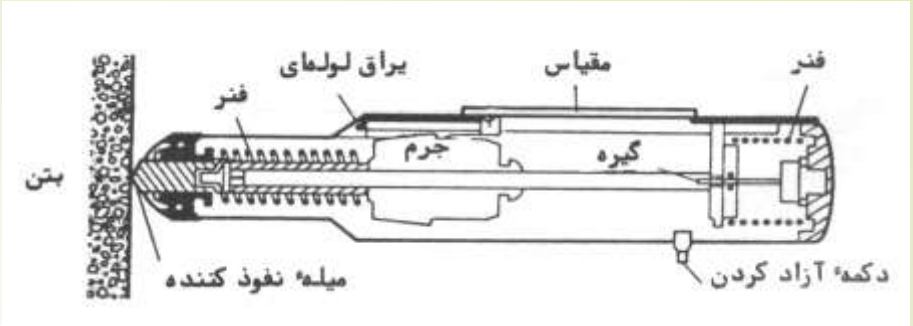
$\varnothing_r$ = قطر میلگرد .

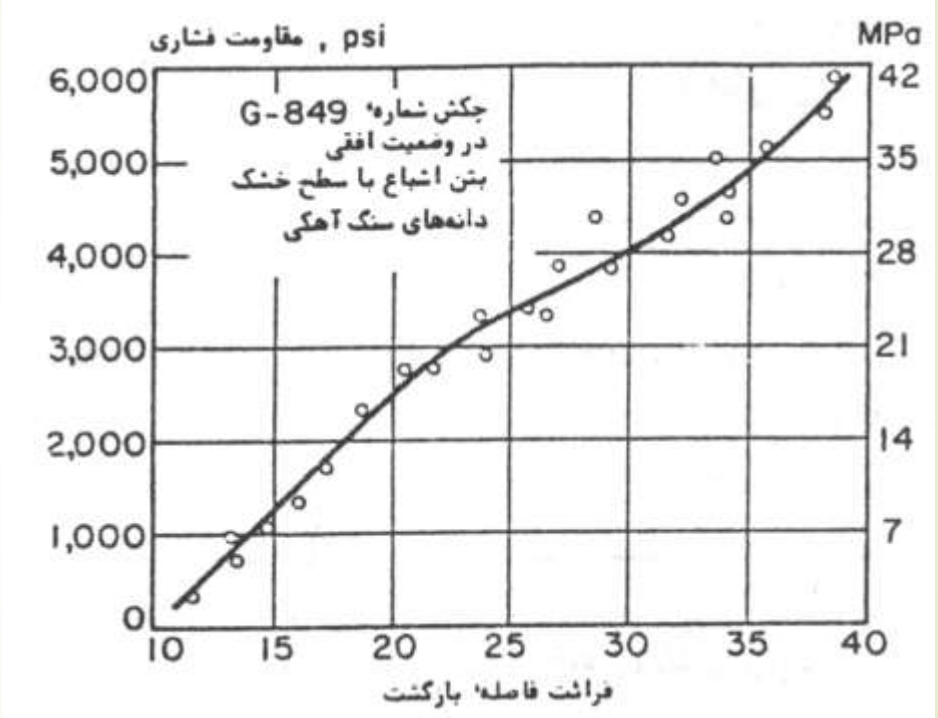
$\varnothing_c$ = قطر نمونه (مغزه) .

d= فاصله محور میلگرد از نزدیکترین سطح نمونه .

L = طول نمونه (بدون کلاهک) .







۱- سطح آزمایش بایستی صاف و تمیز باشد

۲-شرایط رطوبت باید در تمام سطوح یکسان باشد.

۳-معمولا ۱۲ قرائت در هر محل لازم است

٤-بهتر است هر محل دارای مساحتی بیشتر از ۳۰*۳۰ سانتیمتر نباشد در این سطح شبکه ای از خطوط با فاصله ۲ تا ۵ سانتیمتر رسم ودر نقاط تلاقی آزمایش یکبار انجام شود.

۹-۲۳-۵ روش آزمایش بارگذاری تدریجی

۹-۲۳-۵-۱ اعمال بارهای آزمایش

۹-۲۳-۵-۱-۱ کل بار آزمایش باید حداقل در چهار مرحله، با افزایش تقریباً یکسان در هر مرحله، بدون وارد کردن ضربه به سازه اعمال شود.

۹-۲۳-۵-۲ اندازه گیری پاسخ سازه

۹-۲۳-۵-۲-۱ اندازه گیری پاسخ سازه مانند تغییر شکل، کرنش، لغزش و عرض ترک باید در ناحیه‌هایی که انتظار بروز حداکثر آن‌ها می‌رود، انجام پذیرد. در صورت نیاز می‌توان اندازه‌گیری‌های بیش‌تری انجام داد.

۹-۲۳-۵-۲-۲ مقدار اولیه‌ی اندازه گیری‌های پاسخ مورد نظر باید حداکثر یک ساعت قبل از اعمال اولین مرحله‌ی بار ثبت شود.

۹-۲۳-۵-۲-۳ پس از وارد شدن هر مرحله از بار، و پس از این که کل بار برای مدت ۲۴ ساعت به سازه وارد شد، باید مجموعه‌ای از اندازه گیری‌های پاسخ سازه انجام پذیرند.

۹-۲۳-۵-۲-۴ مجموعه‌ای از اندازه گیری‌های پاسخ نهایی سازه باید ۲۴ ساعت پس از برداشتن کل بار ، T_i، نیز انجام گیرد.

۹-۲۳-۵-۳ معیارهای پذیرش

۹-۲۳-۵-۳-۱ در قسمت مورد آزمایش سازه، نباید آثاری از جدا شدن بتن یا خرد شدن آن، و یا نشانه‌های دیگری از گسیختگی مشاهده شوند.

۹-۲۳-۵-۳-۲ اعضای مورد آزمایش نباید دارای ترک‌های نشان دهنده‌ی قریب الوقوع بودن گسیختگی برشی باشند.

۹-۲۳-۵-۳-۳ در ناحیه‌هایی از اعضای سازه‌ای که فاقد میلگرد عرضی هستند، ترک‌های سازه‌ای مورب نسبت به محور طولی عضو با تصویر افقی بزرگ‌تر از عمق آن، باید مورد بررسی قرار گیرند. در اعضای با ارتفاع متغیر، ارتفاع عضو باید در وسط طول ترک اندازه گیری شود.

۹-۲۳-۵-۳-۴ در ناحیه‌های مهاری و وصله‌های پوششی میلگرد، ترک‌های مورب کوتاه و یا ترک‌های افقی در طول مسیر میلگردها باید مورد ارزیابی قرار گیرند.

۹-۲۳-۵-۳-۵ تغییر مکان‌های اندازه گیری شده باید شرط زیر را برآورده نمایند:

$$\Delta_2 \leq \Delta_1/4 \qquad (۹-۲۳-۲)$$

در این رابطه Δ_2 تغییر مکان پس‌ماند بر حسب میلی متر است که ۲۴ ساعت پس از برداشتن بار آزمایش اندازه گیری می‌شود. برای آزمایش بارگذاری اول، تغییر مکان پس‌ماند نسبت به وضعیت سازه، قبل از انجام آزمایش اندازه گیری می‌شود. هم‌چنین Δ_1 حداکثر تغییر مکان در آزمایش بارگذاری اول بر حسب میلی متر است که ۲۴ ساعت پس از اعمال کل بار آزمایشی اندازه گیری می‌شود.

۹-۲۳-۵-۳-۶ در صورتی که حداکثر تغییر مکان اندازه گیری شده، Δ_1، از بزرگ‌ترین مقادیر ۱/۳ میلی متر و $l_t/2000$ بیش‌تر نباشد، می‌توان ضابطه‌ی تغییر مکان پس‌ماند مطابق بند ۹-۲۳-۵-۳-۵ را نادیده گرفت.

۹-۲۳-۵-۳-۷ در صورتی که ضوابط بندهای ۹-۲۳-۵-۳-۵ یا ۹-۲۳-۵-۳-۶ برآورده نشوند می‌توان بارگذاری را تکرار نمود مشروط بر آنکه زودتر از ۷۲ ساعت بعد از برداشتن بارهای مرحله اول انجام نگیرد.

۹-۲۳-۵-۳-۸ بخش‌هایی از سازه که مورد آزمایش مجدد قرار می‌گیرند، به شرطی قابل پذیرش‌اند که رابطه‌ی (۹-۲۳-۳) برقرار باشد. برای آزمایش بارگذاری دوم، تغییر مکان پس‌ماند نسبت به وضعیت سازه، قبل از انجام آزمایش دوم اندازه گیری می‌شود.

$$\Delta_r \leq \Delta_2/5 \qquad (۹-۲۳-۳)$$

Δ_2 حداکثر تغییر مکان در آزمایش بارگذاری دوم است، که ۲۴ ساعت پس از اعمال کل بار آزمایش اندازه گیری می‌شود.. این تغییر مکان نسبت به وضعیت سازه، در شروع آزمایش بارگذاری دوم اندازه‌گیری می‌شود.

انواع میلگرها:

۱-۲ انواع میلگردهای مصرفی

در قسمت‌ها و اعضای مختلف یک سازه‌ی بتن‌آرمه شکل میلگرد مصرفی و نحوه‌ی میلگردگذاری آن بسیار متفاوت است. زیرا بسته به نوع و شرایط بارگذاری و اهداف میلگردگذاری شکل میلگرد و موقعیت آن در عضو بتن‌آرمه تعیین می‌شود. در ادامه انواع میلگرد مصرفی در سازه‌های بتنی به اختصار تشریح می‌شود.

رده	علامت مشخصه در استانداردهای ملّی ایران	f_{su} (N/mm^2)	f_{yk} (N/mm^2)	طبقه بندی از نظر شکل رویه	رده از نظر سختی
S240	س ۲۴۰	۳۶۰	۲۴۰	ساده	نرم
S340	آج ۳۴۰	۵۰۰	۳۴۰	آجدار مارپیچ	نیم سخت
S400	آج ۴۰۰	۶۰۰	۴۰۰	آجدار جناقی	نیم سخت
S500	آج ۵۰۰	۶۵۰	۵۰۰	آجدار مرکب	سخت

جدول ۹-۴-۲ ویژگی‌های کششی آرماتورها

رده	علامت مشخصه	طبقه بندی از نظر شکل رویه	طبقه‌بندی از نظر شکل‌پذیری	مقاومت کششی حداقل، مگاپاسکال	تنش حد تسلیم f_y، مگاپاسکال		کرنش کسیختگی [۱]	
					حداقل	حداکثر	حداقل A_5	حداقل A_{10}
S240	س ۲۴۰	ساده	نرم	۳۶۰	۲۴۰	-	۲۵	۱۸
S340	آج ۳۴۰	آجدار مارپیچ	نیم سخت	۵۰۰	۳۴۰	-	۱۸	۱۵
S350	آج ۳۵۰	آجدار مارپیچ	نیم سخت	۵۰۰	۳۵۰	۴۵۵	۱۷ [۲]	-
S400	آج ۴۰۰	آجدار جناغی	نیم سخت	۶۰۰	۴۰۰	-	۱۶	۱۲
S420	آج ۴۲۰	آجدار جناغی	نیم سخت	۶۰۰	۴۲۰	۵۴۵	۱۶ [۲]	-
S500	آج ۵۰۰	آجدار مرکب	سخت	۶۵۰	۵۰۰	-	۱۰	۸
S500 C	آج ۵۰۰ سرد	آجدار	سخت	۵۵۰	۵۰۰	-	۱۲	-
S520	آج ۵۲۰	آجدار مرکب	سخت	۶۹۰	۵۲۰	۶۷۵	۱۳	-

[۱] انتخاب یکی از طول‌های آزمون برای تعیین میزان کرنش گسیختگی کافی است. در صورت عدم ذکر طول آزمون، طول حداقل A_5 باید ملاک عمل قرار گیرد. طول‌های A_5 و A_{10} بر طبق استاندارد ملی ایران به شماره ۳۱۳۲، به ترتیب برابر با ۵ و ۱۰ برابر قطر آرماتور می‌باشند.

[۲] برای میلگردهایی که قطر اسمی آن‌ها ۳۲ میلی‌متر یا بیش‌تر است، حداقل مقدار کرنش تعریف شده برای A_5 ممکن است تا ۲ درصد به ازای هر ۳ میلی‌متر افزایش در قطر، کاهش یابد. حداکثر کاهش از حداقل مقادیر ارائه شده در جدول به ۴ درصد محدود می‌شود.

	فولاد	میلگرد کامپوزیتی الیاف شیشه	میلگرد کامپوزیتی الیاف کربن	میلگرد کامپوزیتی الیاف آرامید
تنش تسلیم اسمی (MPa)	۲۷۶ تا ۵۱۷	ندارد	ندارد	ندارد
مقاومت کششی (MPa)	۴۸۳ تا ۶۹۰	۴۸۳ تا ۱۶۰۰	۶۰۰ تا ۳۶۹۰	۱۷۲۰ تا ۲۵۴۰
مدول الاستیسیته (GPa)	۲۰۰	۳۵ تا ۵۱	۱۲۰ تا ۵۸۰	۴۱ تا ۱۲۵
کرنش تسلیم (٪)	۰/۱۴ تا ۰/۲۵	ندارد	ندارد	ندارد
کرنش شکست (٪)	۶ تا ۱۲	۱/۲ تا ۳/۱	۰/۵ تا ۱/۷	۱/۹ تا ۴/۴

۹-۲۲-۱۲ ارزیابی و پذیرش آرماتورها

۹-۲۲-۱۲-۱ تواتر نمونه برداری

۹-۲۲-۱۲-۱-۱ تعداد و تواتر نمونه‌ها باید به گونه‌ای باشند که نتایج آزمایش‌های انجام شده بر روی آن‌ها معرف کیفیت کل آرماتورها باشند. هر سری نمونه‌ی آزمایشی تعداد ۵ آزمونه را در بر می‌گیرد. تواتر نمونه برداری حداقل برابر مقادیری است که در بندهای (الف) تا (پ) زیر آورده شده اند.

الف- به ازای هر ۵۰۰ کیلو نیوتن وزن و کسر آن یک سری،

ب- از هر قطر یک سری،

پ- از هر نوع فولاد یک سری.

۹-۲۲-۲-۱۲ مشخصات هندسی آرماتورها

الف- رواداری طول، قطر و آج‌های نوع آجدار آرماتورها باید مطابق با استاندارد ملّی شماره‌ی ۳۱۳۲ باشند.

ب- الزامات قطر اسمی انواع میلگردهای ساده و آجدار، قطر زمینه میلگردهای آجدار بدون در نظر گرفتن آج آن‌ها، d_1، و قطر خارجی میلگردهای آجدار با احتساب کامل آج آنها، d_2، بر اساس استاندارد مطابق جدول ۹-۲۲-۷ می‌باشند.

جدول ۹-۲۲-۷ ضوابط و الزامات قطرهای اسمی، زمینه و خارجی انواع میلگردها

قطر اسمی میلگردهای S۲۴۰، d_b میلی متر	میلگردهای S۳۴۰ و S۴۰۰ (با آج دوکی)			میلگردهای S۳۴۰ و S۴۰۰ (با آج یک‌نواخت)			میلگردهای S۵۰۰ (با آج دوکی)		
	قطر اسمی d_b، میلی متر	قطر زمینه d، میلی متر	حداکثر ارتفاع برجستگی طولی، میلی متر	قطر اسمی d_b، میلی متر	قطر زمینه d، میلی متر	قطر خارجی d_t، میلی متر	قطر اسمی d_b میلی‌متر	قطر زمینه d، میلی متر	قطر خارجی در بلندترین نقطه‌ی آج عرضی و یا آج طولی d_t، میلی متر
۶	۶	۵/۷۰	۰/۶	۶	۵/۷۵	۶/۷۵	–	–	–
۸	۸	۷/۶۰	۰/۸	۸	۷/۵۰	۹/۰۰	–	–	–
۱۰	۱۰	۹/۵۰	۱/۰	۱۰	۹/۳۰	۱۱/۳۰	–	–	–
۱۲	۱۲	۱۱/۴۰	۱/۲	۱۲	۱۱/۰۰	۱۳/۵۰	–	–	–
۱۴	۱۴	۱۳/۴۰	۱/۴	۱۴	۱۳/۰۰	۱۵/۵۰	۱۴	۱۳/۲۰	۱۵/۷۰
۱۶	۱۶	۱۵/۳۰	۱/۶	۱۶	۱۵/۰۰	۱۸/۰۰	۱۶	۱۵/۲۰	۱۸/۲۰
۱۸	۱۸	۱۷/۳۰	۱/۸	۱۸	۱۷/۰۰	۲۰/۰۰	۱۸	۱۷/۲۰	۲۰/۲۰
۲۰	۲۰	۱۹/۲۰	۲/۰	۲۰	۱۹/۰۰	۲۲/۰۰	۲۰	۱۹/۲۰	۲۲/۲۰
۲۲	۲۲	۲۱/۲۰	۲/۲	۲۲	۲۱/۰۰	۲۴/۰۰	۲۲	۲۱/۲۰	۲۴/۲۰
۲۵	۲۵	۲۴/۰۳	۲/۵	۲۵	۲۴/۰۰	۲۷/۰۰	۲۵	۲۴/۲۰	۲۷/۲۰
۲۸	۲۸	۲۶/۹۰	۲/۸	۲۸	۲۶/۵۰	۳۰/۵۰	۲۸	۲۶/۸۰	۳۰/۸۰
۳۲	۳۲	۳۰/۷۸	۳/۲	۳۲	۳۰/۵۰	۳۴/۵۰	–	–	–
۳۶	۳۶	۳۴/۸۰	۳/۶	۳۶	۳۴/۵۰	۳۹/۵۰	–	–	–
۴۰	۴۰	۳۸/۵۰	۴/۰	۴۰	۳۸/۵۰	۴۳/۵۰	–	–	–

۹-۲۲-۱۲-۳ ارزیابی و پذیرش

۹-۲۲-۱۲-۳-۱ مقاومت آرماتورها

الف- مقاومت تسلیم مشخصه‌ی آرماتور، f_y، و مقاومت گسیختگی مشخصه‌ی آن، f_{su}، در صورتی قابل قبول هستند که نتایج آزمایش‌ها ضوابط ب و پ زیر را تامین نمایند.

ب- مقاومت تسلیم هر یک از ۵ آزمونه بزرگ‌تر یا مساوی مقاومت مشخصه‌ی تسلیم باشد.

$$(f_{y,obs})_i \geq f_y \qquad i = ۱,\ldots,۵ \qquad (۹-۲۲-۱)$$

چنان چه تمام یا قسمتی از رابطه‌ی فوق تامین نشوند، باید یک سری نمونه‌ی دیگر انتخاب و نتایج ۱۰ آزمونه‌ی این دو سری رابطه‌ی زیر را تامین نمایند:

$$f_{y,obs,m} \geq f_y + 0.6s \qquad (۹-۲۲-۲)$$

$$f_{y,obs,m} = \frac{\sum_{i=1}^{10} (f_{y,obs,m})_i}{10} \qquad (۹-۲۲-۳)$$

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{10} \left[\left(f_{y,obs,m} \right) - (f_{y,obs})_i \right]^2}{9}} \qquad (۹-۲۲-۴)$$

در هر یک از دو حالت مذکور در بند "ب" فوق، باید تمامی روابط زیر برقرار باشند:

$$(f_{su,obs})_i \geq 1.25\, f_y \qquad (۵-۲۲-۹)$$

$$\left|(f_{y,obs})_i - f_y\right| \leq 125 \text{ MPa} \qquad (۶-۲۲-۹)$$

$$(f_{su,obs})_i \geq 1.25 (f_{y,obs})_i \qquad (۷-۲۲-۹)$$

در روابط فوق، $f_{su,obs}$ مقاومت گسیختگی هر آزمونه است.

۹-۲۲-۱۲-۳-۲ کرنش گسیختگی آرماتورها

کرنش گسیختگی آرماتورها، به عنوان ضابطه‌ی شکل پذیری آن‌ها، در دو طول آزمون A_{10} و A_5 ، به ترتیب مساوی ۱۰ و ۵ برابر قطر آرماتور، ε_{10} و ε_5، باید حداقل برابر با مقادیر مندرج در جدول ۹-۲۲-۸ باشد. برای آرماتورهای طولی واقع در قاب‌ها و یا دیوارهای ویژه ضوابط بند ۹-۴-۸-۹(پ) باید برآورده شود.

جدول ۹-۲۲-۸ حداقل کرنش گسیختگی آرماتورها در آزمایش کشش

ردەی آرماتور / طول معیار برای کرنش گسیختگی	S۲٤۰	S۳٤۰	S٤۰۰	S٥۰۰
ε_{10} برای A_{10}	۰/۱۸	۰/۱۵	۰/۱۲	۰/۰۸
ε_5 برای A_5	۰/۲۵	۰/۱۸	۰/۱۶	۰/۱۰

میلگرد چینی جواب نداد

۹-۲۲-۱۲-۳-۳ آزمایش خم کردن آرماتور

الف- آزمایش خم کردن آرماتورها به عنوان ضابطه‌ی دیگری برای شکل پذیری انجام می‌شود؛ و در آن، آرماتورها به دور یک فک خمشی به اندازه‌ی زاویه‌ای خاص خم می‌شوند. در این آزمون در

رویه‌ی خارجی آرماتور نباید هیچ گونه ترک، شکستگی، یا عیب دیگری مشاهده شود. مشخصات خم و قطر فک خمشی در هر یک از رده‌های آرماتور در جدول ۹-۲۲-۹ آورده شده اند.

ب- آزمایش خمش به دو صورت خمش سرد و خمش مجدد انجام می‌شود. آزمایش خمش سرد بر روی نمونه‌هایی به طول حداقل ۲۵۰ میلی متر، که مستقیما از خط تولید به دست آمده‌اند و هیچ گونه عملیات مکانیکی از جمله تراش‌کاری بر روی آن‌ها اعمال نشده، انجام می‌شود. در آزمایش خمش مجدد، نمونه‌های مشابه خمش سرد به میزان ۹۰ درجه در دمای محیط خم شده و سپس به مدت ۳۰ دقیقه تا دمای ۱۰۰ درجه‌ی سلسیوس گرم می‌شوند؛ و پس از سرد شدن در دمای محیط با نیروی پیوسته و یک‌نواخت به میزان ۲۰ درجه باز گردانده می‌شوند.

جدول ۹-۲۲-۹ زاویه‌ی خمش و نسبت قطر فک خمش به قطر اسمی میلگردها در آزمایش خمش

رده‌ی آرماتور	زاویه‌ی خمش (درجه)		نسبت قطر فک خمش به قطر اسمی میلگرد
	خمش سرد	خمش مجدد	
S۲۴۰	۱۸۰	۹۰	۲
S۳۴۰	۱۸۰	۹۰	۳
S۴۰۰	۱۸۰	۹۰	۵
S۵۰۰	۹۰	۹۰	۵

۹-۱۰-۷-۳-۲ در مورد میلگردهایی که تاحد پوسته شدن زنگ زده باشند، به ویژه میلگردهایی که به طور موضعی و عمیق دچار خوردگی شده باشند باید پس از ماسه پاشی، آزمایش‌های (الف) و (ب) بر روی نمونه‌های آنها انجام شود:

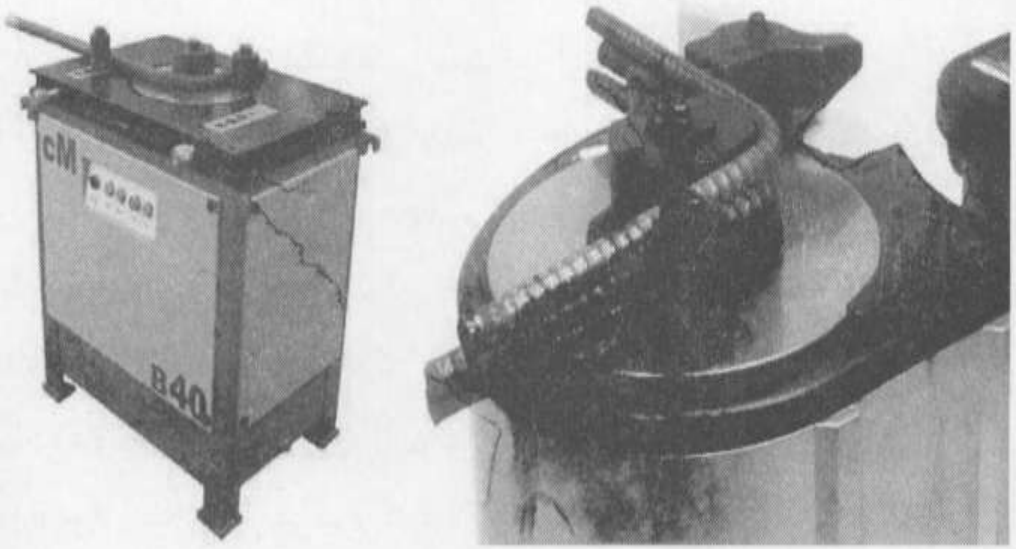
الف) آزمایش و کنترل مجدد موارد مذکور در بند ۹-۱۰-۷-۲

ب) اندازه‌گیری مجدد قطر اسمی میلگردها و مطابقت آن با رواداری‌های مذکور در استاندارد ۳۱۳۲ ملّی ایران

در صورتی که میلگردهای پوسته شده ضوابط (الف) و (ب) را برآورده نسازند، غیر قابل قبول تلقی می‌شوند.

۱-۴ خم کردن میلگردها

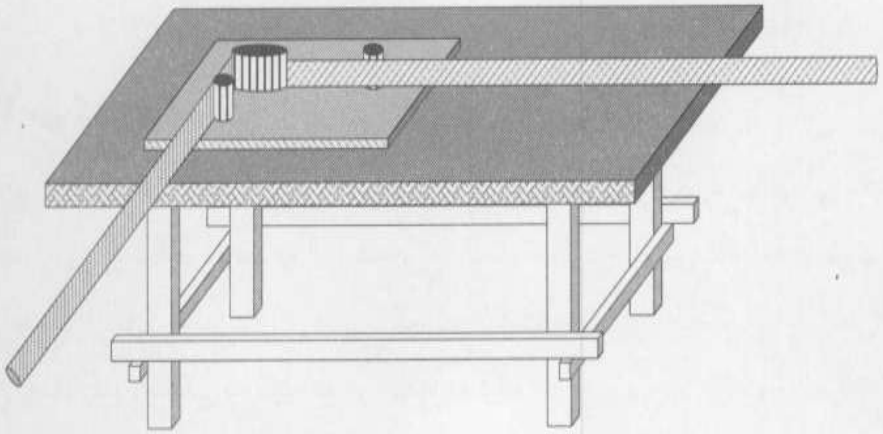
خم کردن میلگرد مهم‌ترین عملیات مکانیکی صورت گرفته روی میلگرد ساختمانی محسوب می‌شود از این رو ضوابط موجود در این خصوص خواستار خم‌کردن تمامی میلگردها به صورت سرد هستند، مگر آن‌که دستگاه نظارت روشی دیگر را مجاز بداند. هم‌چنین خم کردن میلگردها تا حد امکان باید به‌طور مکانیکی به‌وسیله ماشین مجهز به فلکه خم‌کن و در یک بار عبور با سرعت ثابت انجام پذیرد، به‌طوری‌که قسمت خم شده دارای شعاع انحنای ثابتی باشد (تصاویر ۱-۱۴).



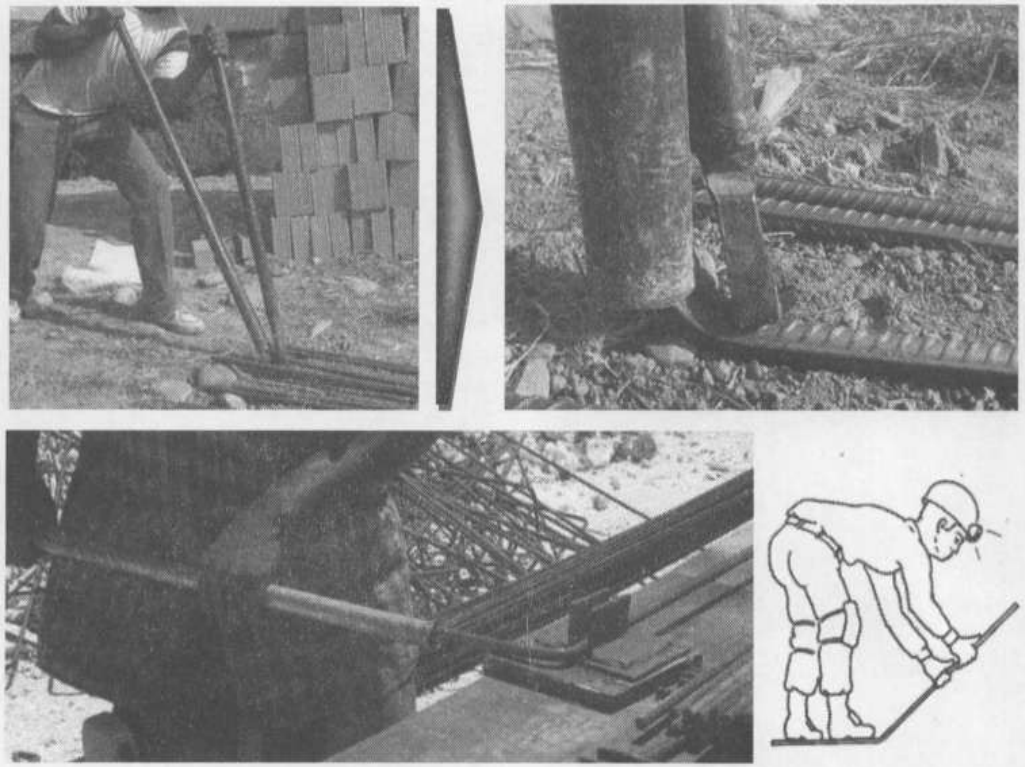
تصاویر (۱-۱۴): دستگاه برقی خم‌کن میلگرد

برای خم کردن میلگردها باید از فلکه‌هایی استفاده شود که قطر آن‌ها برای نوع فولاد مورد نظر مناسب باشد. سرعت خم کردن میلگردها باید متناسب با نوع فولاد و دمای محیط اختیار شود. سرعت خم کردن میلگردهای سرد اصلاح شده به‌طور تجربی تعیین می‌شود (تصاویر ۱-۱۵) [۱- بند ۹-۸-۱-۳].

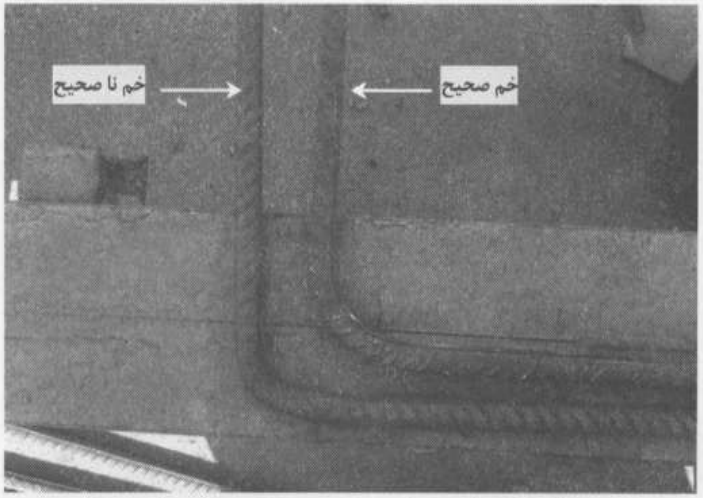
آچار اف



تصاویر (۱-۱۵): تجهیزات خم کردن میلگرد به‌صورت دستی

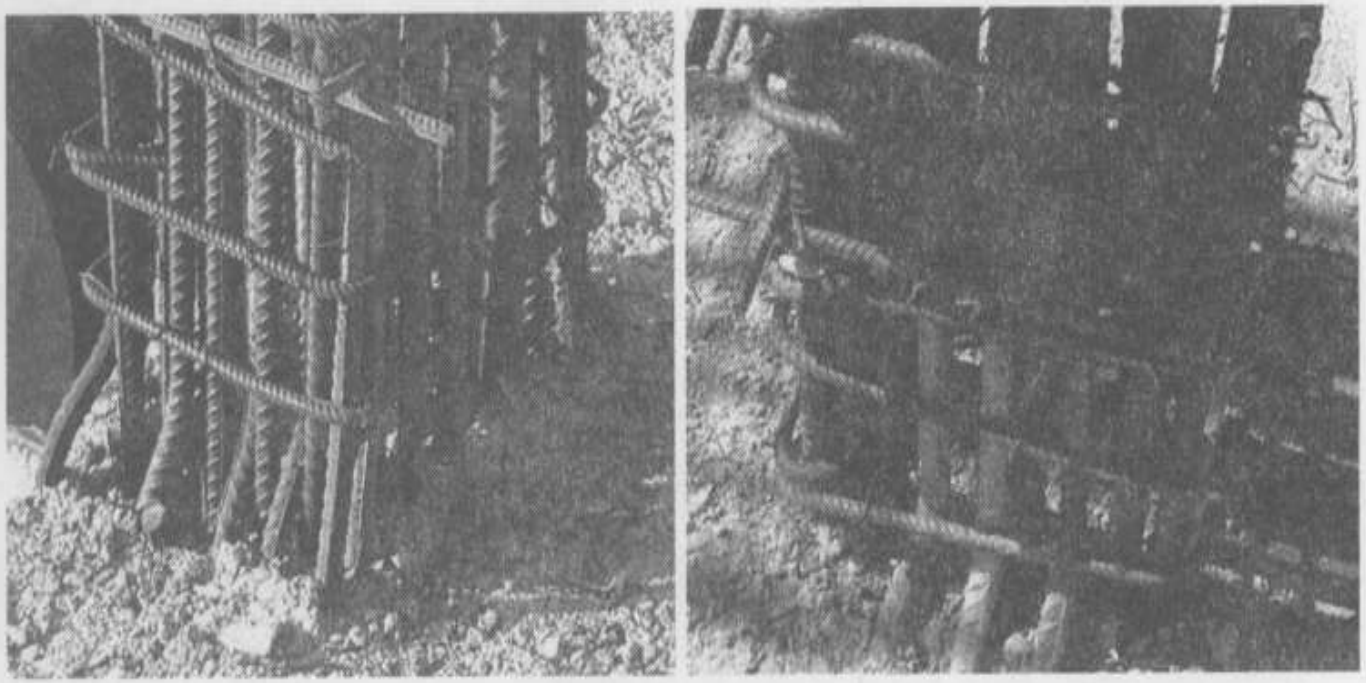


تصاویر (۱-۱۶): خم کردن میلگرد به روش‌های غیرمجاز



تصویر (۱-۱۷): مقایسه خم نهایی در روش مجاز و غیر مجاز

در شرایطی که دمای میلگردها از (۵-) درجه سلسیوس کم‌تر باشد، باید از خم کردن آن‌ها خودداری شود. به‌طور کلی باز و بسته کردن خم‌ها به منظور شکل دادن مجدد به میلگردها مجاز نبوده، مگر در موارد استثنایی که دستگاه نظارت اجازه دهد. در این صورت تمامی میلگردها باید از نظر ترک خوردگی بازرسی و کنترل شوند. خم کردن میلگردهایی که یک سر آن‌ها در بتن قرار دارد مجاز نیست مگر آن‌که در طرح مشخص شده باشد یا دستگاه نظارت اجازه دهد (تصاویر ۱-۱۸) [۱- بند ۹-۸-۱-۳].



تصاویر (۱-۱۸): غیر اصولی بودن خم کردن میلگرد انتظار طولی ستون بعد از بتن‌ریزی سقف

۹-۴-۶ ویژگی‌های خم پذیری

۹-۴-۶-۱ آرماتورها باید در آزمون خمش بر اساس استاندارد ملی ایران به شماره ۱-۸۱۰۳ قادر باشند دور یک فک خمشی به اندازه‌ی ۱۸۰ درجه خم شده و در محیط خارجی آن‌ها هیچ گونه ترک خوردگی قابل مشاهده با دید طبیعی ایجاد نشود. قطر فک خمشی متناسب با قطر آرماتور بوده و مطابق جدول ۹-۴-۳ می‌باشد.

جدول ۹-۴-۳ قطر فک خمشی در آزمون خمش

قطر اسمی آرماتور d_b، میلی‌متر	قطر فک خمشی
$d_b \leq 16$	$3d_b$
$16 < d_b \leq 32$	$6d_b$
$32 < d_b \leq 50$	$7d_b$

۹-۴-۶-۲ در صورت نیاز به آزمون باز خمش، که برای تعیین میزان فرسودگی آرماتورهای خم شده به کار می‌رود، ضوابط استاندارد ملی ایران به شماره ۱-۸۱۰۳ باید رعایت شوند.

۹-۴-۶-۳ در صورت توافق تولید کننده و خریدار، آزمون باز خمش می‌تواند جای‌گزین آزمون خمش شود.

۹-۴-۶-۴ انجام یکی از دو آزمون خمش یا آزمون بازخمش از طرف تولیدکننده الزامی است؛ ولی هر دو مشخصه باید توسط تولیدکننده تضمین گردد.

۹-۴-۷ ویژگیهای جوش پذیری

۹-۴-۷-۱ شرایط جوش پذیری آرماتورهای مورد استفاده در بتن آرمه و حداقل دمای مورد نیاز پیش گرم و انجام عملیات جوش کاری باید بر مبنای استانداردهای ملی ایران به شماره‌های ۳۱۳۲ و ۱-۲۱۰۵۶ باشند.

۹-۴-۷-۲ عملیات جوش کاری در دمای ۱۸- درجه‌ی سلسیوس و پایین‌تر نباید انجام شوند.

۹-۴-۷-۳ بعد از پایان جوش کاری، باید اجازه داد تا آرماتور به طور طبیعی سرد شود. شتاب دادن به فرآیند سرد شدن مجاز نمی‌باشد.

۹-۴-۸ مشخصات مورد نیاز آرماتورها در طراحی

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

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

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

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

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

۹-۲۲-۶-۳ خم کردن

۹-۲۲-۶-۳-۱ الزامات اجرایی

الف- آرماتورها باید قبل از قرار گرفتن در محل، در حالت سرد خم شوند؛ مگر آن که خم آرماتورها با مجوز مهندس ناظر به روش دیگری انجام شود.

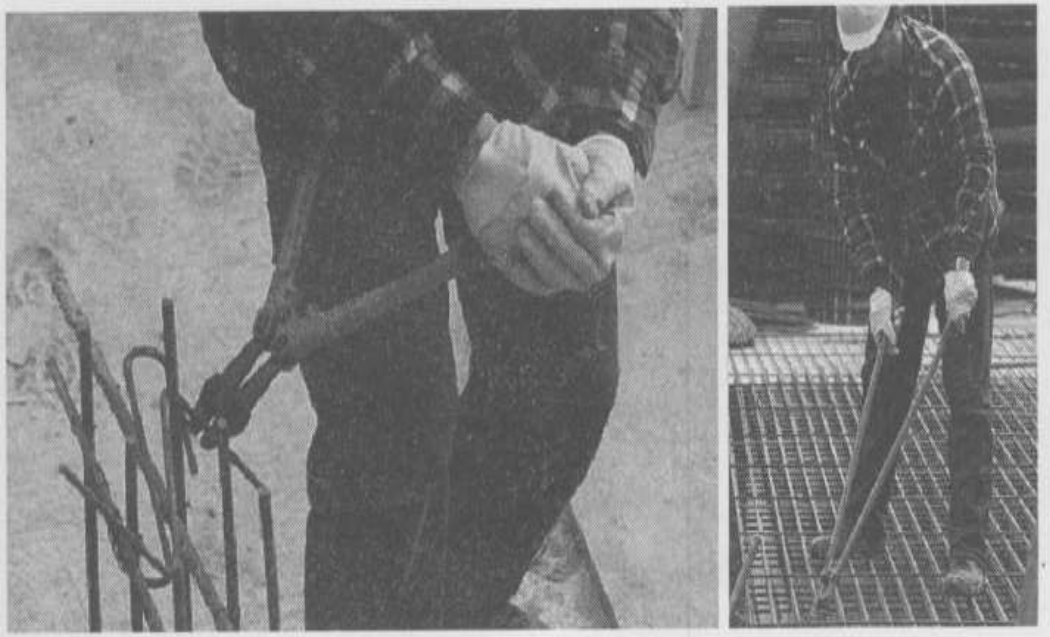
ب- خم کردن آرماتورهایی که بخشی از آن‌ها در بتن جای گذاری شده اند، مجاز نیست؛ مگر آن که در مدارک ساخت مشخص شده یا مجوز آن توسط مهندس ناظر صادر شده باشد.

پ- میلگردهای غیر هم امتداد، مانند خم S و یا خم با شیب ۱ به ۶، باید قبل از قرار گرفتن در قالب خم زده شوند.

۱-۳ بریدن میلگردها

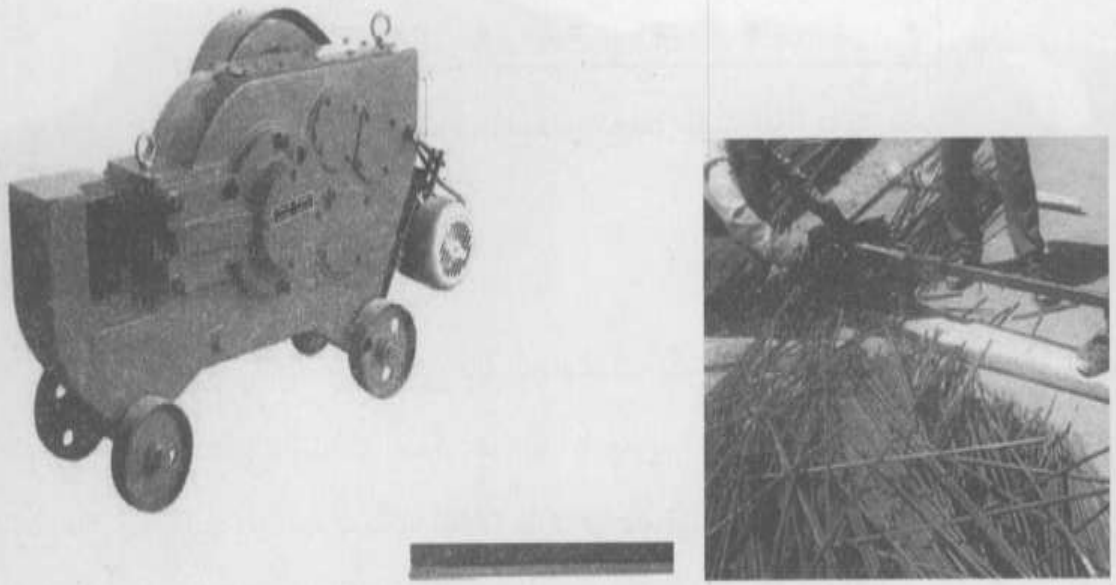
بریدن میلگرد با روش‌های مختلفی قابل انجام است لیکن به‌علت اثرات ماندگار آن در میلگرد ضوابط موجود اذعان دارند که میلگردها باید با وسایل مکانیکی بریده شوند و استفاده از روش‌های دیگر نیاز به تأیید دستگاه نظارت دارد. در صورتی‌که استفاده از تمام طول میلگردهای تابیده سرد اصلاح شده *(میلگردی که پس از نورد گرم با عملیات مکانیکی تغییراتی یافته)*

ضروری باشد، یا وصله آن‌ها به روش جوش دادن نوک به نوک لازم شود، سرهای نتابیده آن‌ها باید قطع گردد [۱- بند ۹-۸-۱-۲]. این مقدار ۱۰ برابر قطر میلگرد توصیه می‌شود. برای بریدن میلگردهای تا قطر ۱۲ میلی‌متر می‌توان از قیچی‌های دستی استفاده کرد (تصاویر ۱-۱۱).



تصاویر (۱-۱۱): استفاده از قیچی دستی برای برش میلگردهای تا قطر ۱۲ میلی‌متر

هم‌چنین برخی ضوابط برای سهولت کاربران، بریدن میلگردهای تا قطر ۲۴ میلی‌متر را با قیچی‌های ثابت زمینی و میلگردهای ضخیم‌تر را با گیوتین‌های برقی و یا به کمک برش شعله حاصل از سوزاندن گاز استیلن بلامانع می‌دانند (تصاویر ۱-۱۲) [۴]. البته مجاز بودن بریدن میلگرد با هوا گاز مشروط به این است که میلگردها در حین برش از وضعیت کلاف خارج شده و در مجاورت و یا روی یکدیگر نباشند (تصاویر ۱-۱۳) [۵].



تصاویر (۱-۱۲): برش میلگرد با قیچی‌های ثابت زمینی (سمت راست) یا قیچی‌های برقی (سمت چپ)

۹-۲۲-۱۲-۴ سایر مشخصات

الف– در مواردی که در میلگردها از وصله‌ی جوشی استفاده می‌شود، میلگردها باید تحت آزمایش جوش پذیری قرار گیرند. در این آزمایش نمونه‌های جوش شده تحت آزمایش کشش و خمش قرار می گیرند. در آزمایش کشش، زمانی میلگرد از نظر جوش پذیری قابل قبول تلقی می‌شود که مقطع گسیخته شده در محل جوش یا در مجاورت آن نباشد. در آزمایش خمش، زمانی میلگرد از نظر جوش پذیری قابل قبول تلقی می‌گردد که پس از خم کردن، ترکی در منطقه‌ی جوش شده به وجود نیامده باشد.

ب- در مواردی که میلگردها تا حد پوسته شدن زنگ زده باشند، به ویژه میلگردهایی که به طور موضعی و عمیق دچار خوردگی شده باشند، باید پس از ماسه پاشی آزمایش‌های (۱) و (۲) زیر بر روی نمونه‌های آن‌ها انجام شوند:

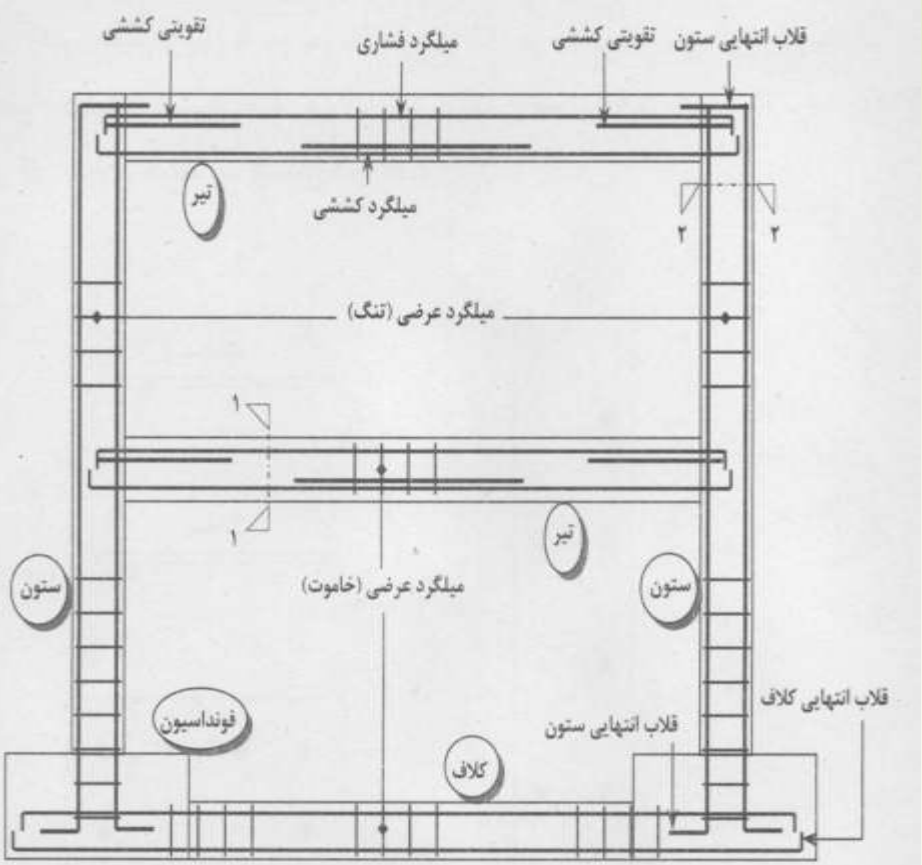
۱- آزمایش و کنترل مجدد موارد مذکور در بند ۹-۲۲-۱۲-۲،

۲- اندازه گیری مجدد قطر اسمی میلگردها و مطابقت آن با رواداری‌های مذکور در استاندارد ملی شماره‌ی ۳۱۳۲.

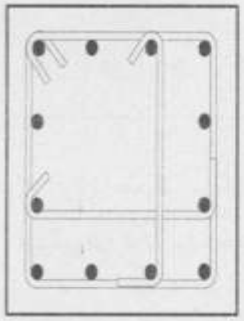
در مواردی که میلگردهای پوسته شده ضوابط (۱) و (۲) بالا را برآورده ننمایند، غیر قابل قبول تلقی می‌شوند.

پ- میلگردهایی که دچار خم و اعوجاج شدید شده‌اند، تنها زمانی قابل قبول می‌باشند که تحت آزمایش خمش قرار گرفته و ضوابط مربوط را برآورده نمایند.

جزئیات آرماتورگذاری



مقطع (۱-۱): موقعیت میلگرد طولی تیر



مقطع (۲-۲): موقعیت میلگرد طولی ستون

شکل (۱-۱): عملکرد میلگردهای طولی در تیر- ستون- کلاف (شناژ)

۹-۲۱ جزئیات آرماتورگذاری

۹-۲۱-۱ گستره

۹-۲۱-۱-۱ ضوابط این فصل به جزئیات آرماتور گذاری اختصاص داشته و شامل موارد زیر میباشد:

الف- فاصله‌ی حداقل میلگردها؛

ب- قلاب‌های استاندارد، قلاب‌های لرزه‌ای و قلاب سنجاقی؛

پ- طول گیرایی میلگردهای آجدار، سیم‌های آجدار، میلگردهای آجدار سَر دار و شبکه‌ی آرماتور سیمی آجدار و ساده‌ی جوشی؛

ت- وصله‌ی پوششی برای انتقال نیرو بین میلگردهای آجدار، سیم‌های آجدار، میلگردهای آجدار سَر دار و شبکه‌ی آرماتور سیمی آجدار و ساده‌ی جوشی، و وصله‌ی مکانیکی و جوشی برای انتقال نیرو بین میلگردهای آجدار؛

ث-گروه میلگردها؛

ج- آرماتورهای عرضی.

قرار دارند، در بر نمیگیرند. ضوابط اضافی برای مهار و وصله‌ی میلگردهایی که در اعضای با شکل پذیری متوسط و زیاد باید رعایت شوند، در فصل ۹-۲۰ ارائه شده‌اند.

۹-۲۱-۲ فاصله‌های حداقل و قلاب‌ها

۹-۲۱-۲-۱ فاصله‌ی حداقل میلگردها

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

الف- ۲۵ میلی متر؛

ب- قطر بزرگ‌ترین میلگرد؛

پ- ۱/۳۳ برابر قطر اسمی بزرگ‌ترین سنگ دانه.

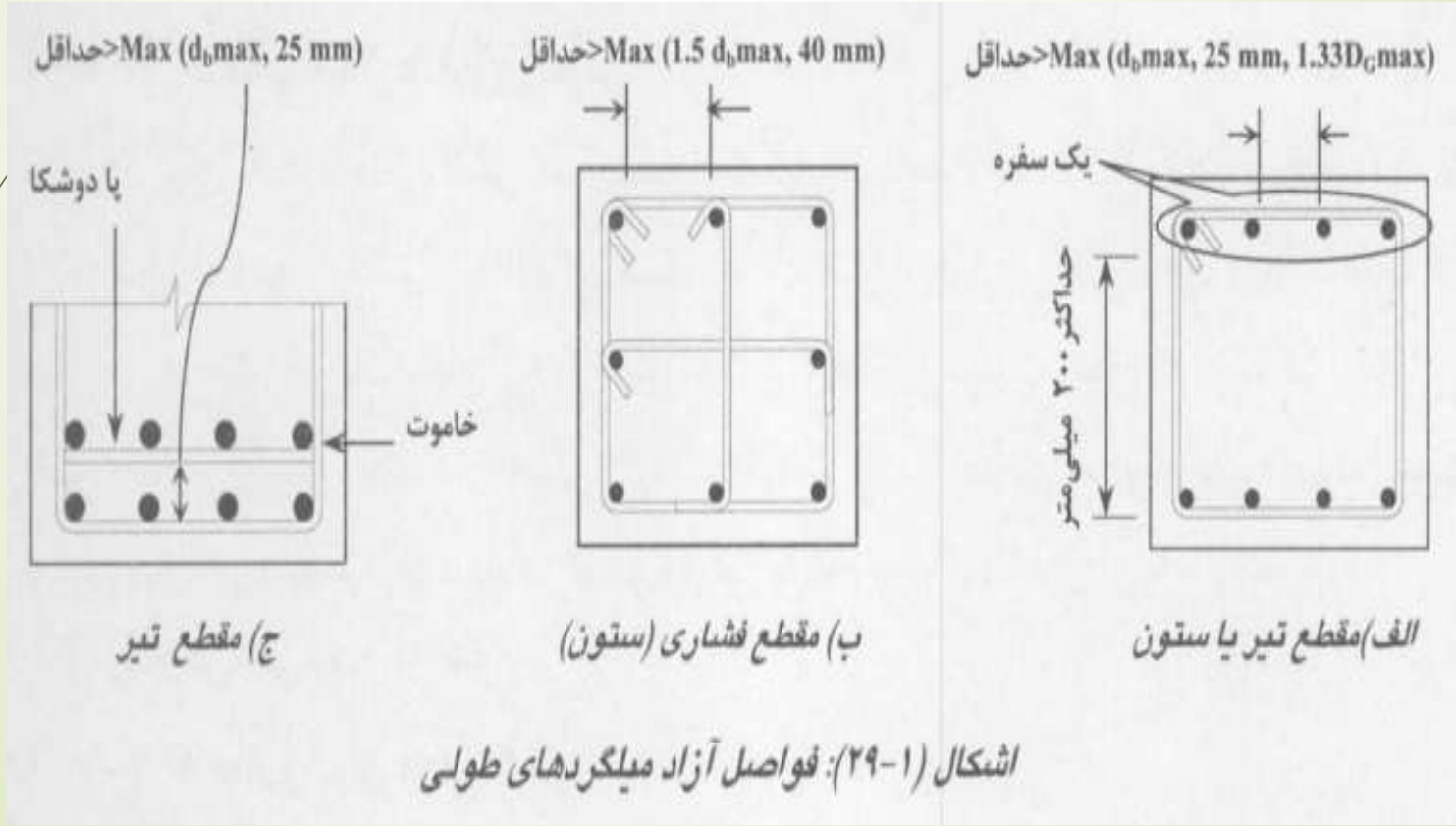
۹-۲۱-۲-۱-۲ در میلگردهای موازی واقع در چند سفره‌ی افقی، میلگردهای لایه‌ی فوقانی باید مستقیماً در بالای میلگردهای لایه‌ی تحتانی قرار گرفته، و فاصله‌ی آزاد بین دو لایه نباید کم‌تر از ۲۵ میلی متر باشد.

۹-۲۱-۲-۱-۳ فاصله‌ی آزاد بین میلگردهای طولی در ستون‌ها، ستون پایه‌ها، بست‌ها، و اجزای مرزی دیوارها، نباید کم‌تر از هیچ یک از مقادیر زیر باشد.

الف- ۴۰ میلی متر؛

ب- ۱/۵ برابر قطر بزرگ‌ترین میلگرد؛

پ- ۱/۳۳ برابر قطر اسمی بزرگ‌ترین سنگ دانه.



اشکال (۱-۲۹): فواصل آزاد میلگردهای طولی

۹-۱۱-۶-۴ آرماتورهای پیچشی طولی

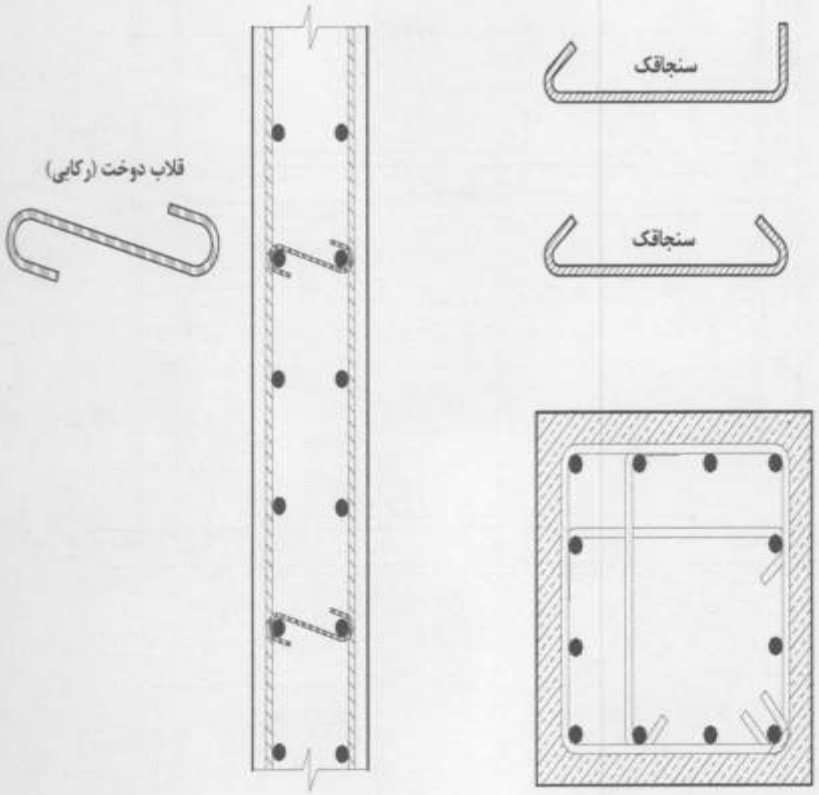
۹-۱۱-۶-۴-۱ اگر آرماتور پیچشی مورد نیاز باشند، آرماتورهای طولی پیچشی باید پیرامون مقطع در داخل محیط خاموت بسته و یا دورگیر به طور یک‌نواخت توزیع شوند. فاصله‌ی این آرماتورها از یک دیگر نباید بیش‌تر از ۳۰۰ میلی متر باشد. لازم است در هر گوشه‌ی خاموت بسته‌ی پیچشی حداقل یک آرماتور پیچشی طولی قرار داده شود. آرماتورهای پیچشی طولی باید قطری معادل ۰/۰۴۲ برابر فاصله‌ی خاموت‌ها، $0.042\,s$، ولی نه کم‌تر از ۱۰ میلی متر داشته باشند.

۹-۱۱-۶-۴-۲ آرماتورهای پیچشی طولی پس از مقطعی که بر اساس محاسبه به آرماتور پیچشی نیازی ندارد، باید حداقل به اندازه‌ی $b_t + d$ امتداد یابند. آرماتورهای پیچشی طولی باید در هر دو انتهای تیر مهار شوند.

۱-۲-۲ میلگردهای دوخت

میلگردی که در یک انتها دارای قلابی با زاویه خم حداقل ۱۳۵ درجه و در انتهای دیگر دارای قلابی با زاویه خم حداقل ۹۰ درجه باشد، سنجاقک (قلاب ویژه، قلاب لرزه‌ای) گویند. این میلگرد برای بالا بردن مقاومت برشی عضو و همراه با خاموت یا تنگ، به‌کار برده می‌شود. این قلاب‌ها باید میلگردهای طولی واقع در محیط مقطع عضو را در بَر گیرند. محل خم ۹۰ درجه قلاب‌ها باید به صورت یک در میان، در سنجاقک‌های متوالی عوض شود. در صورت عدم رعایت

ضابطه‌ی اخیر توصیه می‌شود در دو سر قلاب از خم ۱۳۵ درجه استفاده شود. این قلاب‌ها بهتر است همراه خاموت‌ها نصب شوند در غیر این صورت اصلاح خم از ۹۰ درجه به ۱۳۵ درجه پس از نصب کار دشواری خواهد بود (اشکال ۱-۲-الف).



الف) قلاب ویژه (سنجاقک) در مقطع ستون *ب) قلاب دوخت (رکابی) در دیوار برشی*

اشکال (۱-۲): برخی موارد کاربرد سنجاقک و رکابی در سازه‌های بتنی (مقطع ستون و دیوار بتنی)

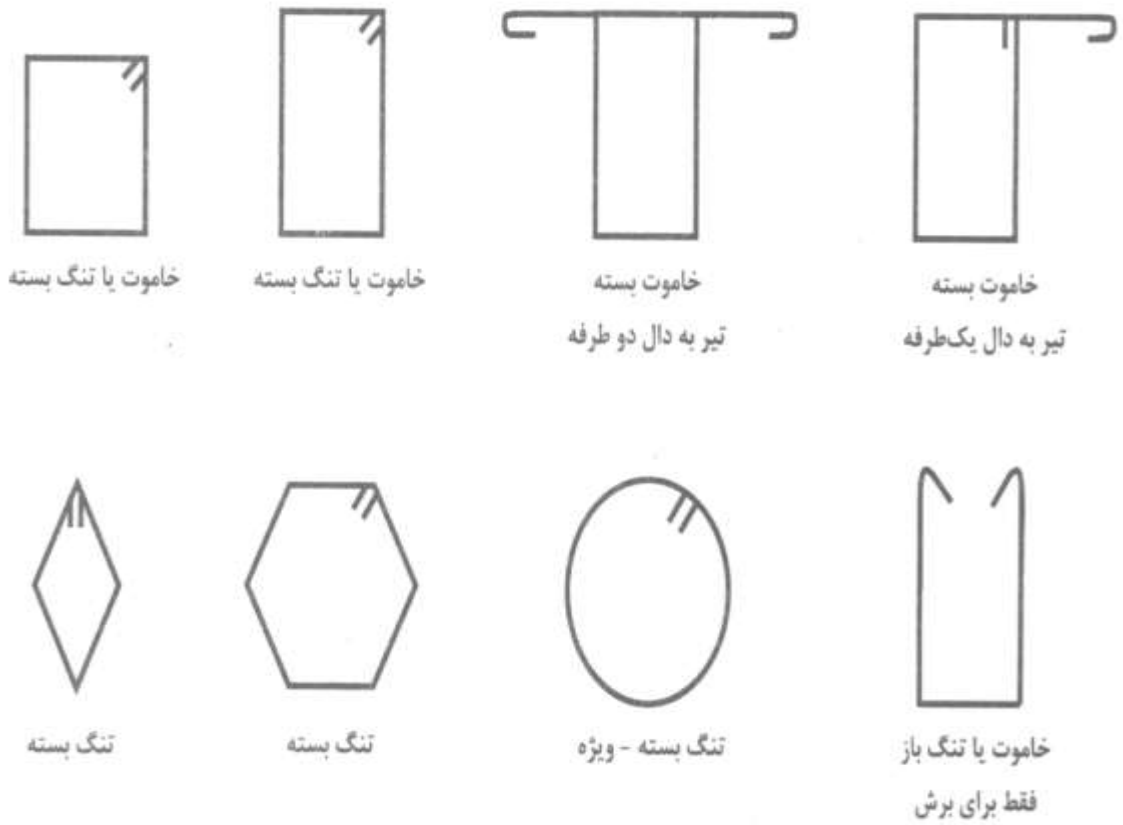
قلاب دوخت (رکابی): از این میلگرد برای ارتباط بین دو سفره‌ی میلگرد (شبکه مش‌بندی شده) در دیوارها و دال‌ها استفاده می‌شود (اشکال ۱-۲-ب).

۱-۲-۳ میلگردهای عرضی (خاموت یا تنگ)

میلگردهای عرضی به‌صورت باز یا بسته در شکل‌های مختلف در راستای عرضی عضو در وضعیت قائم یا مایل نسبت به میلگرد طولی و به‌صورت متوالی به‌منظور تأمین مقاومت برشی (خاموت باز یا بسته) و پیچشی (خاموت بسته) عضو به‌کار می‌روند. قطر میلگرد عرضی حداکثر ۱۲ میلی‌متر و عموماً از میلگردها، سیم‌ها یا میلگردهای جوش شده از سیم (ساده یا آج‌دار) با حداکثر مقاومت مشخصه ۳۴۰ مگاپاسکال (به جهت تأمین شکل‌پذیری مناسب) در نظر گرفته

رعایت زاویه ۱۳۵ درجه خم انتهای خاموت (برای سازه های با قاب خمشی ویژه)

می‌شود. معمولاً واژه «خاموت» به میلگردهای عرضی در اعضای خمشی و واژه «تنگ» به میلگردهای عرضی در اعضای فشاری گفته می‌شود (اشکال ۱-۳).



اشکال (۱-۳): شکل‌های مختلف خاموت و تنگ

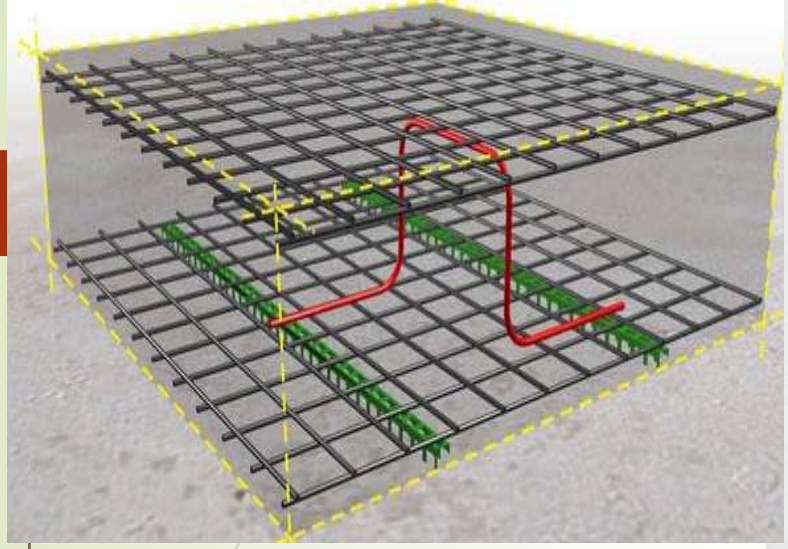
تنگ در ستون‌ها باعث افزایش شکل‌پذیری آن‌ها در شرایط بحرانی شده و در صورت اجرای آن‌ها طبق ضوابط موجود، باعث تأخیر در خرابی ستون‌ها می‌شوند. میلگرد تنگ باید به صورت بسته و در صورت امکان به صورت مارپیچ در ستون به کار رود. میلگردهای عرضی بسته متشکل از یک یا چند میلگرد که هر یک از آن‌ها در دو انتها به قلاب ویژه (۱۳۵ درجه) ختم شده باشند، تنگ ویژه می‌گویند. تنگ ویژه می‌تواند به صورت دورپیچ باشد و در دو انتها به قلاب ویژه ختم شود.

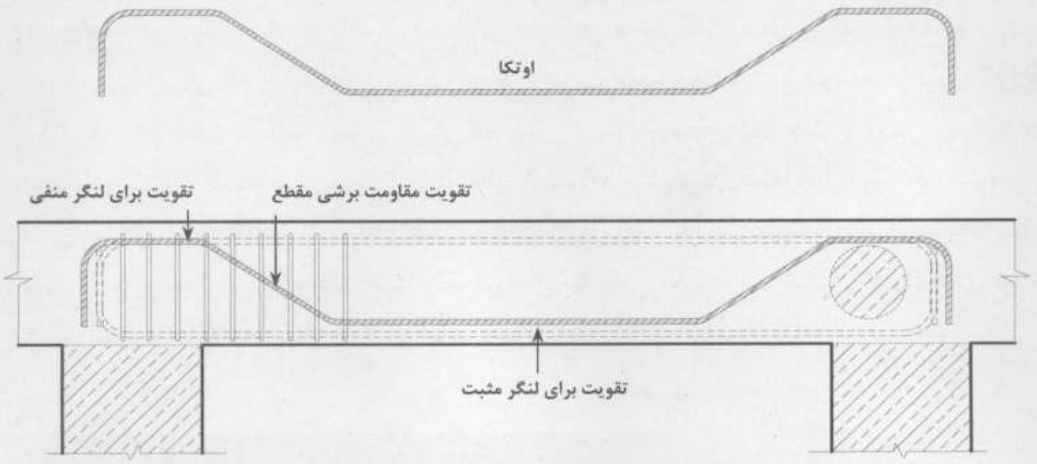
خاموت‌های بسته‌ی موجود در اعضای خمشی می‌توانند از دو قطعه میلگرد ساخته شوند؛ در حالت اول خاموت دارای قلاب‌های ویژه در هر دو انتها و بسته شده توسط یک سنجاقک با خم ۱۳۵ درجه در دو سر است. در حالت دوم سنجاقک‌های متوالی با قلاب‌های ۹۰ درجه در یک یا دوسر به صورت یکی در میان، میلگرد طولی مشابه در وجوه فشاری عضو را در بر می‌گیرند. اگر میلگردهای طولی نگاه داشته شده توسط سنجاقک‌ها، توسط یک دال در همان وجه عضو خمشی محصور شده باشند، باید قلاب‌های ۹۰ درجه سنجاقک‌ها در همان وجه قرار گیرند (اشکال ۱-۴) [۳].

۱-۲-۴ میلگردهای خاص

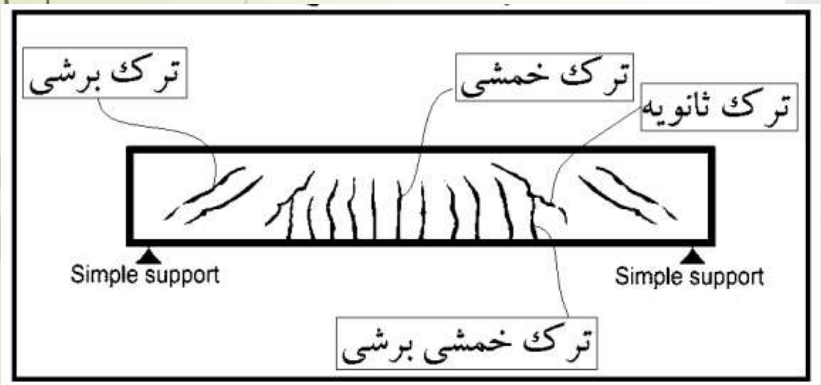
اوتکا: برای تقویت تیرهای بتنی (نعل درگاه یا تیر مجزا) در مقابل لنگر منفی و نیروی برشی از این میلگرد استفاده می‌شود. به جهت نوع نیروهای موجود در یک تیر پیوسته که عموماً شامل نیروهای کششی حداکثر در تار پایین وسط دهانه و تار بالا در محل تکیه‌گاه‌ها است و از طرفی وجود نیروی برشی حداکثر در بر تکیه‌گاه، استفاده از اوتکا نسبت به سایر روش‌های دیگر بسیار کاربردی و بهینه خواهد بود. به‌عبارتی تقریباً از تمام بخش‌های یک اوتکا برای تأمین مقاومت‌های مورد نیاز در نقاط بحرانی برشی و خمشی یک تیر استفاده می‌شود (شکل ۱-۵).

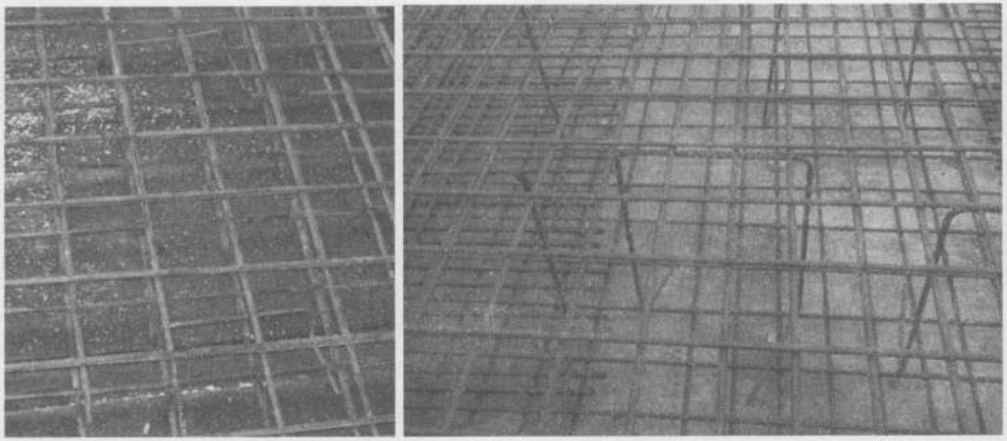
خرک: این میلگرد به منظور سهولت در ثابت کردن دو شبکه‌ی متوالی میلگرد و با فاصله معینی به‌کار می‌رود (تصاویر ۱-۶ و ۱-۷).



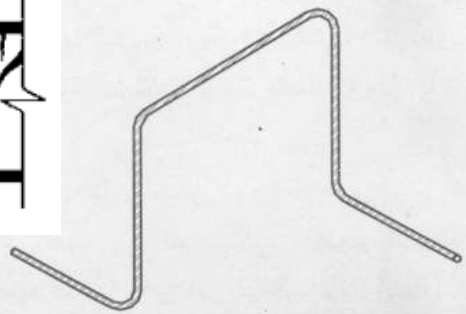


شکل (۱-۵): عملکرد اوتکا در تیر بتنی

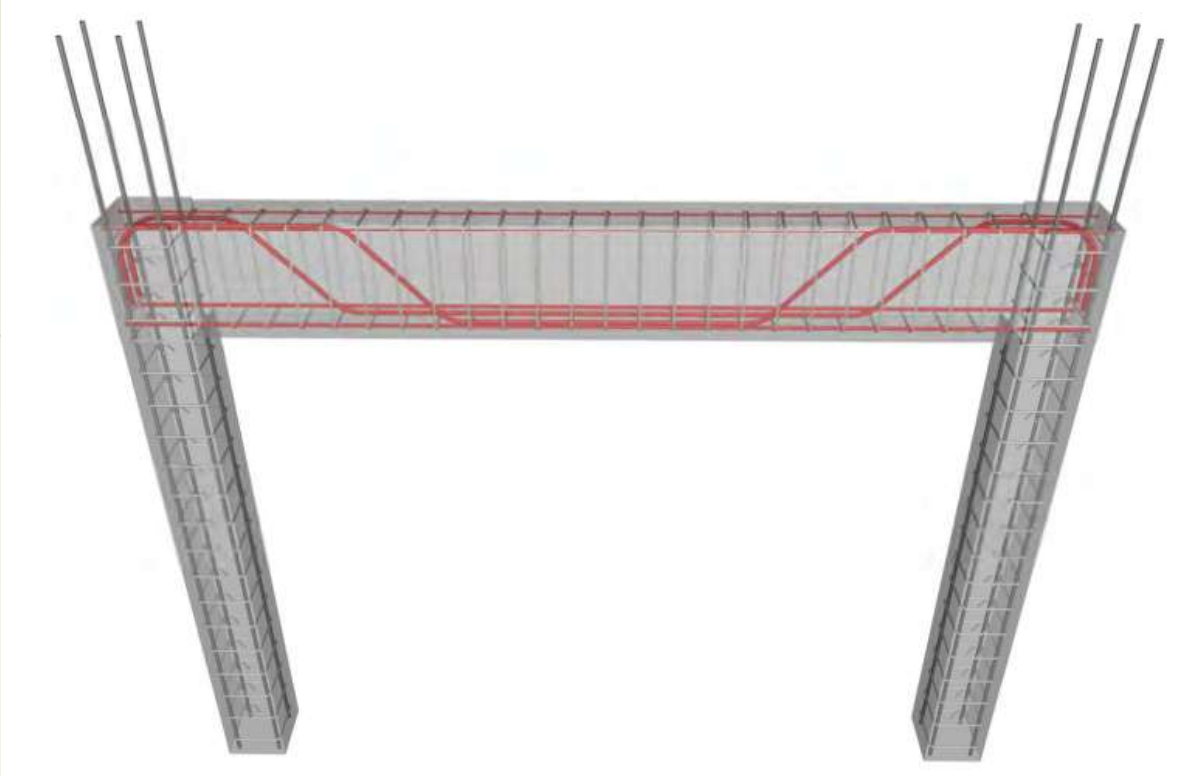


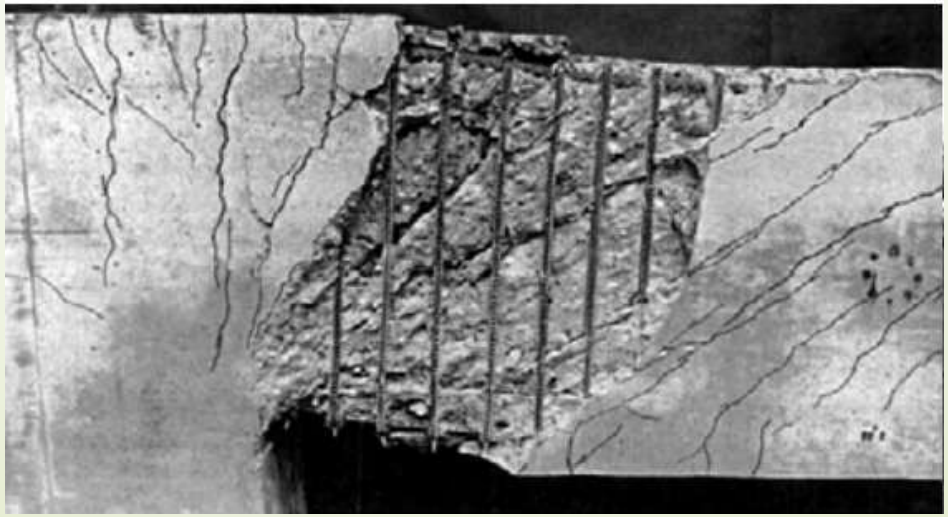


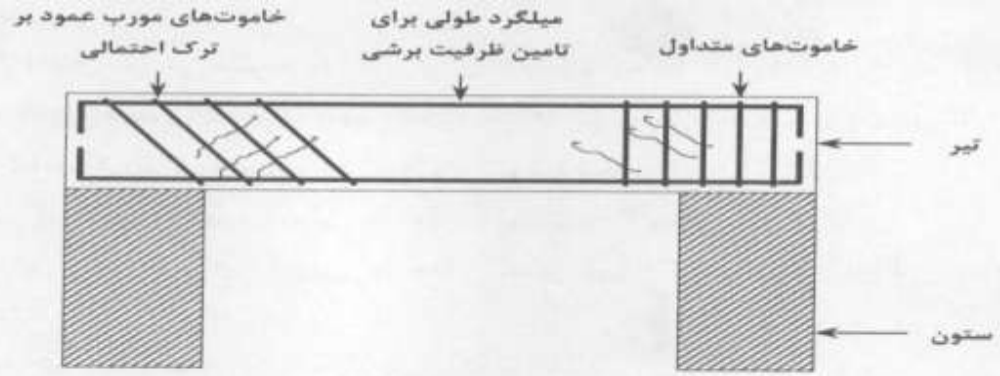
تصاویر (۱-۶): کاربرد خرک در میلگردگذاری پی رادیه (سمت راست) و دال پله (سمت چپ)



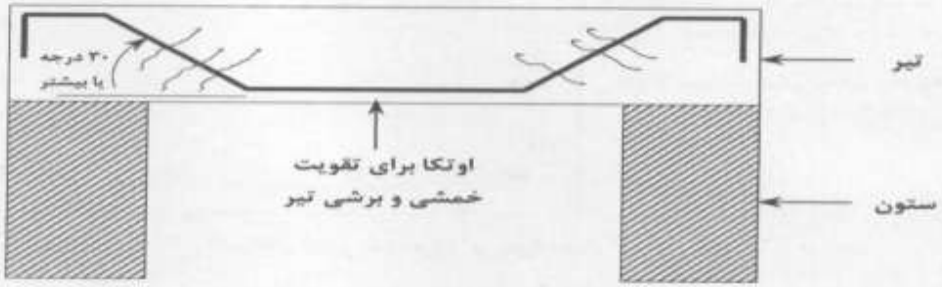
شکل (۱-۷): نمایی از خرک



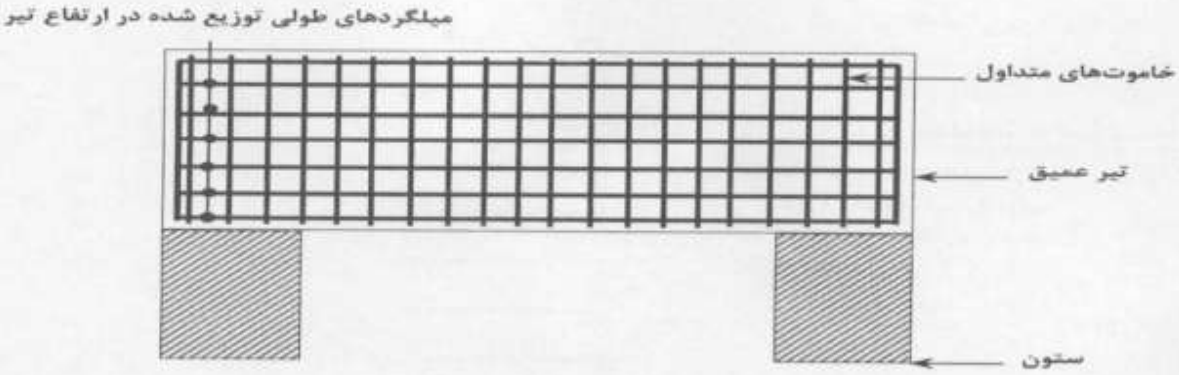




الف) خاموت‌های عمود بر صفحه‌ی برش



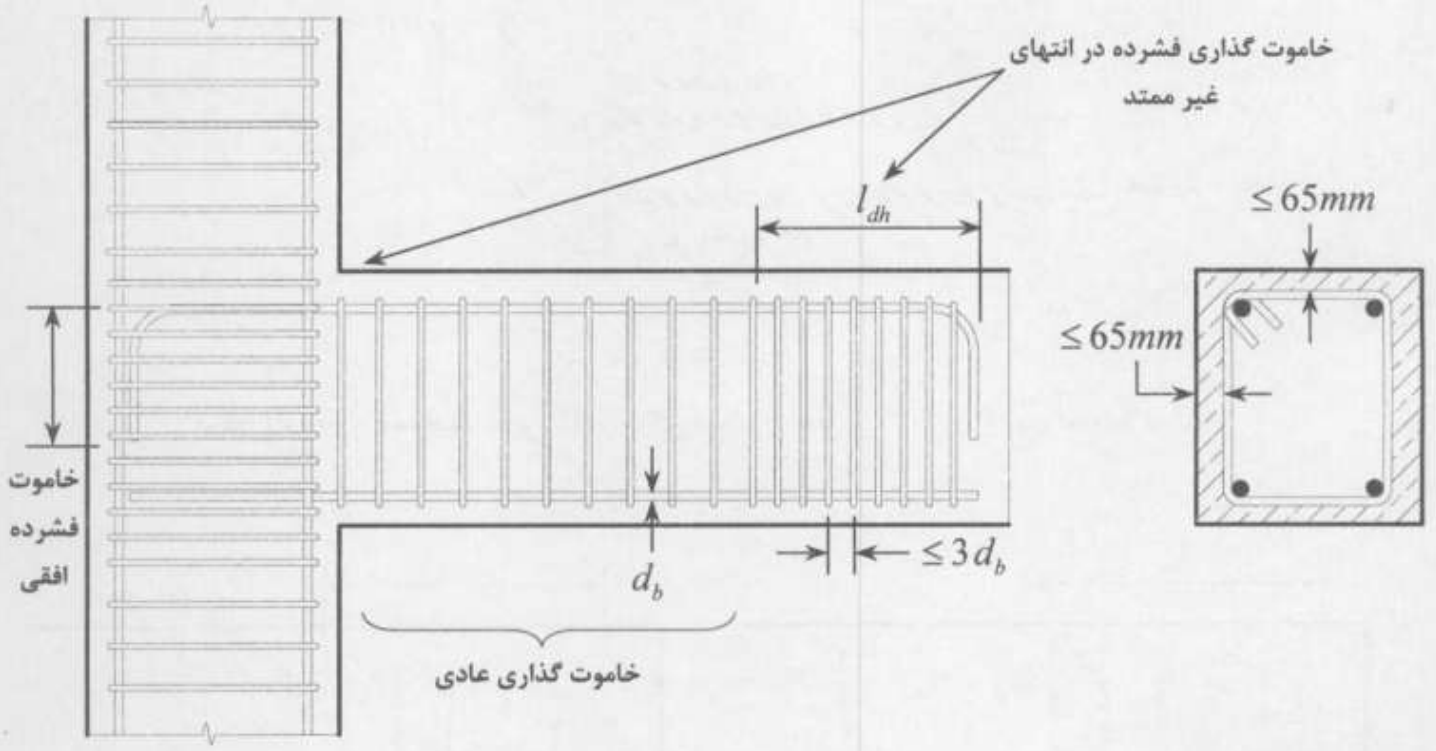
ب) میلگردهای طولی خم شده (اوتکا)



پ) میلگردهای طولی در تیر عمیق

اشکال (۱-۳۹): انواع میلگردهای برش‌گیر در تیر

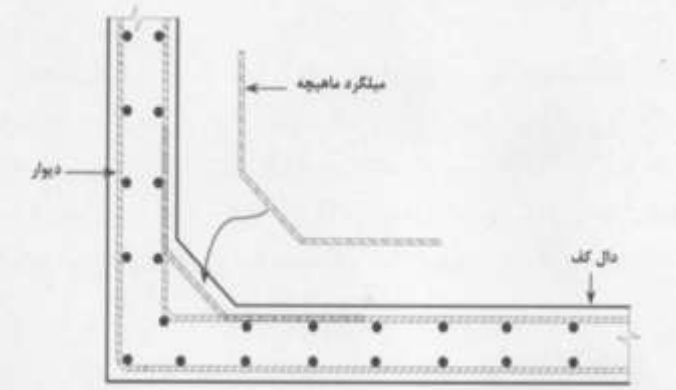
در انتهای غیرممتد یک عضو که در آن برای مهار کردن میلگرد از قلاب استفاده شده است درصورتی‌که پوشش بتنی روی میلگرد در هر دو جهت، بالا و پایین و عمود بر صفحه قلاب، کم‌تر از ۶۵ میلی‌متر باشد باید میلگرد در طول گیرایی (l_{dh}) با خاموت‌هایی به فاصله کم‌تر از $3d_b$ از یکدیگر محصور شود (شکل ۲-۲۲) [۱- بند ۹-۱۸-۲-۷-۲].



شکل (۲-۲۲): مهار قلاب استاندارد در انتهای ناپیوسته‌ی عضو توسط خاموت‌های با فاصله کم‌تر از $3d_b$ در حالتی که پوشش جانبی روی قلاب و پوشش رو (یا زیر) قلاب کم‌تر از ۶۵ میلی‌متر باشد.

مِش‌بندی: قرارگیری میلگردها به طور متوالی و با فواصل منظم در دو صفحه عمود برهم را مش‌بندی گویند. میلگرد مش، شبکه‌ی توری شکل یا به‌عبارتی شطرنجی را تشکیل می‌دهد که در اعضای مختلفی چون کف فونداسیون‌ها، دال‌های بتنی، دیوارهای بتنی و قطعات پیش ساخته کاربرد زیادی دارند. این دو شبکه میلگرد توسط فاصله نگهدار یا خرپا از یکدیگر جدا می‌شوند (اشکال ۱-۹).

میلگرد ماهیچه: در گوشه‌های اتصال دو عضو بتنی برای کنترل هرچه بهتر تنش‌های موجود در کُنج، از قطعاتی تقویتی به نام میلگرد ماهیچه استفاده می‌شود. در کف استخرها، مخازن آب یا کف‌های تحت فشار زیاد از این میلگرد برای اتصال کف بتنی به دیوار قائم بتنی مجاور آن استفاده می‌شود (شکل ۱-۱۰).

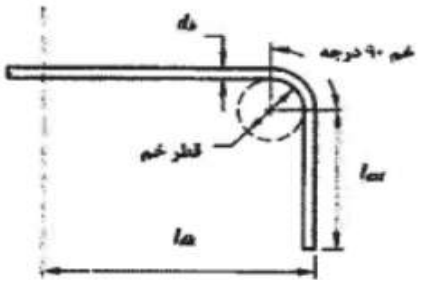
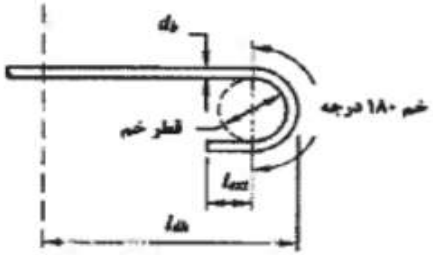


شکل (۱-۱۰): کاربرد میلگرد ماهیچه در کنج‌های اتصال دیوار به دال بتنی

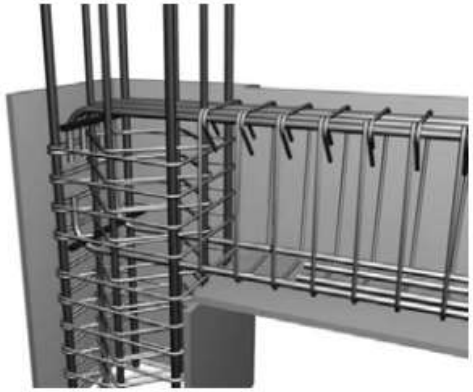
۹-۲۱-۲-۲ قلاب‌های استاندارد، قلاب‌های لرزه‌ای و سنجاقی

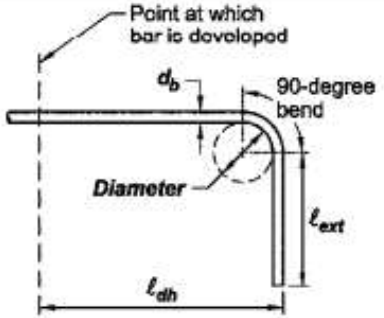
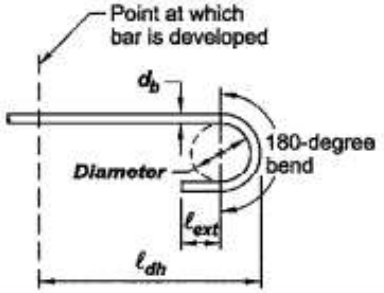
۹-۲۱-۲-۲-۱ قلاب‌های استاندارد برای مهار میلگردهای طولی آجدار در کشش باید مطابق الزامات جدول ۹-۲۱-۱ در نظر گرفته شوند.

جدول ۹-۲۱-۱ قلاب استاندارد برای مهار میلگردهای طولی آجدار در کشش

نوع قلاب	قطر میلگرد (mm)	حداقل قطر داخلی خم (mm)	طول مستقیم پس از خم l_{ext}	شکل
قلاب ۹۰ درجه	۱۰ تا ۲۵	$6d_b$	$4d_b$	
	۲۸ تا ۳۴	$8d_b$		
	۳۶ تا ۵۵	$10d_b$		
قلاب ۱۸۰ درجه	۱۰ تا ۲۵	$6d_b$	$4d_b$ و ۶۵ میلی متر، هر کدام بزرگ‌تر است	
	۲۸ تا ۳۴	$8d_b$		
	۳۶ تا ۵۵	$10d_b$		

قلاب انتهای میلگرد



Type of standard hook	Bar size	Minimum inside bend diameter, mm	Straight extension[1] ℓ_{ext}, mm	Type of standard hook
90-degree hook	No. 10 through No. 25	$6d_b$	$12d_b$	
	No. 29 through No. 36	$8d_b$		
	No. 43 and No. 57	$10d_b$		
180-degree hook	No. 10 through No. 25	$6d_b$	Greater of $4d_b$ and 65 mm	
	No. 29 through No. 36	$8d_b$		
	No. 43 and No. 57	$10d_b$		

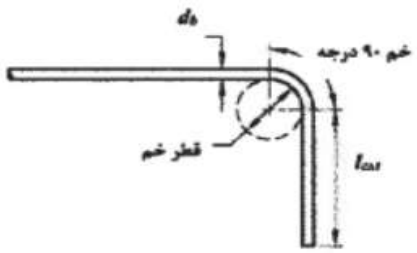
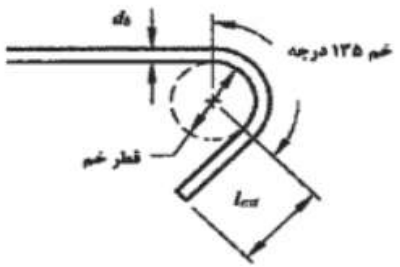
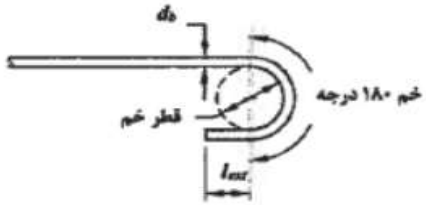
[1]A standard hook for deformed bars in tension includes the specific inside bend diameter and straight extension length. It shall be permitted to use a longer straight extension at the end of a hook. A longer extension shall not be considered to increase the anchorage capacity of the hook.

۹-۲۱-۲-۲-۲ قلاب‌های استاندارد برای مهار میلگردهای عرضی باید مطابق الزامات جدول ۹-۲۱-۲ در نظر گرفته شوند. قلاب باید در بر گیرنده‌ی میلگرد طولی باشد.

۹-۲۱-۲-۲-۳ قلاب استاندارد در کشش شامل یک خم به سمت داخل و یک قسمت مستقیم می‌باشد. طول قسمت مستقیم قلاب را می‌توان بیش‌تر از مقدار مشخص شده در جدول‌های ۹-۲۱-۱ و ۹-۲۱-۲ در نظر گرفت؛ ولی این افزایش را نمی‌توان در محاسبه‌ی ظرفیت مهار قلاب منظور نمود.

۹-۲۱-۲-۲-۴ قلاب لرزه‌ای مطابق تعریف فصل ۹-۲، قلابی است که دارای خم حداقل ۱۳۵ درجه و طول مستقیم بعد از خم حداقل برابر با $6d_b$ و یا ۷۵ میلی متر باشد. قلاب لرزه‌ای در دورگیرهای دایروی می‌تواند دارای خم حداقل ۹۰ درجه باشد.

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

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

۹-۲۱ جزئیات آرماتورگذاری

۹-۲۱-۲-۲-۶ قلاب‌های دوخت باید شرایط زیر را تامین کنند.

الف- سنجاقی باید یک‌پارچه باشد.

ب- یک انتهای سنجاقی باید دارای قلاب لرزه‌ای بوده، و انتهای دیگر آن باید دارای قلاب با زاویه‌ی حداقل ۹۰ درجه باشد.

پ- قلاب باید در برگیرنده‌ی میلگرد طولی پیرامونی مقطع باشد.

ت- انتهای با خم ۹۰ درجه‌ی دو سنجاقی متوالی که میلگرد طولی را در بر می‌گیرند، باید به طور یک در میان در وجوه مقابل مقطع قرار گیرند؛ مگر آن که ضوابط بند ۹-۲۱-۶-۱-۷ یا ۹-۲۰-۶-۲-۳-۶ تامین شوند.

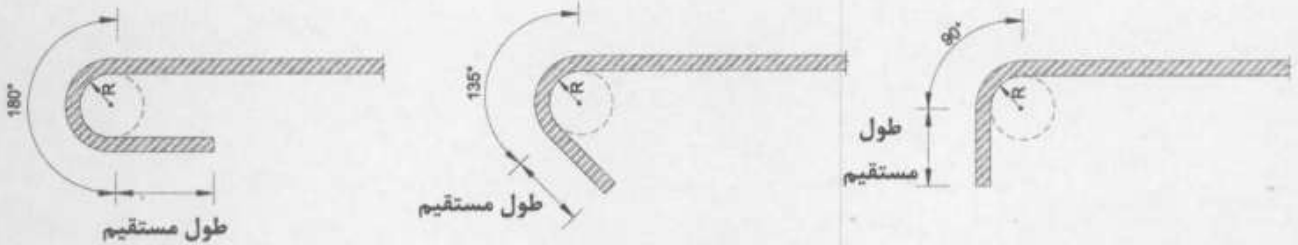
قلابهای استاندارد

1. میلگردهای اصلی خم نیمدایره (قلاب انتهایی ۱۸۰ درجه) به اضافه حداقل 4db طول مستقیم ولی نه کمتر از ۶۰ میلیمتر در انتهای آزاد میلگرد خم ۹۰ درجه(گونیا) به اضافه طول مستقیم برابر حداقل 12dbدر انتهای آزاد میلگرد

2. برای میلگردهای تقسیم و خاموت ه خم ۹۰ درجه (گونی ا) به اضافه حداقل 6dbطول مستقیم ولی نه کمتر از ۶۰ میلیمتر در انتهای آزاد میلگرد، برای میلگردهای به قطر ۱۶ میلیمتر و کمتر خم ۹۰ درجه (گونیا) به اضافه حداقل 12dbطول مستقیم در انتهای آزاد میلگردف برای میلگردهای به قطر بیشتر از ۱۶ میلیمتر و کمتر از ۲۵ میلیمتر خم ۱۳۵ درجه(چنگک) به اضافه حداقل 6dbطول مستقیم ولی نه کمتر از ۶۰ میلیمتر در انتهای آزاد میلگرد

۲-۲-۲-۱ انواع قلاب استاندارد

یکی از انواع مهار میلگرد در بتن توسط قلاب انجام می‌پذیرد که در سه نوع استاندارد مطابق اشکال (۲-۱۴) اجرا می‌شود. در این بخش هر یک از خم‌های مشروح بند (الف و ب) قلاب استاندارد تلقی می‌شود [۱- بند ۹-۱۸-۲-۲]:

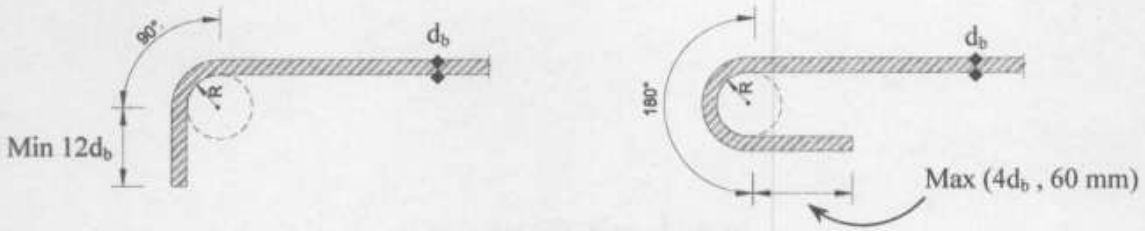


خم ۹۰ درجه　　خم ۱۳۵ درجه　　خم ۱۸۰ درجه

اشکال (۲-۱۴): انواع شکل خم میلگرد

الف) میلگردهای اصلی (اشکال ۲-۱۵):

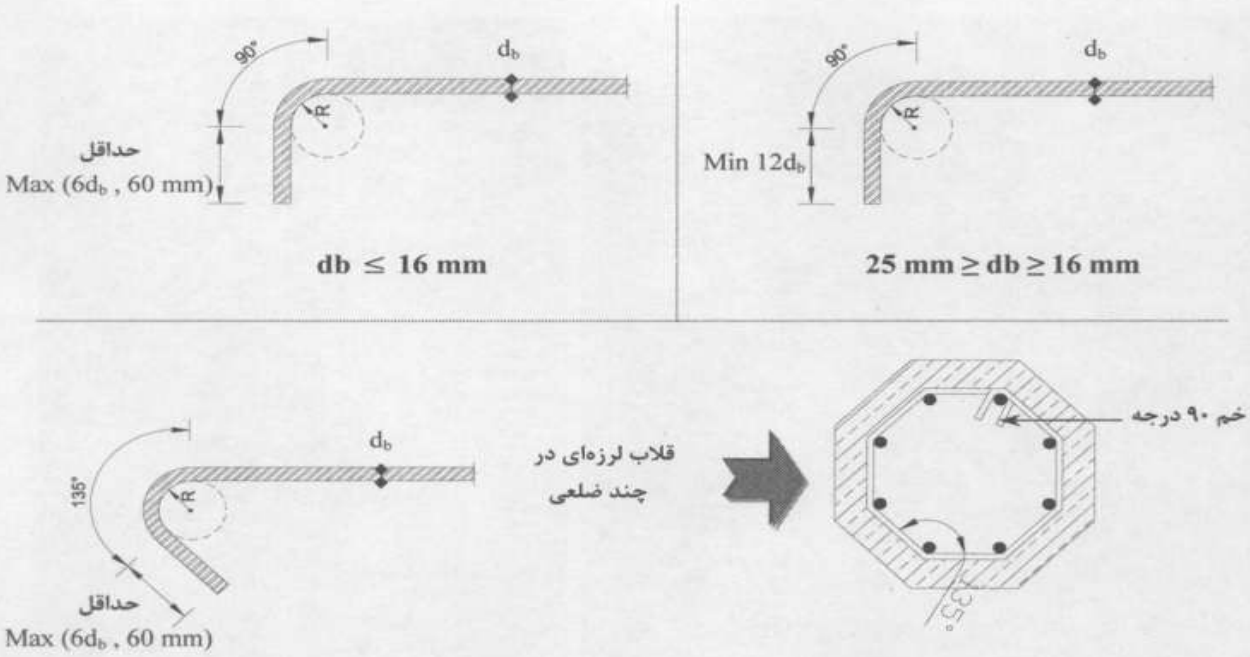
- خم نیم‌دایره (قلاب انتهایی ۱۸۰ درجه) به‌اضافه حداقل $4d_b$ طول مستقیم ولی نه کم‌تر از ۶۰ میلی‌متر در انتهای آزاد میلگرد.
- خم ۹۰ درجه (گونیا) به اضافه طول مستقیم برابر حداقل $12d_b$ در انتهای آزاد میلگرد.



اشکال (۲-۱۵): انواع شکل خم میلگرد اصلی

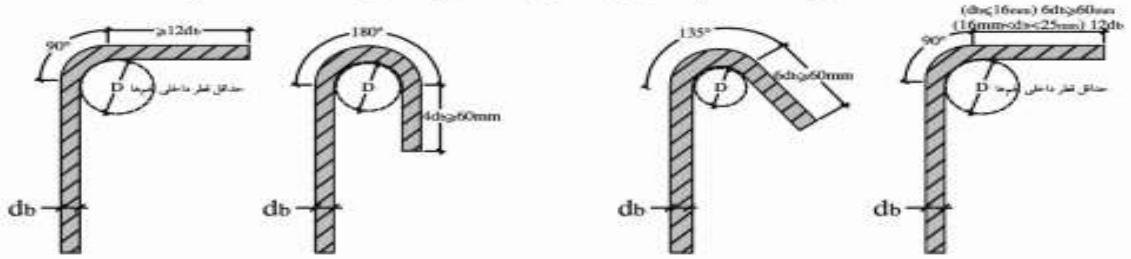
ب) برای میلگردهای تقسیم و خاموت‌ها (اشکال ۲-۱۶):

- خم ۹۰ درجه (گونیا) به اضافه حداقل $6d_b$ طول مستقیم ولی نه کم‌تر از ۶۰ میلی‌متر در انتهای آزاد میلگرد، برای میلگردهای به قطر ۱۶ میلی‌متر و کم‌تر.
- خم ۹۰ درجه (گونیا) به اضافه حداقل $12d_b$ طول مستقیم در انتهای آزاد میلگرد، برای میلگردهای به قطر بیش‌تر از ۱۶ میلی‌متر و کم‌تر از ۲۵ میلی‌متر.
- خم ۱۳۵ درجه (چنگک) به اضافه حداقل $6d_b$ طول مستقیم ولی نه کم‌تر از ۶۰ میلی‌متر در انتهای آزاد میلگرد (این قلاب به‌عنوان قلاب لرزه‌ای نیز معروف است که در طرح لرزه‌ای سازه کاربرد دارد زاویه این قلاب در تنگ‌های دایروی یا چند ضلعی به ۹۰ درجه محدود می‌شود).



اشکال (۲-۱۶): انواع شکل خم میلگرد خاموت و تنگ

حداقل طول خم لازم در قلابهای استاندارد



فولاد اصلی — خاموتها و بستها

جدول شماره ۱-۷- حداقل قطر خم برای میلگردهای اصلی طبق آئین نامه ACI

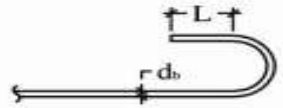
قطر میلگرد	حداقل قطر خم
کمتر از ۲۸ میلی‌متر	۶ d_b
۲۸ تا ۳۴ میلی‌متر	۸ d_b
۳۶ تا ۵۵ میلی‌متر	۱۰ d_b

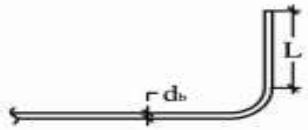
جدول شماره ۲-۷- حداقل قطر خم برای میلگردهای خاموت طبق آئین نامه ACI

قطر میلگرد	حداقل قطر خم
۱۶ میلی متر و کوچک‌تر	۴ d_b
بزرگ‌تر از ۱۶ میلی‌متر	طبق جدول ۱ - ۷

طول و قطر داخلی خم در میلگردهای اصلی

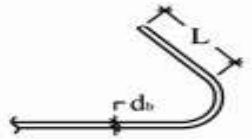
No.	d_b mm	L 90°	L 180°	D
1	Φ8	10.0 cm	6.0 cm	4.8 cm
2	Φ10	15.0 cm	6.0 cm	6.0 cm
3	Φ12	15.0 cm	6.0 cm	7.2 cm
4	Φ14	20.0 cm	6.0 cm	8.4 cm
5	Φ16	20.0 cm	10.0 cm	9.6 cm
6	Φ18	25.0 cm	10.0 cm	10.8 cm
7	Φ20	25.0 cm	10.0 cm	12.0 cm
8	Φ22	30.0 cm	10.0 cm	13.2 cm
9	Φ25	30.0 cm	10.0 cm	15.0 cm
10	Φ28	35.0 cm	15.0 cm	22.4 cm
11	Φ32	40.0 cm	15.0 cm	25.6 cm

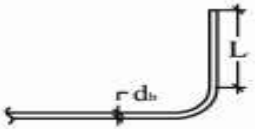




طول و قطر داخلی خم در خاموت‌ها

No.	d_b mm	L 90°	L 135°	D
1	Φ6	6.0 cm	6.0 cm	2.4 cm
2	Φ8	6.0 cm	6.0 cm	3.2 cm
3	Φ10	6.0 cm	6.0 cm	4.0 cm
4	Φ12	10.0 cm	10.0 cm	4.8 cm
5	Φ14	10.0 cm	10.0 cm	5.6 cm
6	Φ16	10.0 cm	10.0 cm	9.6 cm

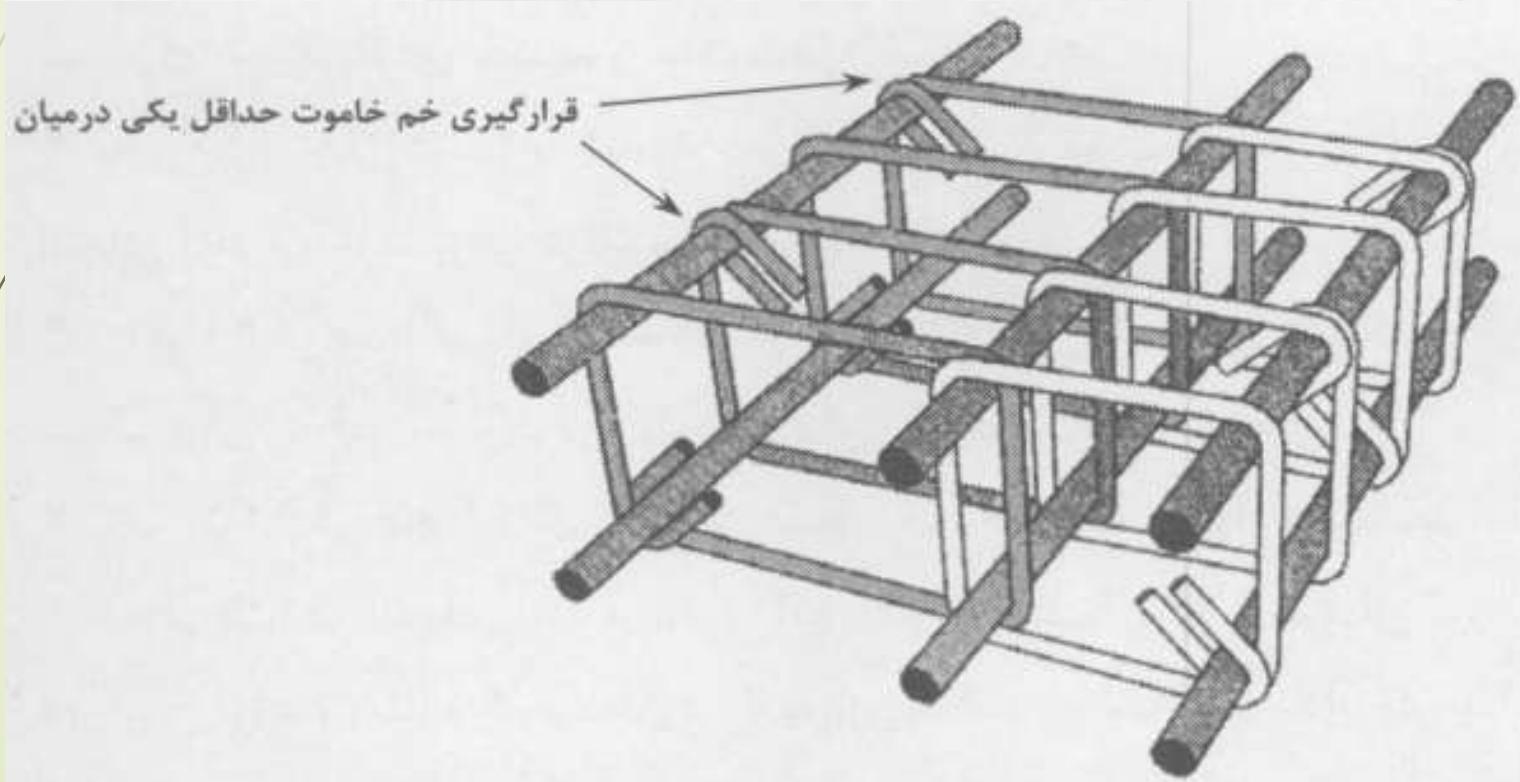




طول خم انتهای آرماتور کمتر از 12db (دوازده برابر قطر آرماتور) کمتر است.

توجه به قرار نگرفتن کلیه خم خاموت در یک موقعیت از اهمیت زیادی برخوردار است لذا همان‌طور که در شکل (۲-۱۷) ملاحظه می‌شود خم انتهای خاموت‌های متوالی باید حداقل یکی در میان در جهت دیگری قرار گیرند تا برای مثال تمام خم خاموت‌ها در یک وجه و روی یک میلگرد قرار نگیرند. در بررسی عملکرد اعضای بتنی هنگام زلزله، از این ضعف به‌عنوان یکی از موارد مهم کاهش شکل‌پذیری سازه یاد می‌شود (تصاویر ۲-۱۸).

اجرای خم انتهای تنگ در یک راستا یکی از دلایل کاهش شکل‌پذیری عضو



شکل (۲-۱۷): اجرای خم میلگرد عرضی حداقل یک در میان در یک راستا

۲-۲-۲-۲ حداقل قطر خم‌ها

ساخت قلاب در اصل خم کردن میلگرد تحت زوایای مشخصی است که جزییات آن در ادامه بررسی می‌شود [۱- بند ۹-۱۸-۲-۳]:

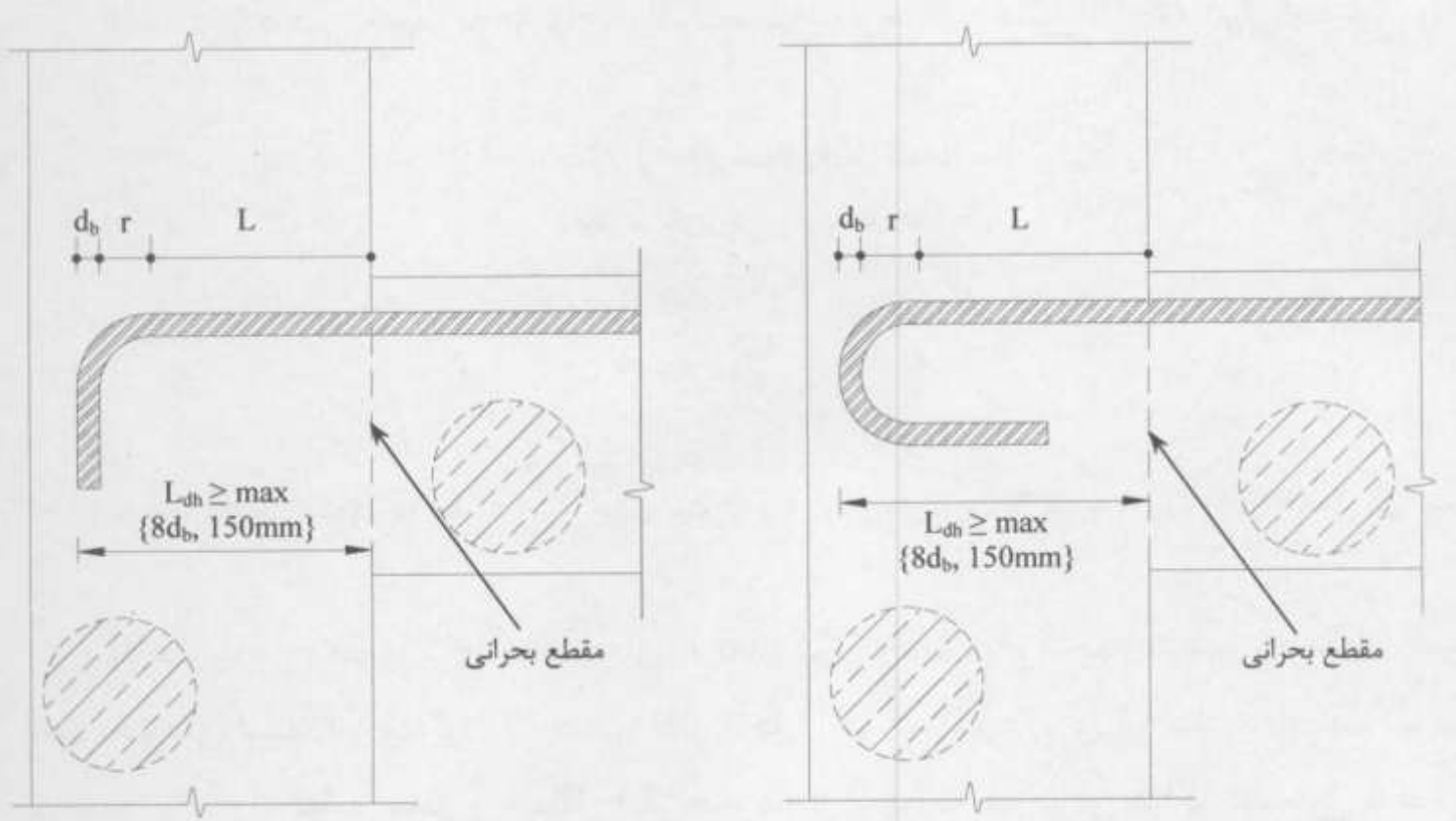
الف) قطر داخلی خم‌ها به‌جز برای خاموت‌ها نباید از مقادیر جدول (۲-۴) کم‌تر اختیار شود.

جدول (۲-۴): حداقل قطر خم‌ها

قطر میلگرد	حداقل قطر خم
کم‌تر از ۲۸ میلی‌متر	$6d_b$
۲۸ تا ۳۴ میلی‌متر	$8d_b$
۳۶ تا ۵۵ میلی‌متر*	$10d_b$

*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 $4d_b$ اختیار شود. خم‌های استاندارد میلگرد، بر حسب قطر داخلی خم که اندازه‌گیری آن ساده‌تر است تعریف می‌شود. برخی از عوامل مؤثر بر حداقل قطر خم، شامل سهولت خم کردن میلگرد بدون شکسته شدن، تأمین طول مهاری مناسب و جلوگیری از خرد شدن بتن در داخل خم می‌باشد. به طور خلاصه ضوابط مربوط به خم انواع میلگردها و طول مستقیم بعد از خم در جدول (۲-۵) آمده است.



$$L_{dh} = L + (\text{شعاع})\, r + (\text{قطر میلگرد})\, d_b$$

الف) خم ۱۸۰ درجه ب) خم ۹۰ درجه

اشکال (۲-۱۹): موقعیت طول گیرایی یک میلگرد کششی برای قلاب استاندارد

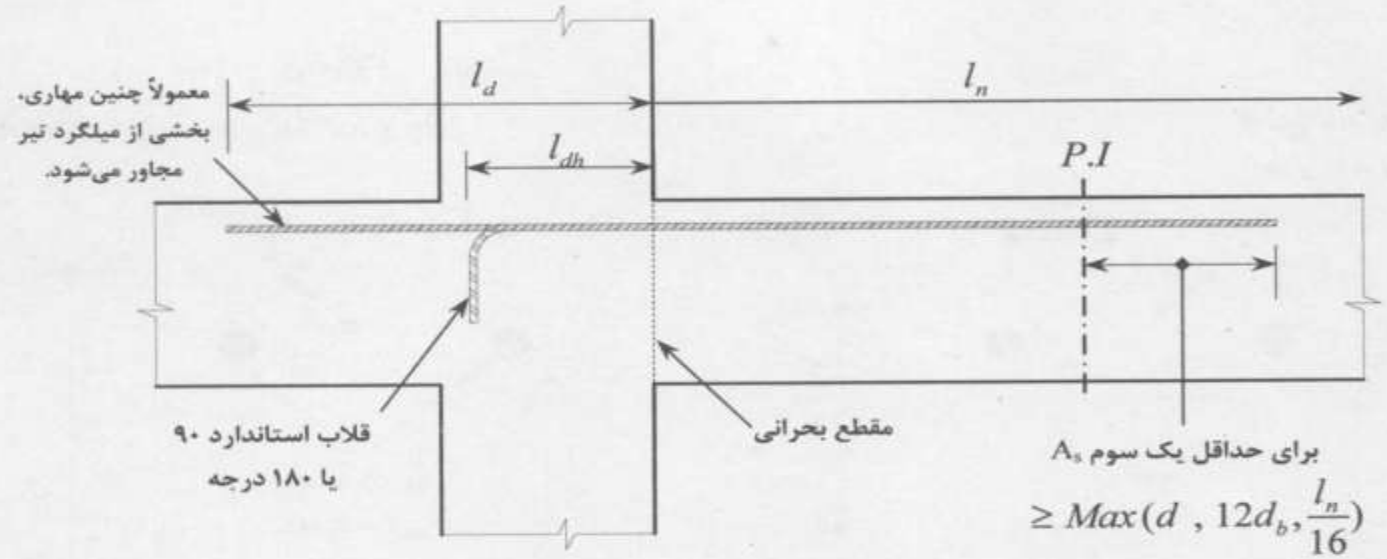
ده از میلگرد های کوچک در پی و رعایت نکردن اندازه اورلب

۲-۲-۴-۳ ضوابط خاص مهار میلگرد خمشی منفی

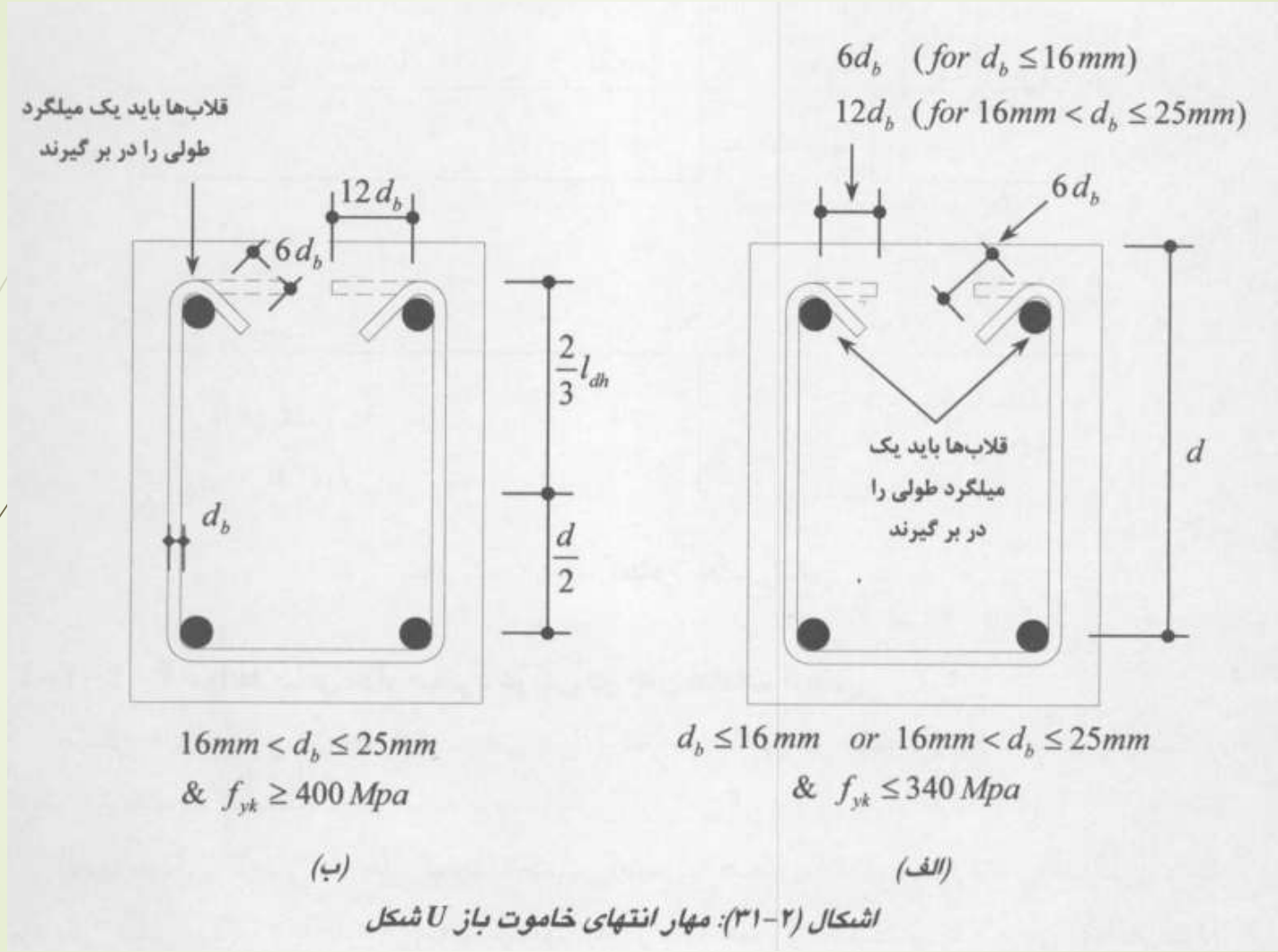
میلگردهای خمشی منفی دارای ضوابط خاصی در خصوص طول گیرایی، محل قطع و امتداد در تکیه‌گاه هستند که در ادامه مورد بررسی قرار می‌گیرد [۱- بند ۹-۱۸-۳-۳]:

الف) میلگرد خمشی منفی در قطعات خمشی یکسره، گیردار، طره و یا تماس قطعات قاب‌های پیوسته باید با یکی از روش‌های گفته شده در بند (۲-۲) در تکیه‌گاه‌ها مهار شوند.

ب) حداقل $\frac{۱}{۳}$ میلگرد خمشی منفی موجود در تکیه‌گاه یک عضو خمشی باید تا محل نقطه عطف منحنی تغییرشکل عضو ادامه داده شده و از این محل به‌اندازه حداقل $d, 12d_b$ و یا $\frac{۱}{۱۶}$ طول دهانه خالص، هرکدام بزرگ‌تر است، فراتر برده شود (شکل ۲-۳۰).



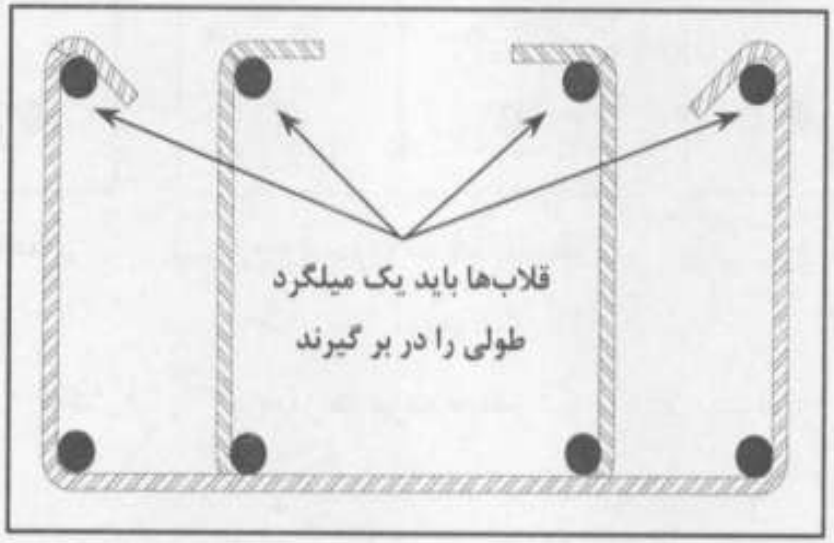
شکل (۲-۳۰): مهار میلگرد خمشی منفی



اشکال (۲-۳۱): مهار انتهای خاموت باز U شکل

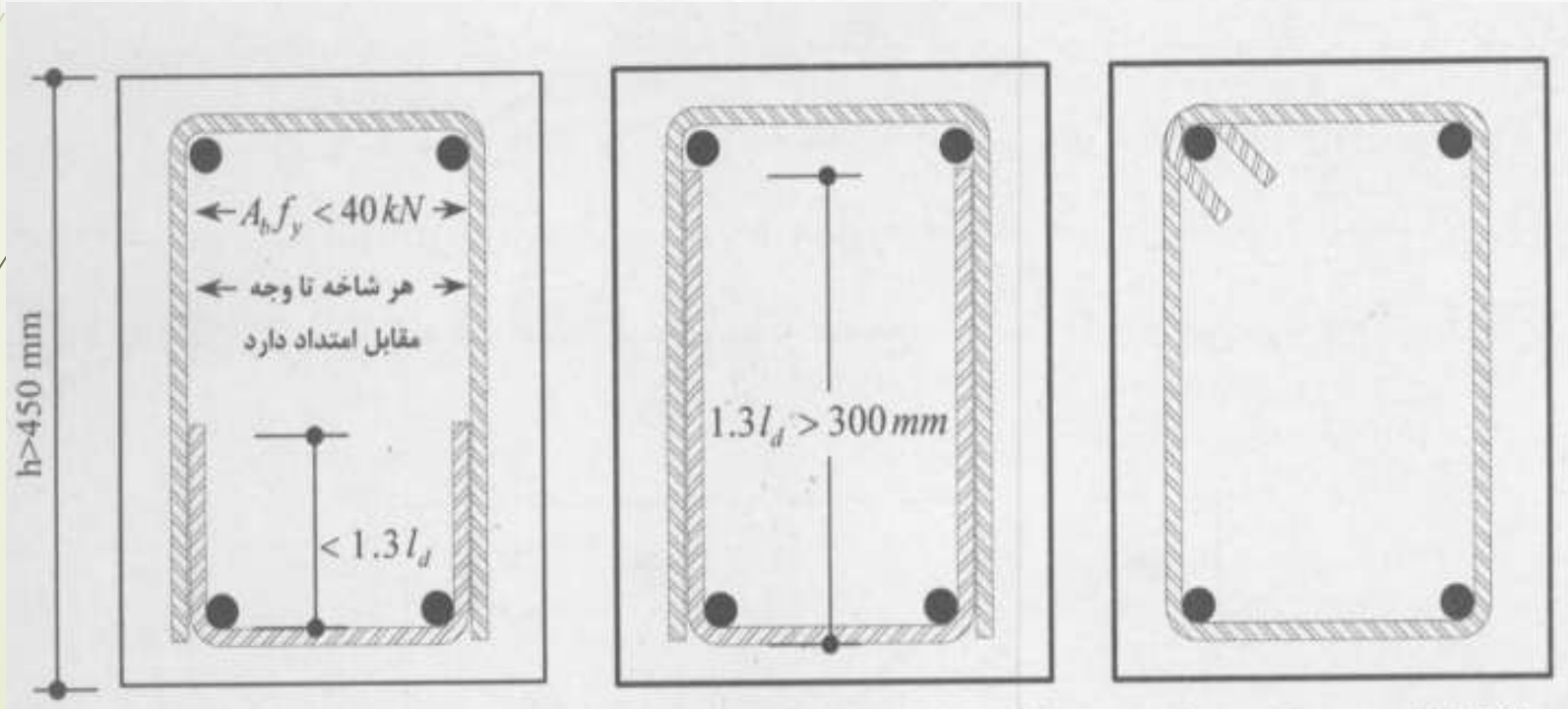
پ) در بین دو انتهای مهار شده خاموت‌های به‌شکل U تکی یـا مکـرر، در هـر خـم واقـع در ناحیه پیوسته خاموت باید حداقل یک میلگرد طولی محصور شده باشد (شکل ۲-۳۲).

ت) میلگردهای طولی خم شده که به‌عنوان میلگرد برشی مورد استفاده قرار می‌گیرند اگر به ناحیه بتن کششی برده شوند باید به صورت میلگرد کششی مورد استفاده قرار گیرند و اگر به ناحیه فشاری برده شوند باید بر طبق ضوابط مهار میلگردها در این ناحیه مهار شوند. در این میلگردها طول گیرایی از محل وسط ارتفاع مؤثر مقطع، $\frac{d}{2}$ اندازه‌گیری می‌شود (شکل ۲-۳۳).



شکل (۲-۳۲): مهار انتهای خاموت باز به‌شکل U تکی یا مکرر

ث) در زوج خاموت‌های U شکل که با وصله پوششی، یک خاموت بسته می‌سازند، باید طول پوشش برابر با حداقل l_d ۱/۳ رعایت شود. در این خاموت‌ها، چنانچه مقدار $A_b f_{yk}$ هر شاخه کم‌تر از ۴۰ کیلو نیوتن و ارتفاع مقطع عضو بیش‌تر از ۴۵۰ میلی‌متر باشد، می‌توان طول پوشش را کم‌تر از l_d ۱/۳ در نظر گرفت، مشروط بر آن‌که هر شاخه از U تا وجه مقابل ادامه داده شود (اشکال ۲-۳۴).



(الف) خاموت بسته معمولی

(ب) زوج خاموت بسته U شکل با طول پوشش کامل

(پ) زوج خاموت بسته U شکل

اشکال (۲-۳۴): مهار خاموت بسته در حالات مختلف

۹-۲۱-۵ گروه میلگردها

۹-۲۱-۵-۱ تعداد میلگردها در هر گروه میلگرد که به صورت یک واحد کار می‌کنند، به چهار محدود می‌شود.

۹-۲۱-۵-۲ گروه میلگرد باید توسط آرماتور عرضی محاط شود. آرماتورهای عرضی گروه میلگردهای تحت فشار باید به قطر حداقل ۱۲ میلی متر باشند.

۹-۲۱-۵-۳ در تیرها استفاده از میلگردهای با قطر بیش از ۳۴ میلی متر به صورت گروه میلگرد مجاز نیست.

۹-۲۱-۵-۴ محل قطع هر میلگرد در گروه میلگرد، در طول دهانه‌ی اعضای خمشی، باید به فاصله‌ی حداقل ۴۰ برابر قطر میلگرد از محل قطع سایر میلگردهای گروه باشد.

۹-۲۱-۵-۵ در گروه میلگردها با بیش از دو میلگرد، نباید محورهای تمامی میلگردها در یک صفحه واقع شوند. هم‌چنین تعداد میلگردهایی که در یک صفحه قرار می‌گیرند، جز در محل وصله نباید بیش از دو باشد.

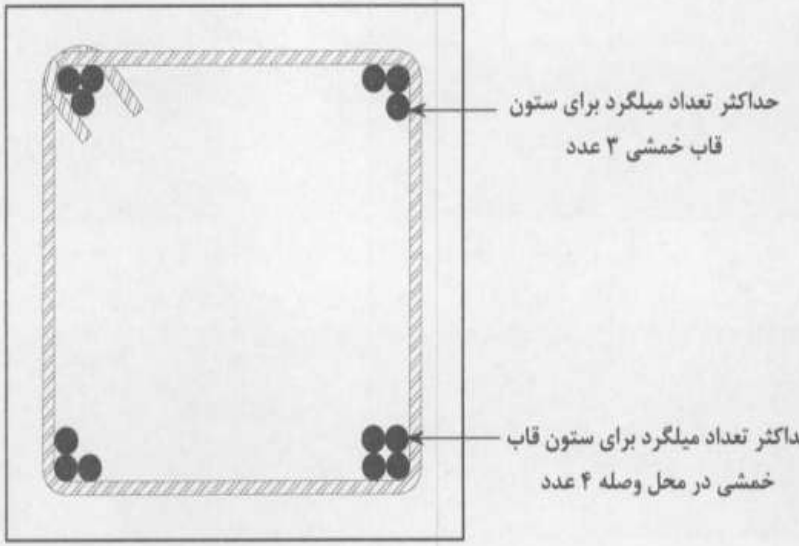
۹-۲۱-۵-۷ طول گیرایی میلگردها در گروه میلگرد، در کشش یا فشار، برای گروه میلگردهای ۲ تایی برابر با طول گیرایی میلگردهای منفرد، و برای گروه‌های ۳ تایی و ۴ تایی، به ترتیب ۲۰ و ۳۳ درصد بیش‌تر از طول گیرایی میلگردهای منفرد در نظر گرفته می‌شود.

۹-۲۱-۵-۸ طول وصله‌ی پوششی هر میلگرد در یک گروه میلگرد، بر اساس طول گیرایی میلگرد منفرد و با در نظر گرفتن افزایش آن برای اثر گروه میلگرد مطابق بند ۹-۲۱-۵-۷ محاسبه می‌شود. وصله‌های تک تک میلگردها در گروه میلگرد نباید در امتداد میلگردها هم‌پوشانی داشته باشند. وصله‌ی پوششی مجموعه‌ی یک گروه میلگرد با گروه دیگر مجاز نیست.

۱-۷-۱-۲ گروه میلگرد

در استفاده از گروه میلگردهای موازی که در آن‌ها میلگردها در تماس با هم بسته می‌شوند تا به‌صورت واحد عمل کنند، ضوابط زیر باید رعایت شوند [۱- بند ۹-۱۱-۱۱-۲]:

الف) تعداد میلگردهای هر گروه برای گروه‌های قائم تحت فشار نباید از ۴ عدد و در سایر موارد از ۳ عدد تجاوز کند (شکل ۱-۳۰).



شکل (۱-۳۰): تعداد میلگردهای یک گروه (مقطع ستون قاب خمشی)

ب) در تمامی موارد تعداد میلگردهای هر گروه در محل وصله‌ها نباید بیش‌تر از ۴ باشد.

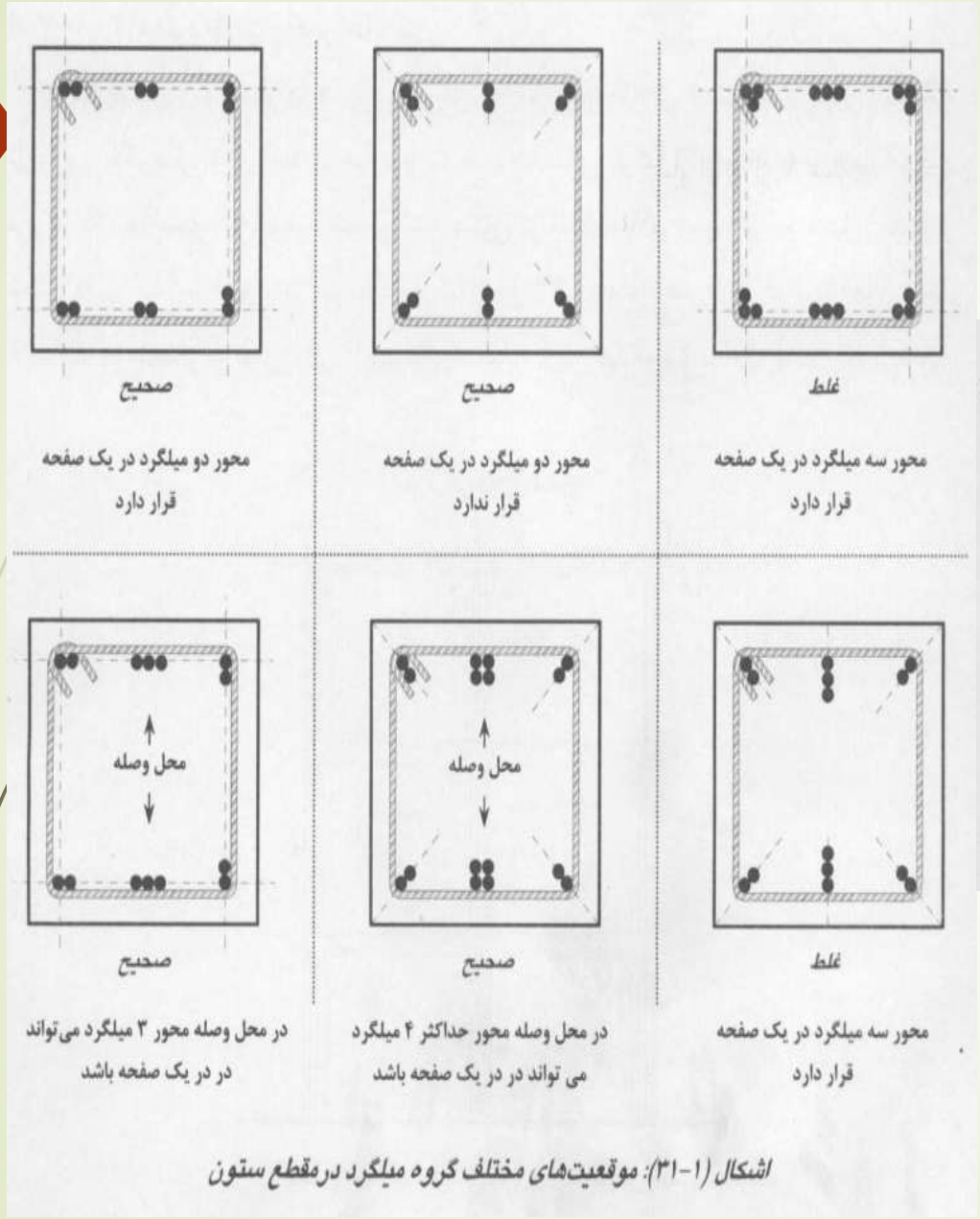
پ) در گروه میلگردها با بیش از دو میلگرد، نباید محورهای تمامی میلگردها در یک صفحه واقع شوند. همین‌طور تعداد میلگردهایی که محورهای آن‌ها در یک صفحه واقع می‌شوند جز در

محل وصله‌ها نباید بیش‌تر از ۲ باشد. در اشکال (۱-۳۱) موقعیت‌های مختلف میلگردهای یک گروه در مقطع ستون بدون منظور نمودن دیگر ضوابط هندسی نشان داده شده است.

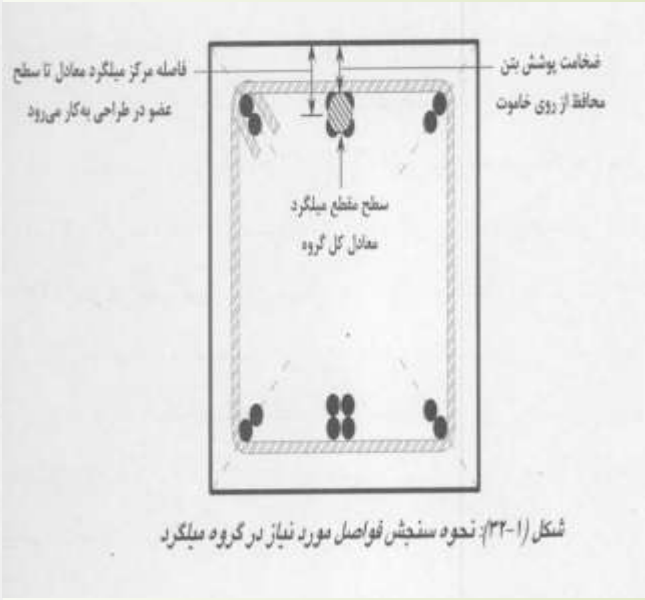
ت) در تیرها نباید میلگردها با قطر بزرگ‌تر از ۳۶ میلی‌متر را به صورت گروهی به‌کار برد.

ث) گروه‌های میلگردهای در تماس باید در خاموت‌های بسته یا مارپیچ محصور شوند.

ج) در مواردی نظیر تعیین محدودیت‌های فاصله و حداقل ضخامت پوشش بتن محافظ، که قطر میلگردها مبنای محاسبه قرار می‌گیرد، قطر گروه میلگردهای در تماس، 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 (شکل ۱-۳۲).



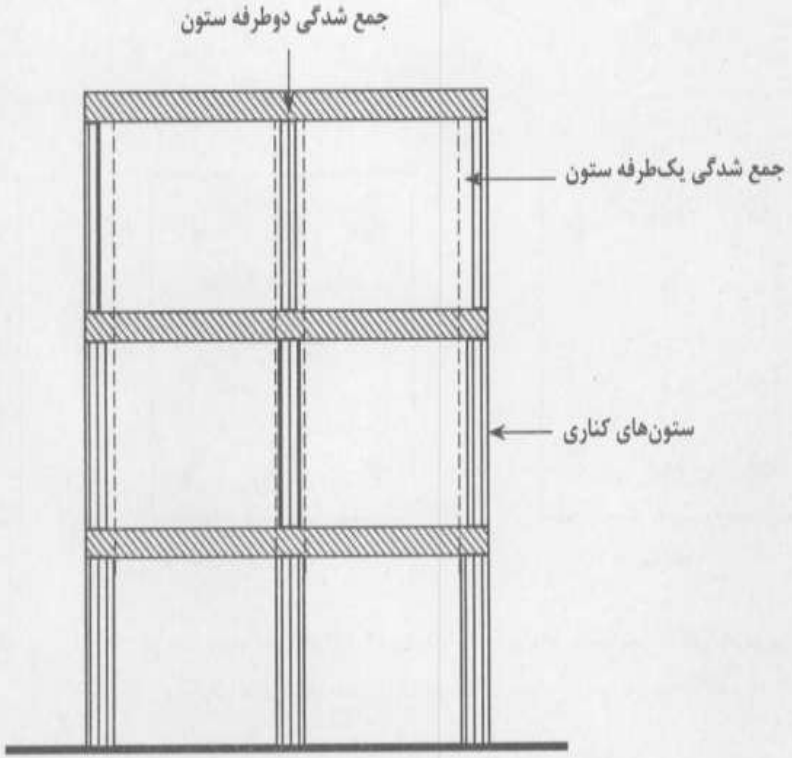
اشکال (۱-۳۱): موقعیت‌های مختلف گروه میلگرد درمقطع ستون



شکل (۱-۳۲): نحوه سنجش فواصل مورد نیاز در گروه میلگرد

۱-۷-۱-۳ میلگرد طولی و تغییر ابعاد ستون

بارگذاری ثقلی ساختمان‌ها همواره از پایین به بالا رو به کاهش است در این بین تغییرات کاربری در یک سازه بیش از دیگر موارد باعث تغییرات شدید بارگذاری و متعاقب آن ابعاد مقاطع باربر در یک ساختمان می‌شود. ضعیف‌تر شدن ستون در طبقات بالاتر عموماً توسط تقلیل ابعاد و یا کاهش مقدار میلگردها انجام می‌شود. مطابق شکل (۱-۳۳) عموماً کاهش ابعاد در ستون‌های وسط به صورت دو طرفه و در ستون‌های کناری برای شاقولی شدن نما، به صورت یک‌طرفه اجرا می‌شود.

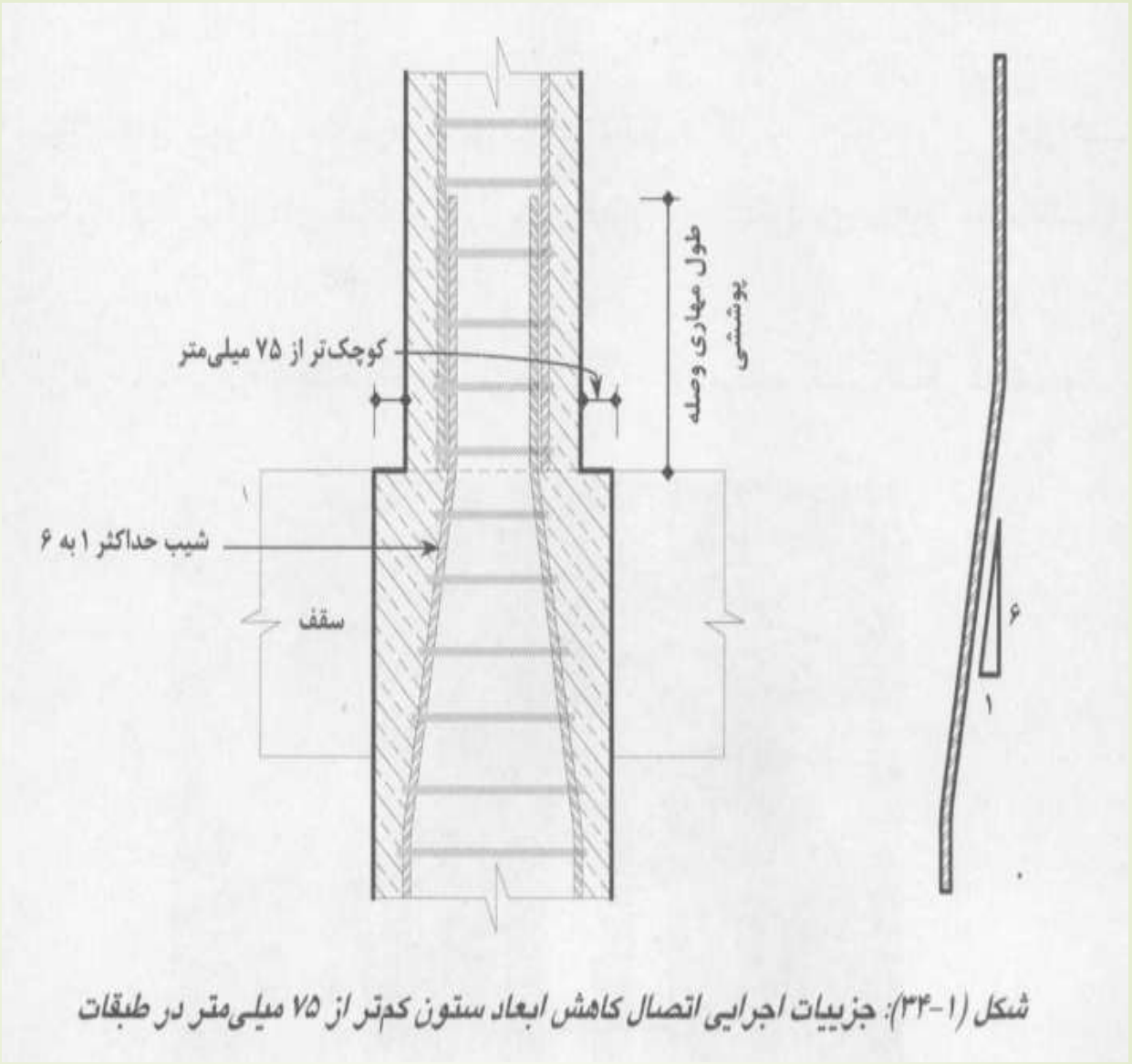


شکل (۱-۳۳): کاهش ابعاد ستون‌ها کناری و وسطی در طبقات ساختمان

رعایت جزییات اجرایی اتصال در این تغییر مقطع؛ براساس ضوابط زیر الزامی است [۱- بند ۹-۱۱-۱۱-۳]:

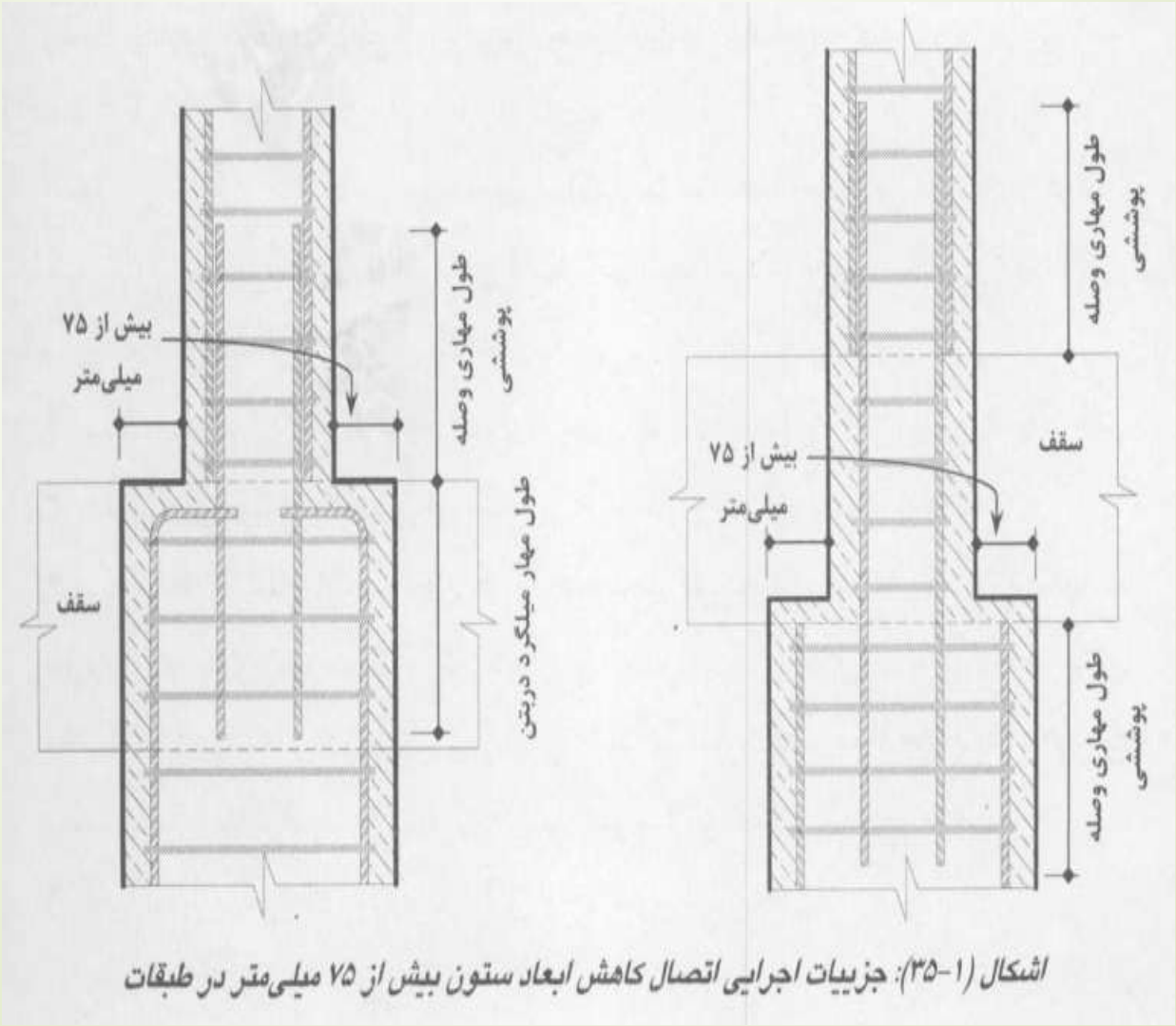
الف) اگر میزان کوچک‌تر شدن ستون بالایی نسبت به پایینی در هر وجه کم‌تر از ۷۵ میلی‌متر باشد، می‌توان از میلگردهای انتظار خم شده استفاده نمود (شکل ۱-۳۴). در این حالت باید محدودیت‌های زیر اعمال شود:

- 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 ۱/۵برابر مؤلفه 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.
- خم کردن میلگردهای انتظار باید قبل از جاگذاری میلگردها انجام پذیرد.

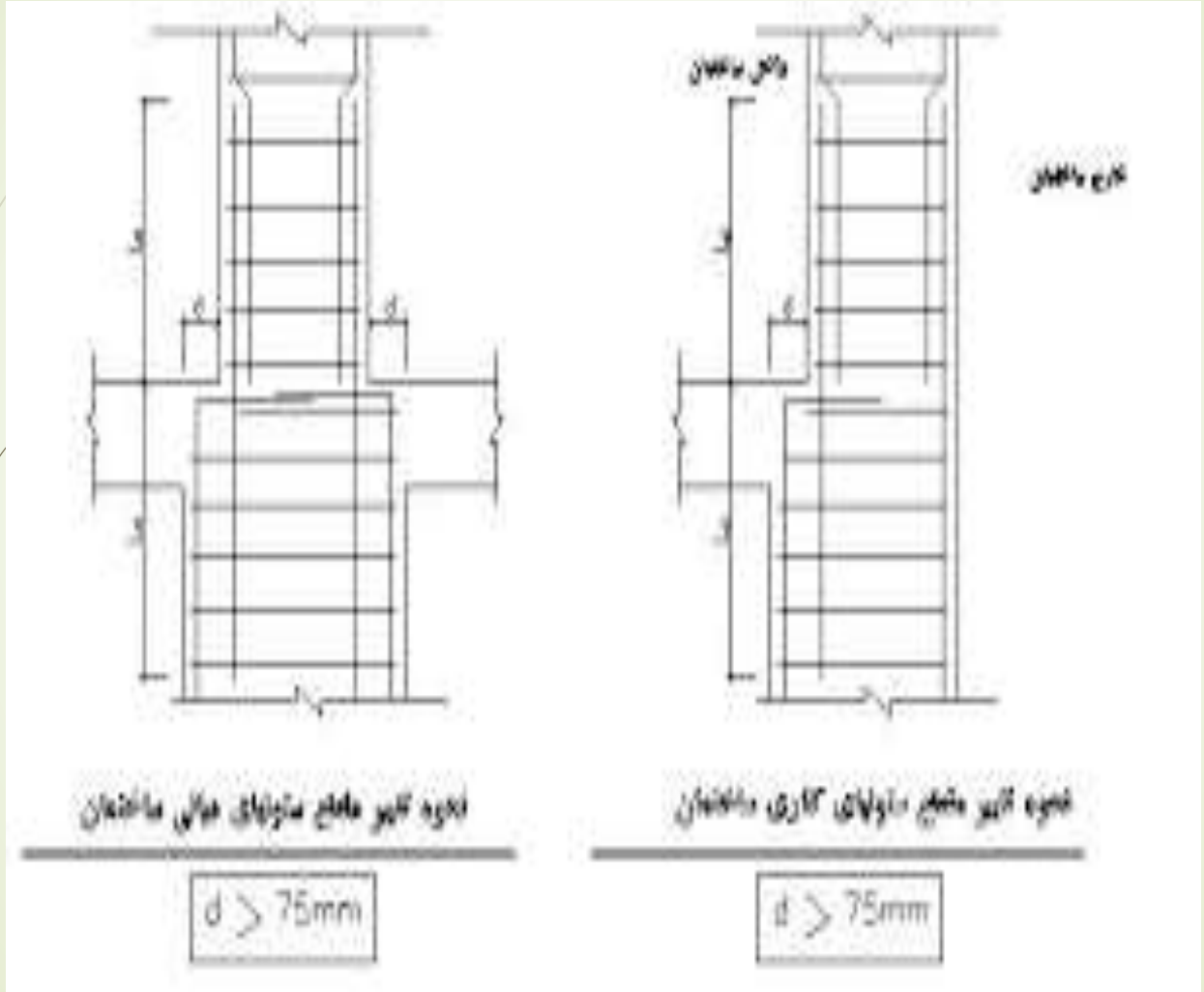


شکل (۱-۳۴): جزییات اجرایی اتصال کاهش ابعاد ستون کم‌تر از ۷۵ میلی‌متر در طبقات

ب) در مواردی که وجه ستون یا دیوار بیش‌تر از ۷۵ میلی‌متر عقب نشستگی یا پیش‌آمدگی داشته باشد رعایت ضوابط زیر الزامی است (اشکال ۱-۳۵):



اشکال (۱-۳۵): جزییات اجرایی اتصال کاهش ابعاد ستون بیش از ۷۵ میلی‌متر در طبقات


داخل ساختمان
خارج ساختمان
نحوه تامین مشخص دیوارهای کناری ساختمان
d > 75mm
نحوه تامین ماهیچ دیوارهای عمالی ساختمان
d > 75mm

۱-۷-۲ جزییات میلگردگذاری عرضی

برای تأمین مقاومت برشی عضو توسط میلگردها، از انواع مختلف میلگرد عرضی یا طولی بر حسب نوع و جهت نیروها استفاده می‌شود که قطر و فواصل آن‌ها بر حسب طراحی مقطع مشخص می‌شود. در ادامه مهم‌ترین میلگردهای عرضی بررسی می‌شود [۱- بند ۹-۱۲-۴]:

الف) خاموت‌های عمود بر محور عضو (خاموت‌های متداول) (شکل ۱-۳۹-الف).

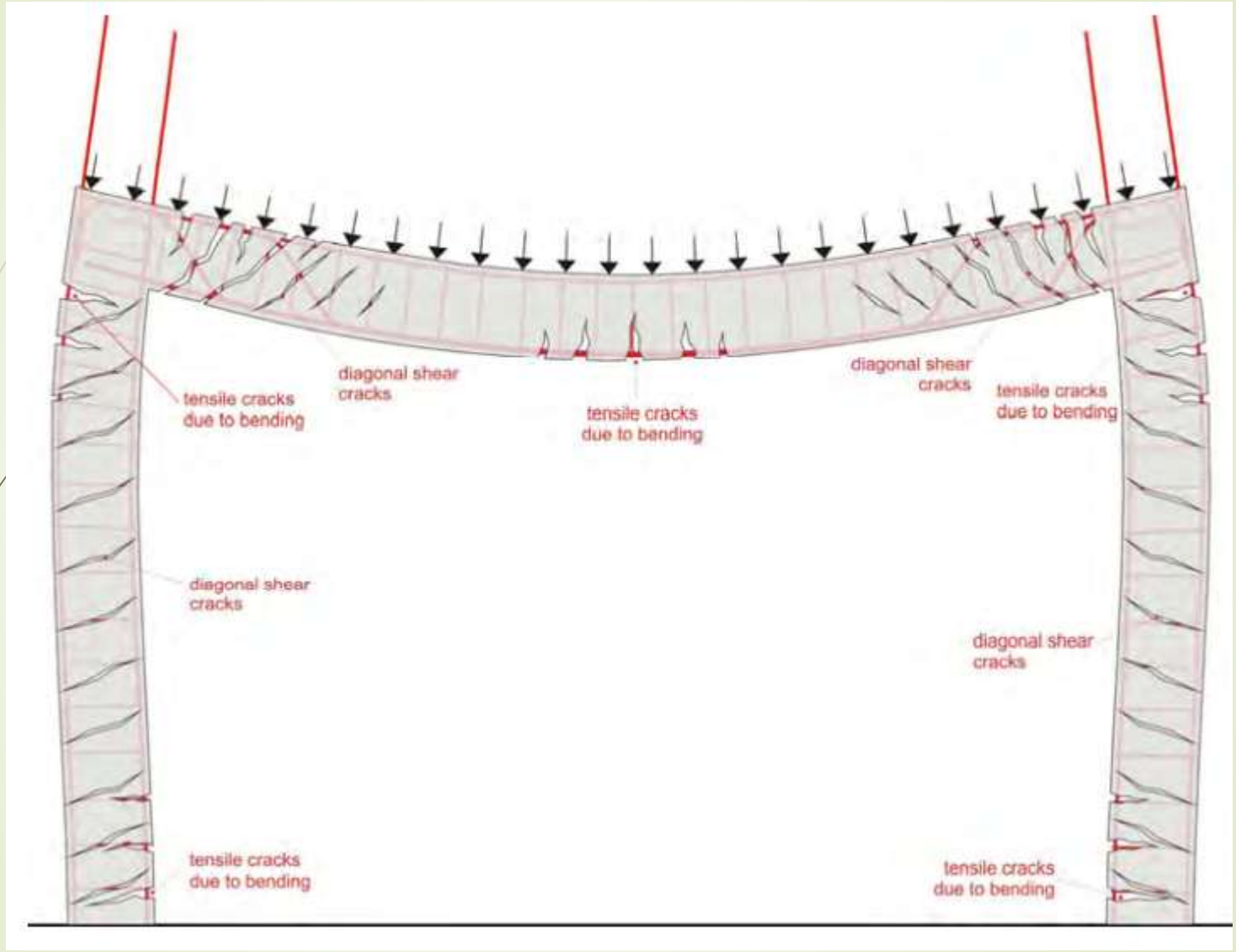
ب) خاموت‌هایی با زاویه ۴۵ درجه یا بیش‌تر نسبت به میلگردهای کششی طولی به نحوی که ترک‌های قطری احتمالی را قطع کنند. در صورت احتمال تغییر زاویه ترک در اثر تغییر نوع بارگذاری، استفاده از این نوع خاموت مجاز نمی‌باشد (شکل ۱-۳۹-الف).

پ) میلگردهای طولی خم شده به قطر حداکثر ۳۶ میلی‌متر، تحت زاویه ۳۰ درجه یا بیش‌تر نسبت به میلگردهای کششی طولی (اوتکا) به نحوی که ترک‌های قطری احتمالی را قطع کنند (شکل ۱-۳۹-ب).

ت) ترکیبی از خاموت‌ها و میلگردهای طولی خم شده با شرایط مذکور در بندهای الف، ب و پ قابلیت افزایش مقاومت برشی مقطع را دارد.

ث) میلگردهای طولی توزیع شده در ارتفاع تیرهای عمیق یا تیر تیغه‌ها (شکل ۱-۳۹-پ).

ج) دورپیچ‌ها


tensile cracks
due to bending
diagonal shear
cracks
tensile cracks
due to bending
diagonal shear
cracks
tensile cracks
due to bending
diagonal shear
cracks
diagonal shear
cracks
tensile cracks
due to bending
tensile cracks
due to bending

۹-۱۹-۲-۴ محدودیت تغییر مکان در تیرها و دال‌ها

۹-۱۹-۲-۴-۱ تغییر مکان‌های ایجاد شده در تیرها و دال ها نباید از مقادیر مشخص شده در جدول ۹-۱۹-۳ تجاوز کنند.

$$\left.\begin{array}{c}\Delta_{\text{آنی}}=(\Delta_D+\Delta_L)\\ \Delta_{\text{بار دائمی}}=\Delta_D+0.25\Delta_L\\ \lambda=2\end{array}\right\}\Delta_{total}=\left(\Delta_{\text{آنی}}\right)+\lambda\Delta_{\text{بار دائمی}}=3\Delta_D+1.5\Delta_L$$

جدول ۹-۱۹-۳ حداکثر تغییر مکان مجاز

انواع عضو	تغییر مکان مورد نظر	حد تغییر مکان	ملاحظات
۱- بامهای تخت که به اعضای غیر سازه‌ای متصل نیستند یا آن ها را نگه‌داری نمی‌کنند؛ و بنا بر این تغییر مکان زیاد آسیبی در این اعضا ایجاد نمی‌کند.	تغییر مکان آنی ناشی از بارهای زنده	$\frac{l}{180}$	–
۲- مانند بالا در مورد کفها		$\frac{l}{360}$	
۳- بامها یا کفهایی که به اعضای غیر سازه‌ای متصل هستند یا آن‌ها را نگه‌داری میکنند؛ و تغییر مکان زیاد ممکن است آسیبی در این اعضا ایجاد کند.	آن قسمت از تغییر مکان که بعد از اتصال اعضای غیر سازه‌ای ایجاد می‌شود. منظور مجموع اضافه تغییر - مکان دراز مدت ناشی از بارهای دائمی و تغییر مکان آنی ناشی از بارهای زنده است (تبصره ۳).	$\frac{l}{480}$	تبصره ۱
۴- بامها یا کفهایی که به اعضای غیر سازه‌ای متصل هستند یا آن ها را نگه‌داری میکنند، ولی تغییر مکان زیاد آسیبی در این اعضا ایجاد نمیکند.		$\frac{l}{240}$	تبصره ۲

تبصره ۱- در صورتی که بتوان با اتخاذ تدابیری ویژه از ایجاد آسیب به اعضای غیر سازه‌ای جلوگیری کرد، حد مربوط به این محدودیت را می توان افزایش داد.

تبصره ۲- حد تعیین شده نباید از حد روا داری قطعات غیر سازه‌ای تجاوز کند.

تبصره ۳- اضافه تغییر مکان دراز مدت شامل آن قسمت از تغییر مکان که قبل از اتصال به اعضای غیرسازه‌ای ایجاد شده است، نمی‌شود؛ و در حقیقت تفاضل تغییر مکان، قبل و بعد از اتصال این اعضا

۹-۲۱-۶-۲ تنگ‌ها

۹-۲۱-۶-۲-۱ تنگ‌ها باید از حلقه‌های بسته‌ی میلگردهای آجدار تشکیل شده، و فواصل آن‌ها از یک دیگر شرایط زیر را تامین کنند.

الف- فاصله‌ی آزاد حداقل ۱/۳۳ برابر حداکثر قطر اسمی سنگ دانه.

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

- ۱۶ برابر قطر میلگرد طولی؛
- ۴۸ برابر قطر میلگرد عرضی؛
- کوچک‌ترین بعد عضو.

۹-۲۱-۶-۲-۲ 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.

۹-۲۱-۶-۲-۴ تنگ‌های مستطیلی باید شرایط زیر را تامین کنند.

الف- هر میلگرد طولی واقع در گوشه‌ی مقطع، و سایر میلگردهای طولی به صورت یک در میان، باید توسط خم با زاویه‌ی کم‌تر یا مساوی ۱۳۵ درجه مهار شود.

ب- میلگرد طولی بدون مهار جانبی نباید فاصله‌ی آزاد بیش از ۱۵۰ میلی متر از میلگرد طولی مهار شده داشته باشد.

پ- مهار تنگ‌ها در مقاطع مستطیلی، با قلاب استاندارد که میلگرد طولی را در بر گرفته، انجام می‌شود.

ت- استفاده از مجموعه‌ی میلگردهای سَر دار به عنوان تنگ مجاز نیست.

۹-۲۱-۶-۲-۵ در مواردی که میلگردهای طولی دارای آرایش دایروی هستند، می‌توان از تنگ‌های دایروی استفاده نمود. مهار تنگ‌های دایروی باید شرایط زیر را تامین کند

الف- در انتهای هر تنگ، میلگردها باید حداقل ۱۵۰ میلی متر هم‌پوشانی داشته باشند.

ب- انتهای تنگ باید به یک قلاب استاندارد که میلگردهای طولی را در بر گرفته، ختم شود.

پ- هم‌پوشانی‌های تنگهای متوالی بر روی آرماتورهای طولی پیرامونی نباید بر روی یک دیگر واقع شده، و باید در وجوه مقابل مقطع باشند.

۹-۲۱-۶-۲-۷ تنگ‌هایی که برای مقابله با پیچش به کار برده می‌شوند، باید عمود بر محور طولی عضو بوده و شرایط زیر را ارضا نمایند.

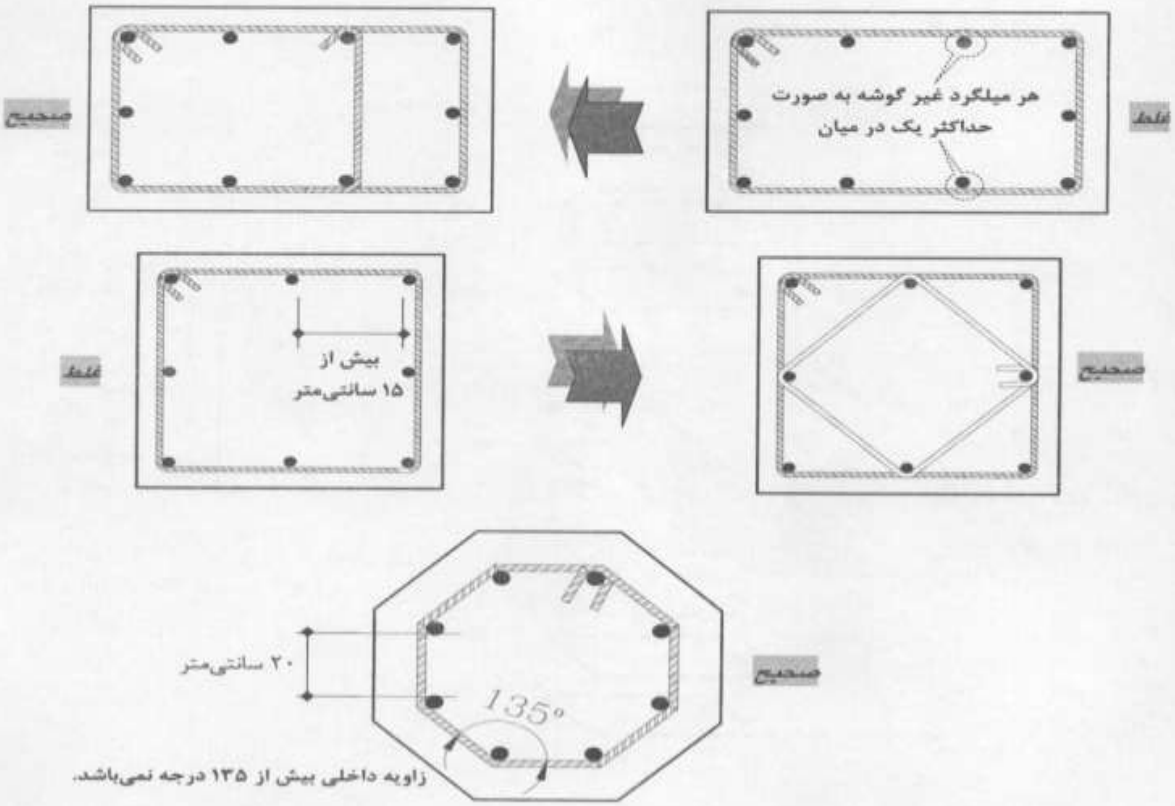
الف- دو انتهای تنگ به قلاب استاندارد ۱۳۵ درجه و یا قلاب لرزه‌ای پیرامون میلگرد طولی ختم شده و انتهای خم باید در بتن هسته مهار شود.

ب- در مواردی که بتن پیرامون مهار به دلیل وجود بال یا دال مستعد متلاشی شدن نیست، باید الزامات بندهای ۹-۲۱-۶-۱-۳-الف یا ب، یا ۹-۲۱-۶-۱-۴ تامین گردند.

- ۱۲ برابر قطر کوچک‌ترین میلگرد طولی اعم از این‌که منفرد باشد یا عضوی از گروه میلگردهای در تماس به‌شمار آید.
- ۳۶ برابر قطر میلگرد خاموت
- کوچک‌ترین بعد عضو فشاری
- ۲۵۰ میلی‌متر

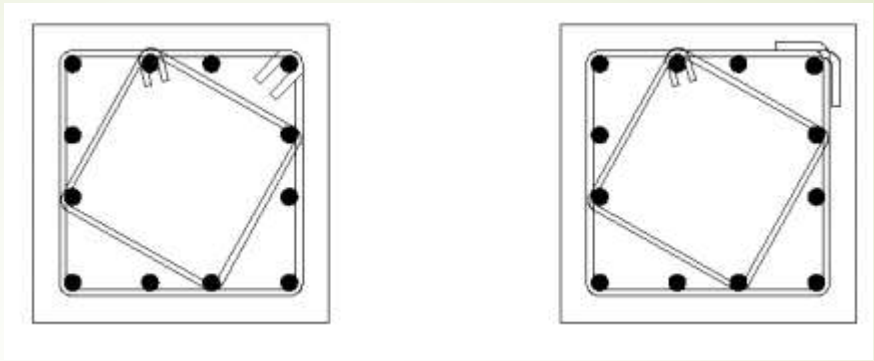
ت) در هر مقطع تعداد خاموت‌ها باید طوری باشد که هر یک از میلگردهای زیر در گوشه یک خاموت با زاویه داخلی حداکثر ۱۳۵ درجه قرار گیرد و به‌طور جانبی نگه داشته شود (اشکال ۱-۴۲):

- هر میلگردی که در گوشه‌های عضو واقع شود.
- هر میلگرد غیر گوشه به صورت حداکثر یک در میان
- هر میلگرد که فاصله آزاد آن تا میلگرد نگهداری شده مجاور بیش‌تر از ۱۵۰ میلی‌متر باشد.



اشکال (۱-۴۲): موقعیت میلگردهای طولی در خاموت

شکل سمت راست در ستونها قابهای خمشی متوسط و ویژه ممنوع میباشد.



۹-۲۱-۶-۳ دورپیچ‌ها

۹-۲۱-۶-۳-۱ دورپیچ‌ها باید متشکل از میلگرد یا سیم پیوسته با فاصله‌های مساوی بوده، و فاصله‌ی آزاد آن‌ها از یک دیگر شرایط زیر را تامین نماید.

الف- حداقل ۱/۳۳ برابر اندازه‌ی بزرگ‌ترین سنگ دانه و ۲۵ میلی متر، هر کدام بزرگ‌تر است.

ب- حداکثر ۷۵ میلی متر.

۹-۲۰-۵-۳-۳-۳ آرماتورهای عرضی مورد نیاز در طول l_0 باید دارای قطر حداقل ۱۰ میلی متر بوده، و فواصل آن‌ها از یک دیگر در مواردی که به صورت دورپیچ به کار گرفته می‌شوند مطابق ضوابط فصل ۹-۱۲، و در مواردی که به صورت دورگیر به کار برده می‌شوند فاصله‌ی آن‌ها، s_0، باید برابر کم‌ترین از مقادیر (الف) تا (پ) در نظر گرفته شوند:

الف- برای فولادهای با مقاومت تسلیم ۴۲۰ مگاپاسکال و کم‌تر، ۸ برابر قطر کوچک‌ترین میلگرد طولی ستون، ولی نه بیش‌تر از ۲۰۰ میلی متر؛

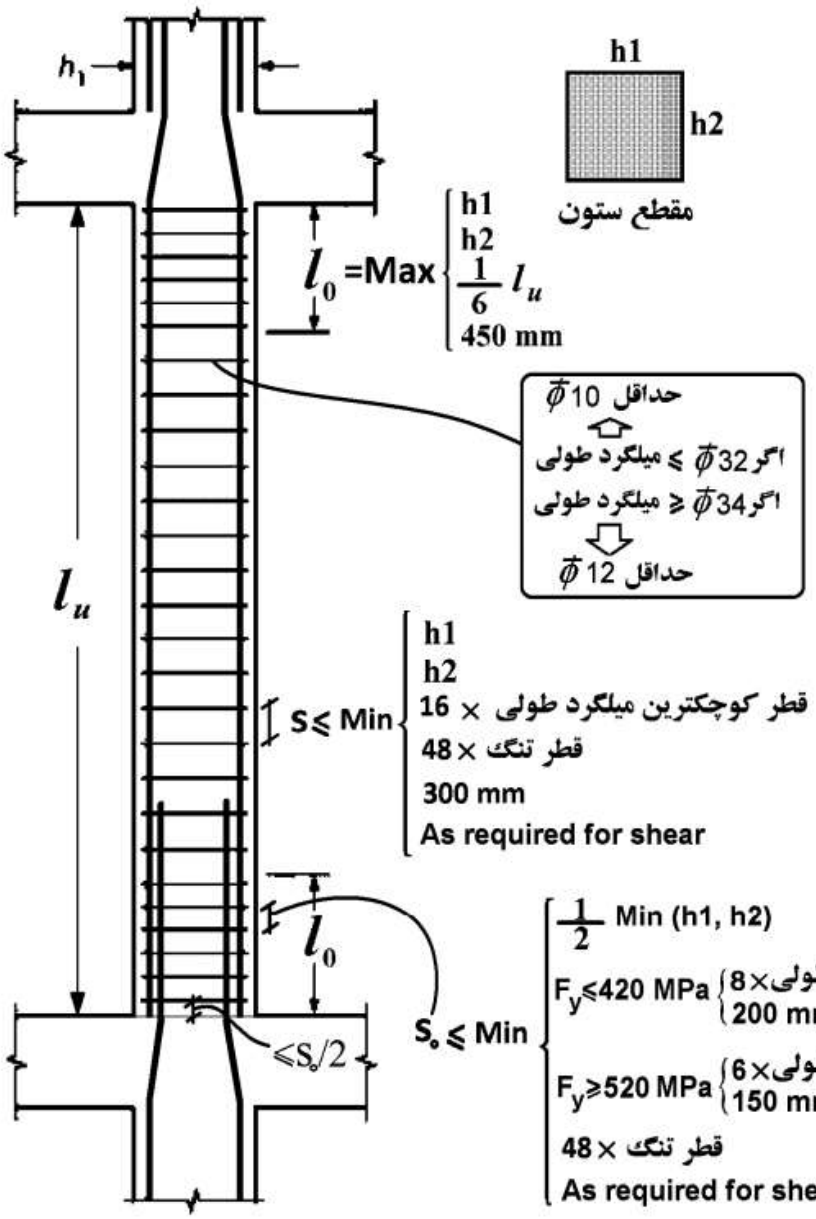
ب- برای فولادهای با مقاومت تسلیم ۵۲۰ مگاپاسکال و بیش‌تر، ۶ برابر قطر کوچک‌ترین میلگرد طولی، ولی نه بیش‌تر از ۱۵۰ میلی متر؛

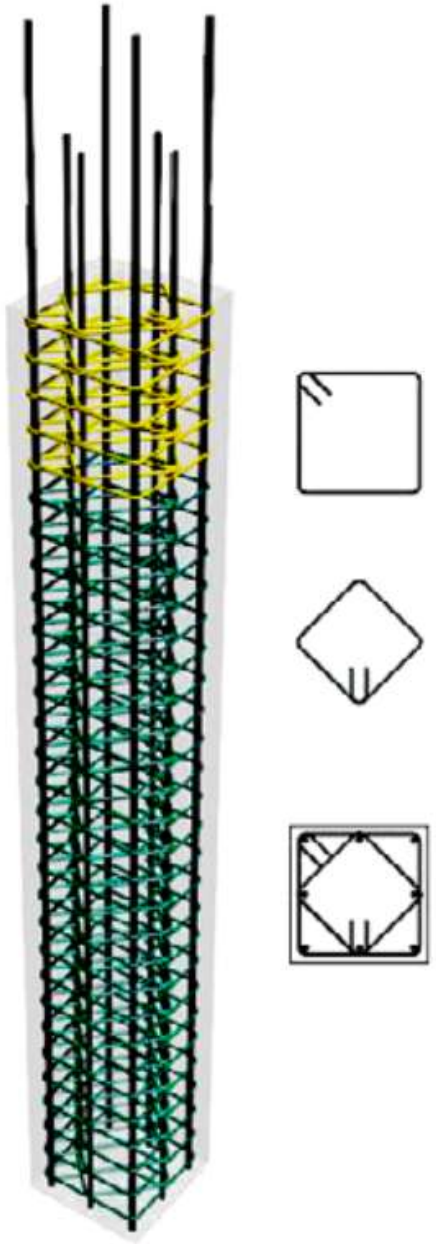
پ- نصف کوچک‌ترین بعد مقطع ستون.

هم‌چنین فاصله‌ی اولین دورگیر از بر اتصال، نباید بیش‌تر از نصف مقادیر فوق، $s_0/2$، در نظر گرفته شود.

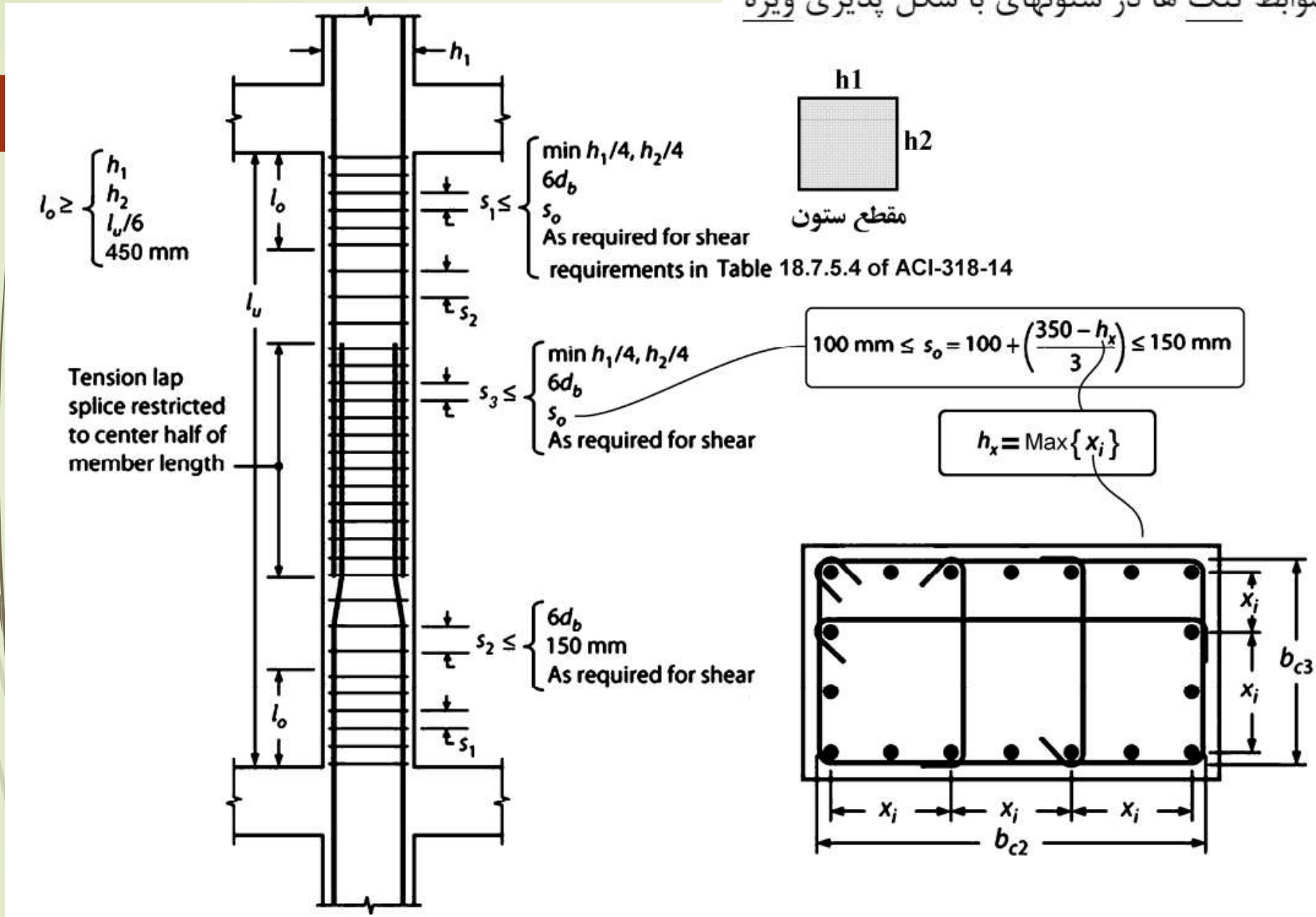
Activate

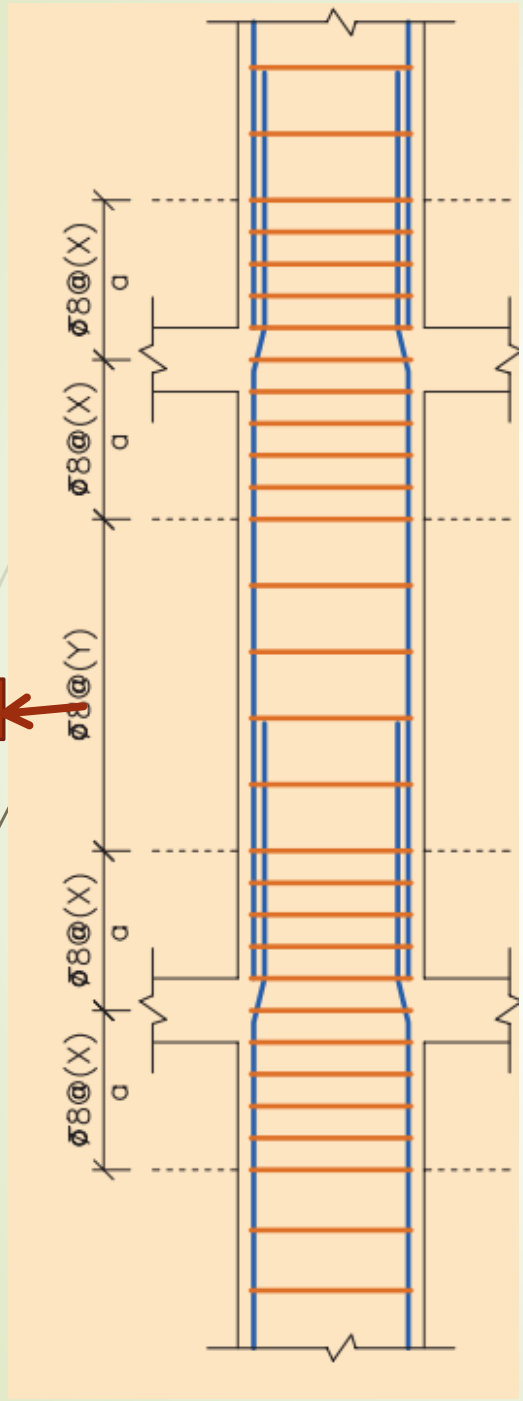
فواصل تنگ - ستونهای با شکل پذیری متوسط





ضوابط تنگ ها در ستونهای با شکل پذیری ویژه



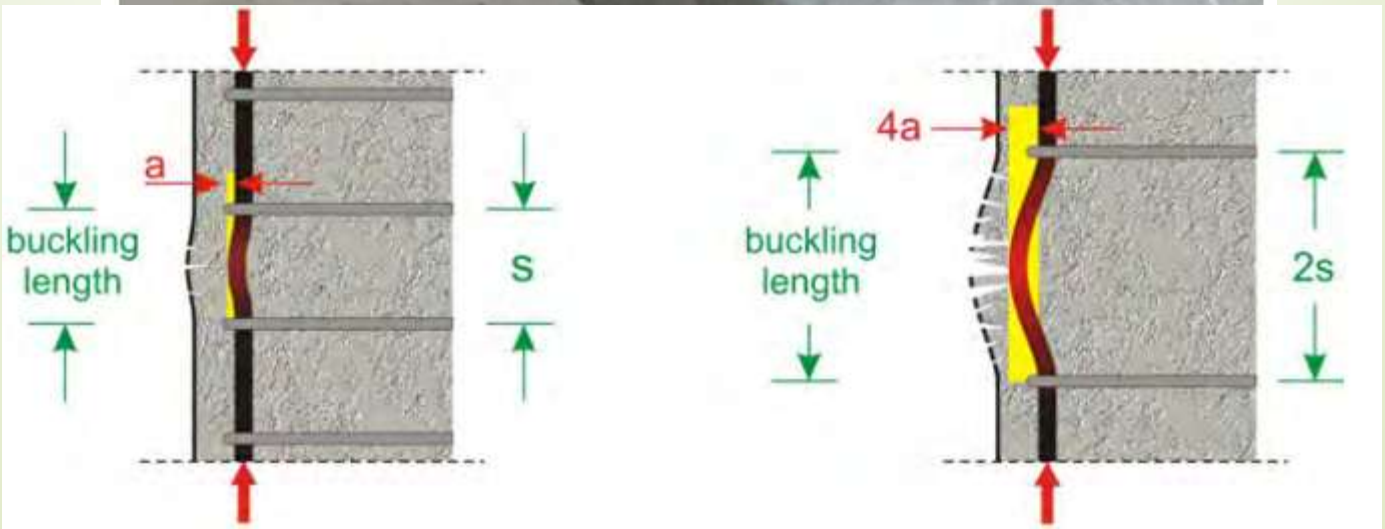


10

$a \leq$
- ارتفاع آزاد ستون / ۶
- ضلع بزرگتر ستون
- ۴۵ cm

$x \leq$
- ۸ برابر قطر کوچک‌ترین میلگرد
- ~~۲۴ برابر قطر خاموت‌ها~~
- نصف کوچک‌ترین ضلع مقطع ستون
- ~~۲۵ cm~~ ← 20 cm

$y \leq$
- x۲
- ۳۶ برابر قطر خاموت ها
- ۱۲ برابر قطر کوچک ترین میلگرد طولی ستون
- کوچک ترین ضلع مقطع ستون
- ۲۵ cm


a
buckling length
s
4a
buckling length
2s

۹-۲۱-۶-۱ خاموت‌ها

۹-۲۱-۶-۱-۱ خاموت‌ها باید تا جایی که محدودیت‌های پوشش میلگردها اجازه می‌دهند، تا نزدیکی وجوه کششی و فشاری عضو امتداد یافته و در دو انتها مهار شوند. در مواردی که از خاموت به عنوان آرماتور برشی استفاده می‌شود، خاموت باید به اندازه‌ی عمق موثر d از وجه فشاری ادامه یابد.

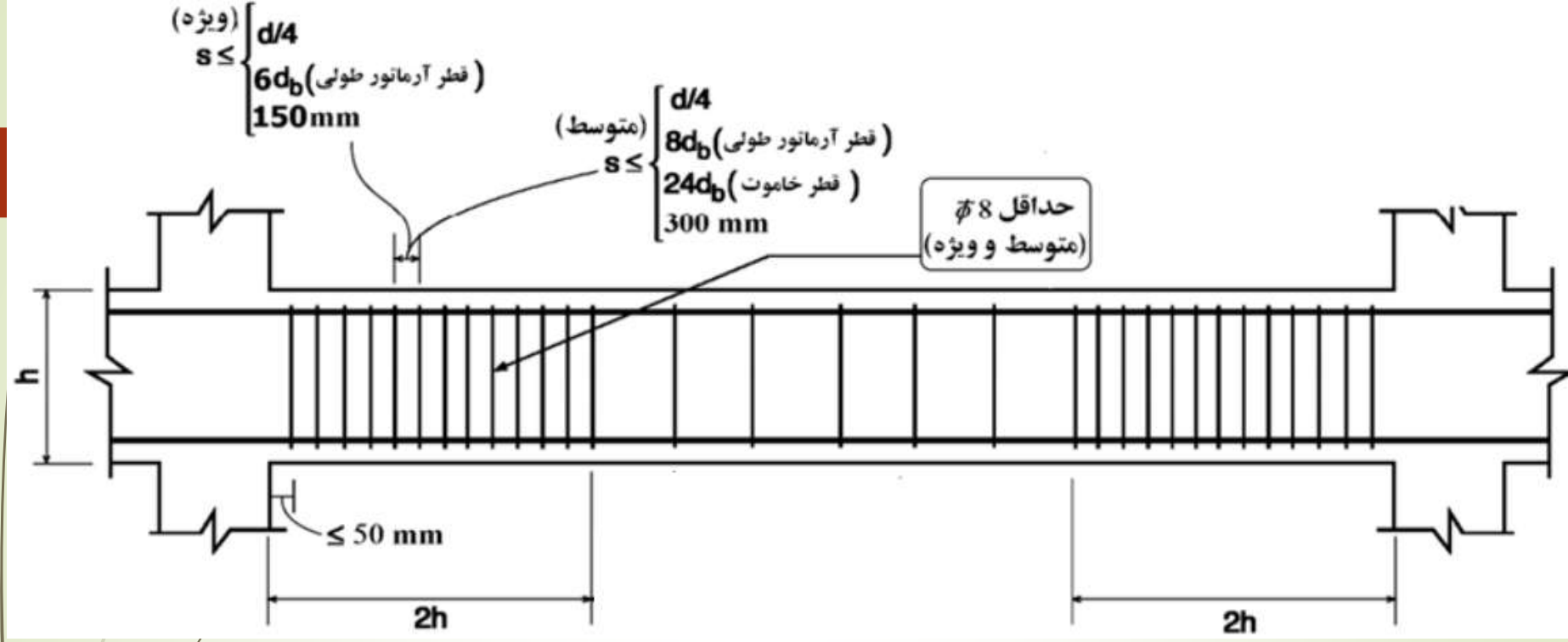
۹-۲۱-۶-۱-۲ بین انتهاهای مهار شده، هر خم در قسمت پیوسته‌ی خاموت U شکل منفرد یا چندتایی و هر خم در خاموت بسته، باید در بر گیرنده‌ی میلگرد طولی باشد.

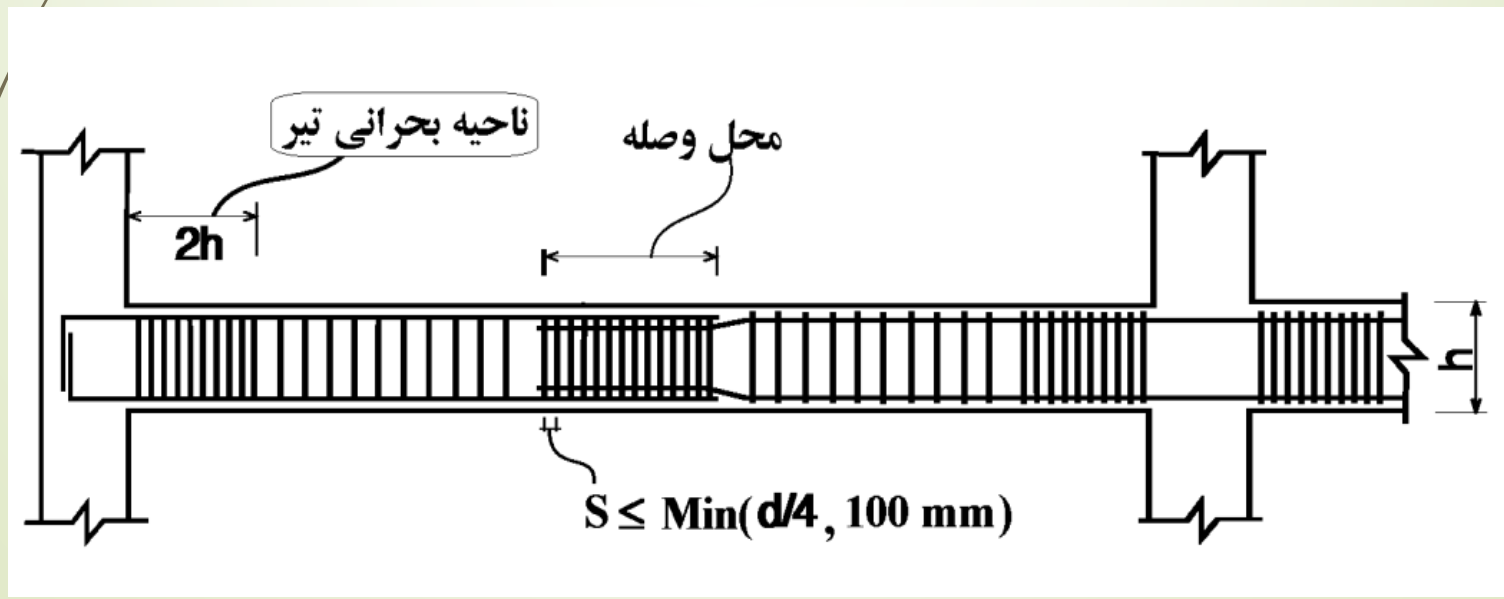
۹-۲۱-۶-۱-۳ مهار میلگرد و سیم آجدار در خاموت باید منطبق بر شرایط زیر باشد:

الف- در میلگردها یا سیم‌های با قطر کوچک‌تر یا مساوی ۱۶ میلی متر، و برای میلگردهای با قطر ۱۸ تا ۲۵ میلی متر با تنش تسلیم کم‌تر از ۲۸۰ مگاپاسکال، وجود قلاب استاندارد پیرامون میلگرد طولی.

ب- در میلگردهای به قطر ۱۸ تا ۲۵ میلی متر و تنش تسلیم بیش از ۲۸۰ مگاپاسکال، وجود قلاب استاندارد پیرامون میلگرد طولی به علاوه‌ی طول مدفون بین وسط ارتفاع مقطع و انتهای بیرونی قلاب بیش‌تر یا مساوی $\frac{0.17 f_y}{\lambda \sqrt{f_c}} d_b$.

پ- در تیرچه‌ها، برای میلگردها یا سیم‌های با قطر کوچک‌تر یا مساوی ۱۲ میلی متر، وجود قلاب استاندارد.


(ویژه) s ≤ d/4
6db (قطر آرماتور طولی)
150mm
(متوسط) s ≤ d/4
8db (قطر آرماتور طولی)
24db (قطر خاموت)
300 mm
حداقل 8 ⌀
(متوسط و ویژه)
h
≤ 50 mm
2h
2h


ناحیه بحرانی تیر
محل وصله
2h
h
S ≤ Min(d/4, 100 mm)

■ **در میلگرد گذاری ستون‌ها به نکات زیر توجه کنید (مبحث نهم از مقررات ملی ساختمان):**

- **حداقل تعداد میلگردهای طولی به شرح زیر است:**

الف) میلگرد داخل خاموت مدور یا مستطیلی، چهار عدد

ب) میلگرد داخل خاموت مثلثی، سه عدد

ج) میلگرد داخل خاموت مارپیچ، شش عدد

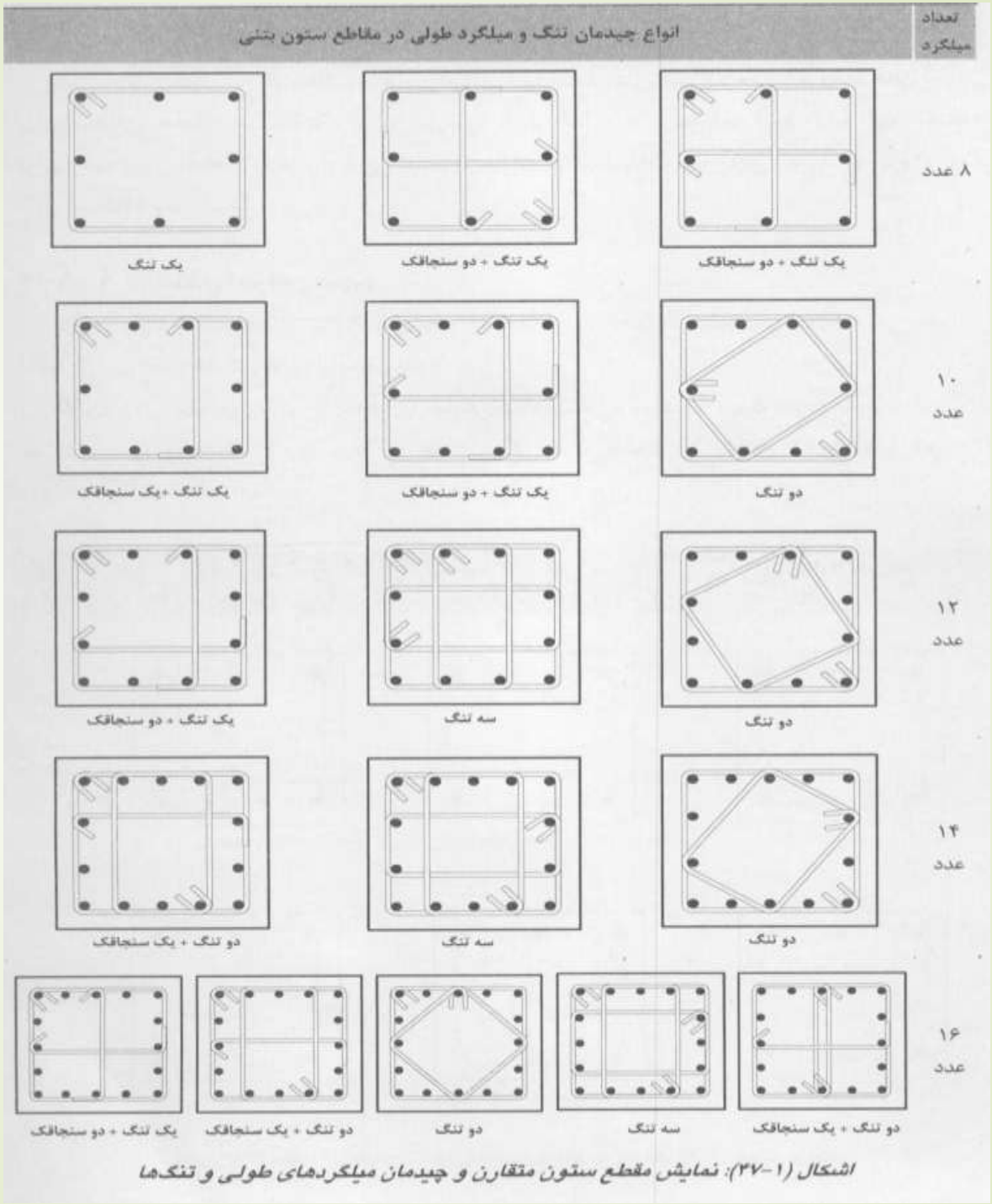
- مارپیچ باید از میلگرد پیوسته ساخته شود.
- در هر گام مارپیچ، فاصله آزاد بین میلگردها باید بین ۲/۵ تا ۷/۵ سانتی‌متر در نظر گرفته شود.
- قطر میلگردهای مصرفی در مارپیچ نباید از ۶ میلی‌متر کمتر باشد.
- گام مارپیچ نباید از $\frac{۱}{۶}$ قطر هسته بتنی داخل مارپیچ تجاوز نماید.

۱–۸ نقشه‌های اجرایی

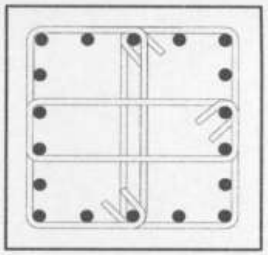
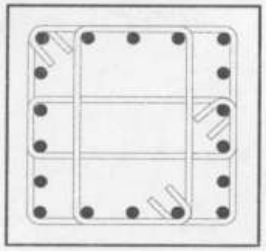
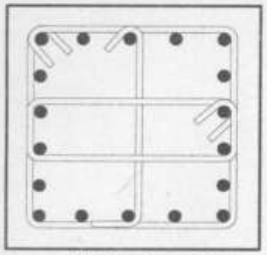
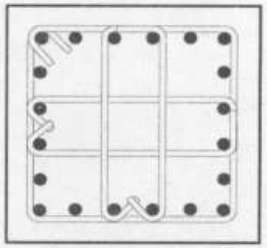
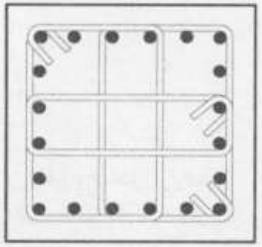
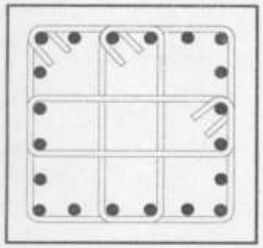
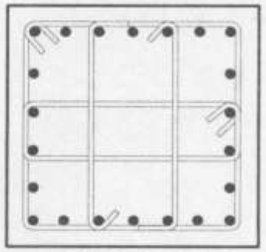
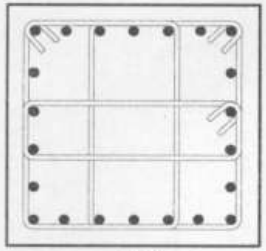
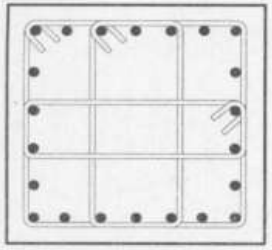
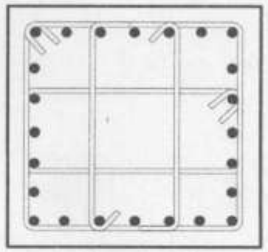
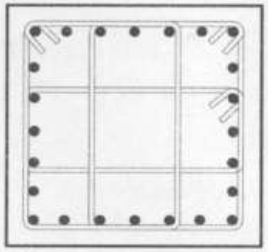
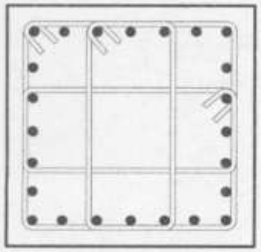
این بخش نگاهی بر نقشه‌های متداول اجرایی ساختمان‌های بتن‌آرمه دارد و نقشه‌های اجرایی برای اعضای مختلف به تفکیک مرور می‌شود. اندازه‌گذاری‌ها و مقادیر درج شده روی نقشه‌ها برای یک پروژه خاص بوده و واضح است جز با انجام محاسبات و طراحی اعضا، در پروژه دیگر قابل استفاده نمی‌باشد.

۱–۸–۱ نقشه‌های اجرایی ستون

برای نمایش مشخصات ستون بتن‌آرمه معمولاً از دو نحوه ترسیم زیر استفاده می‌شود. در ادامه از این نقشه‌ها، نمونه‌ای ارایه می‌شود.



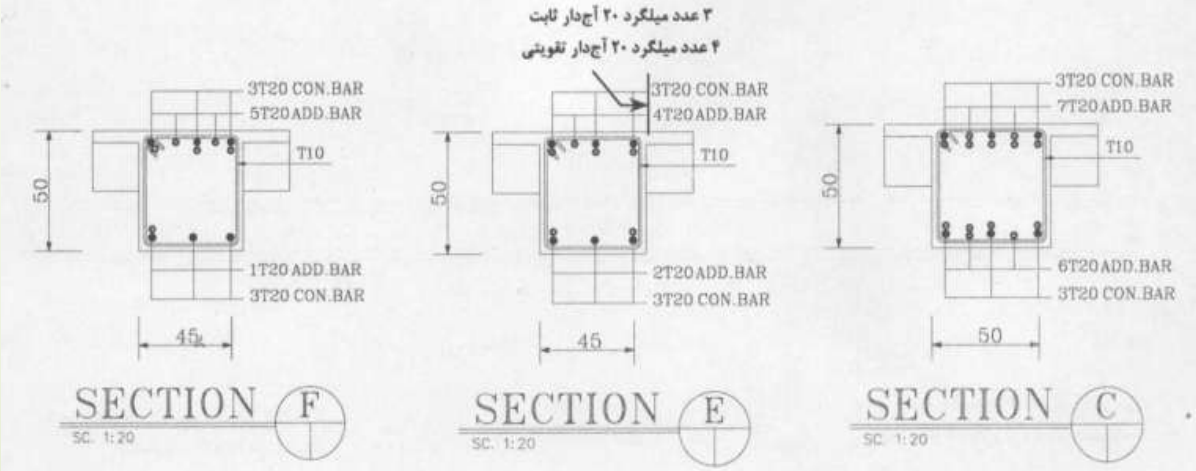
اشکال (۱-۳۷): نمایش مقطع ستون متقارن و چیدمان میلگردهای طولی و تنگ‌ها

تعداد میلگرد	انواع چیدمان تنگ و میلگرد طولی در مقاطع ستون بتنی		
۱۸ عدد	 سه تنگ	 سه تنگ	 دو تنگ + یک سنجاقک
۲۰ عدد	 یک تنگ + چهار سنجاقک	 سه تنگ	 سه تنگ
۲۲ عدد	 دو تنگ + دو سنجاقک	 سه تنگ	 سه تنگ
۲۴ عدد	 دو تنگ + دو سنجاقک	 سه تنگ	 سه تنگ

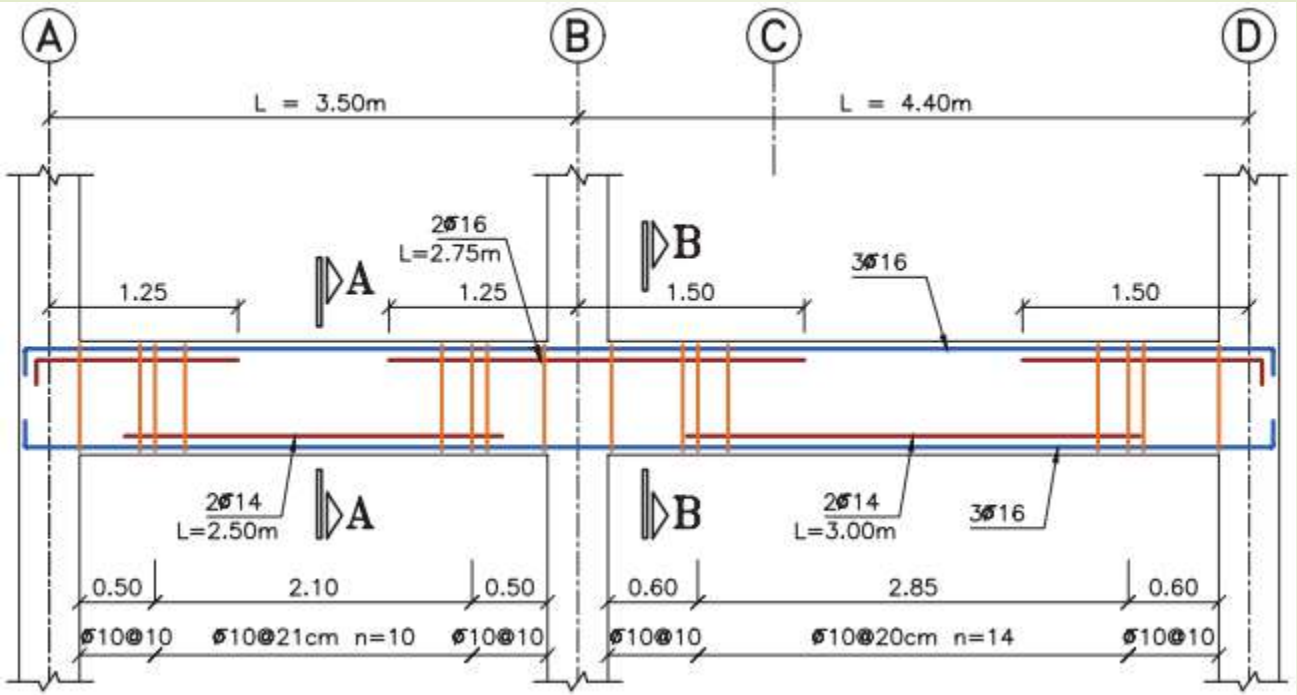
ادامه اشکال (۱-۴۷): نمایش مقطع ستون متقارن و چیدمان میلگردهای طولی و تنگ‌ها

۱-۸-۲ نقشه‌های اجرایی تیر

برای استفاده بهینه از سختی اتصال تیر به ستون، سیستم‌های قاب خمشی ابداع شد تا بدین صورت تمام یا بخشی از بارهای جانبی وارد بر ساختمان بر اساس ظرفیت خمشی قاب تحمل شود. تکیه اصلی این سیستم بر کیفیت و کمیت اتصالات تیر و ستون استوار است از این رو اهمیت اجرای دقیق این اتصالات بسیار زیاد است. امروزه بسیاری از این جزییات به‌علت عدم آگاهی به ماهیت یا روش اجرا، مهجور مانده است. برای ترسیم مشخصات تیر و اتصال تیر به ستون از نمایش برش عرضی و مقطع استفاده می‌شود. در هر کدام از این دو نما بخش‌های مهمی از جزییات اجرای مقطع به نمایش گذاشته می‌شود. برای مثال در برش طولی تیر، موقعیت میلگردهای طولی و تقویتی، تعداد تقویتی‌ها، فواصل خاموت‌ها و موقعیت تیر مشخص می‌شود. این درحالی است که در برش مقطع، ابعاد تیر، موقعیت میلگردها در ارتفاع و عرض مقطع و پوشش بتن نمایش داده می‌شود. در ادامه این بخش برخی نقشه‌ها و جزییات اجرایی این اعضا در قالب اشکال (۱-۴۹)، (۱-۵۰)، (۱-۵۱)، (۱-۵۲) و (۱-۵۳) ارایه می‌شود.

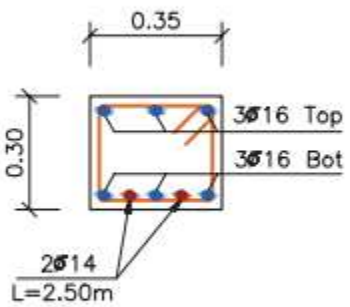


الف) برش مقطع از تیر برای نمایش جانمایی میلگردهای طولی و ابعاد تیر



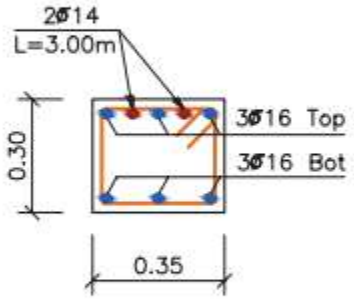
Beam Typ. B–1

Elev: 1.00
H Scale 1:50
V Scale 1:20



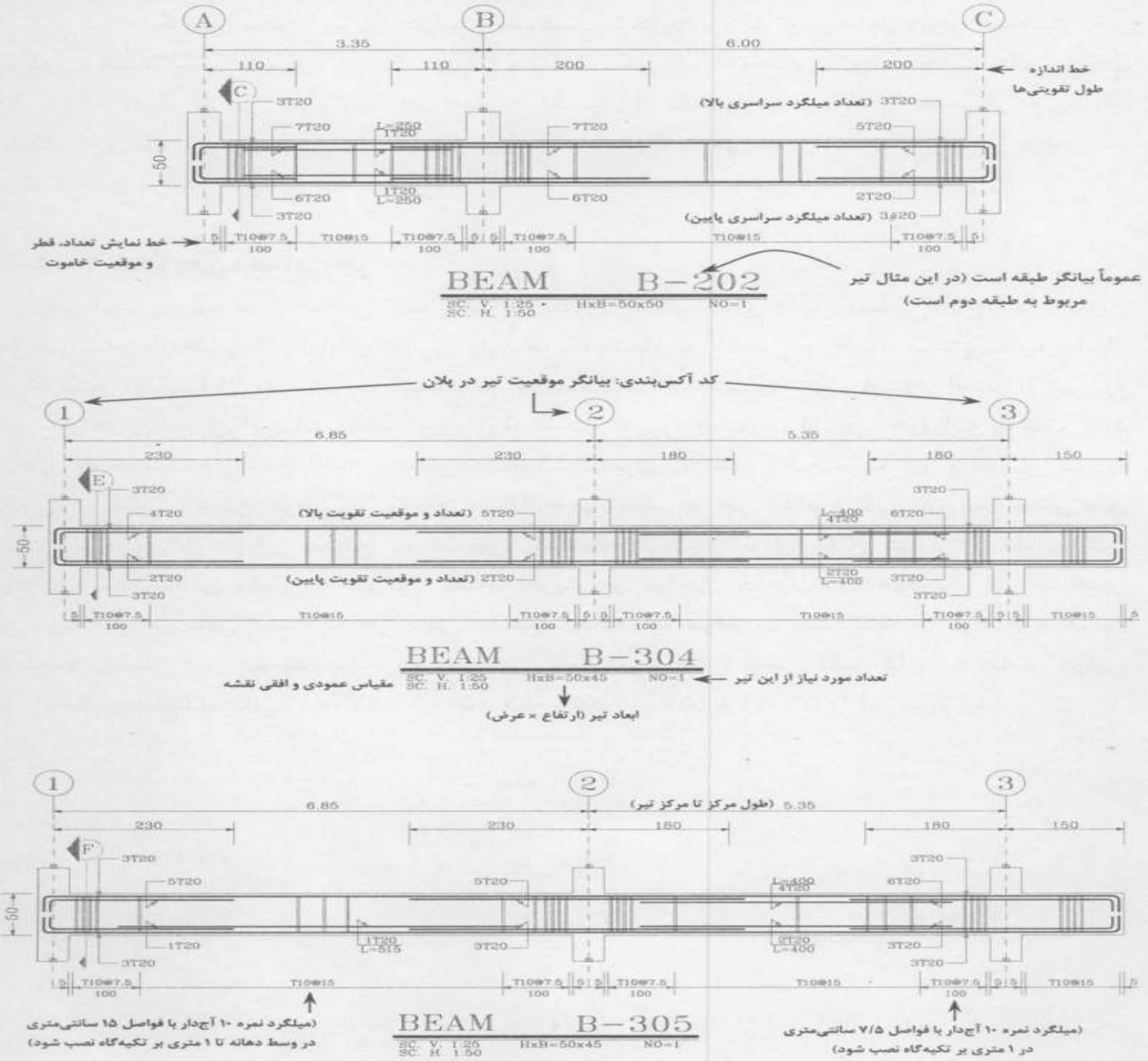
Section A–A

SC:1:20



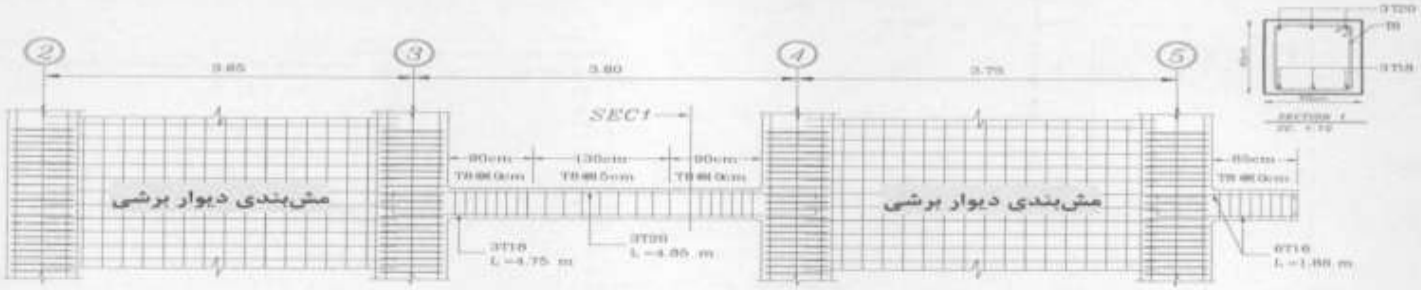
Section B–B

SC:1:20

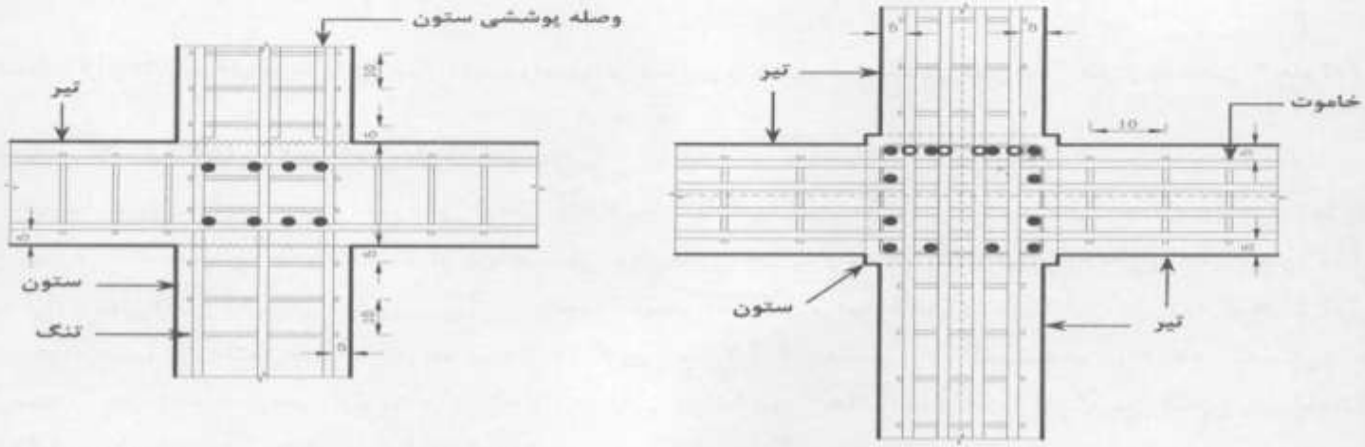


ب) برش طولی از تیرهای متداول قاب خمشی

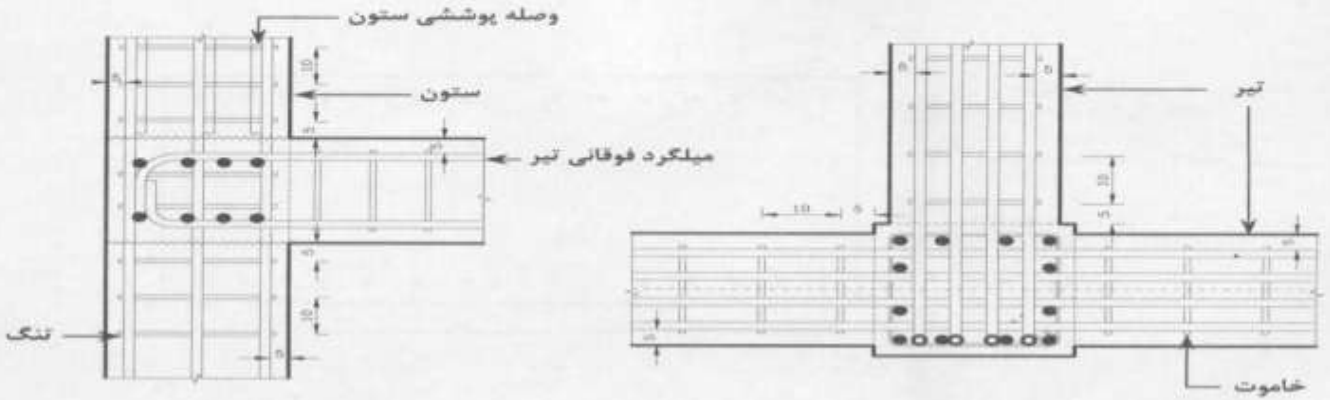
اشکال (۱-۳۹): نمایش میلگردگذاری (طولی – عرضی – تقویتی) و هندسی تیرهای متداول در سیستم قاب خمشی



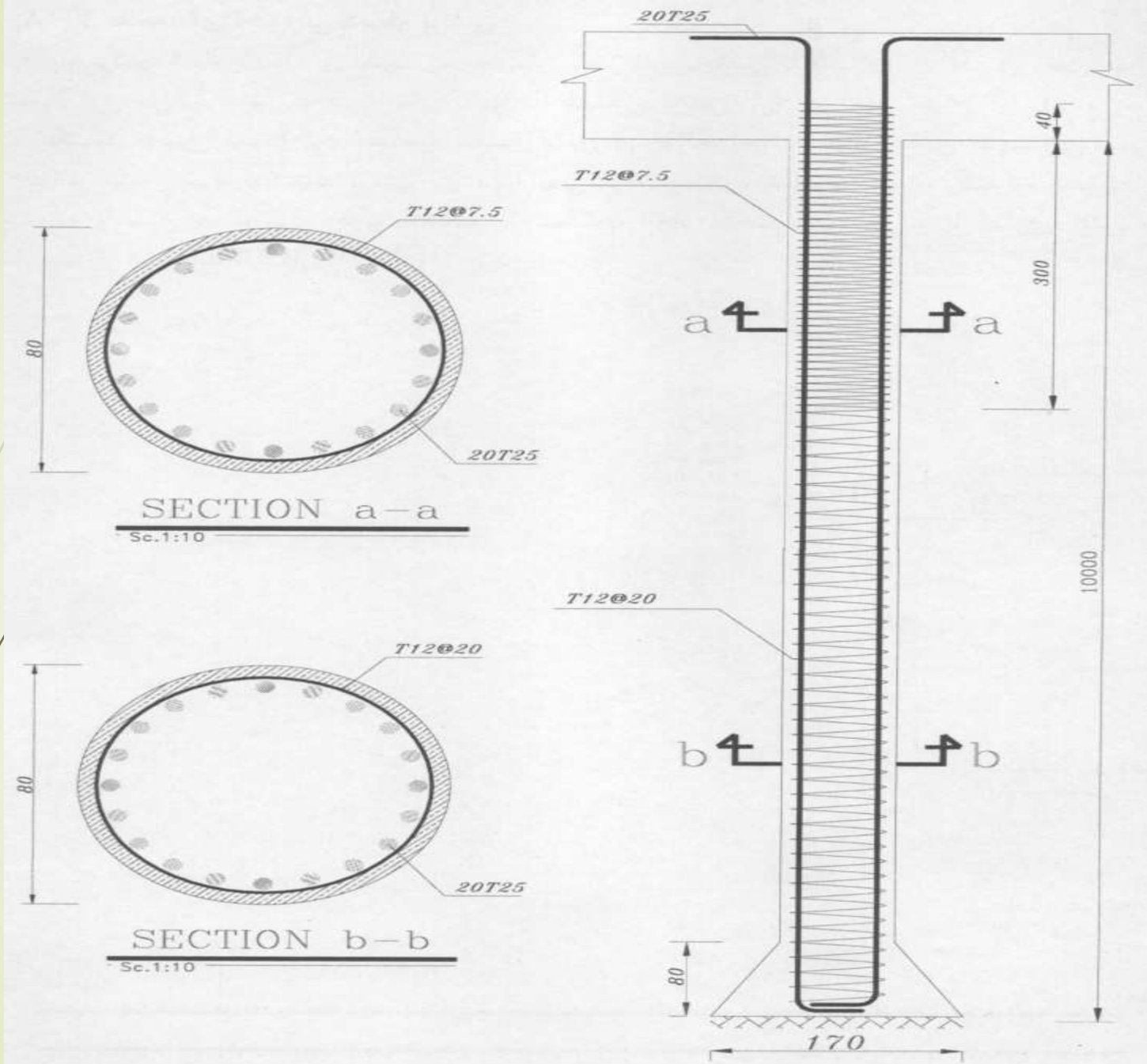
شکل (۱-۵۰): برش طولی تیر، برای نمایش جانمایی میلگردهای طولی، ابعاد تیر و موقعیت دیوار برشی



اشکال (۱-۵۱): نمای برش فوقانی (سمت راست) و جانبی (سمت چپ) اتصال تیر به ستون وسطی (۳ طرفه)

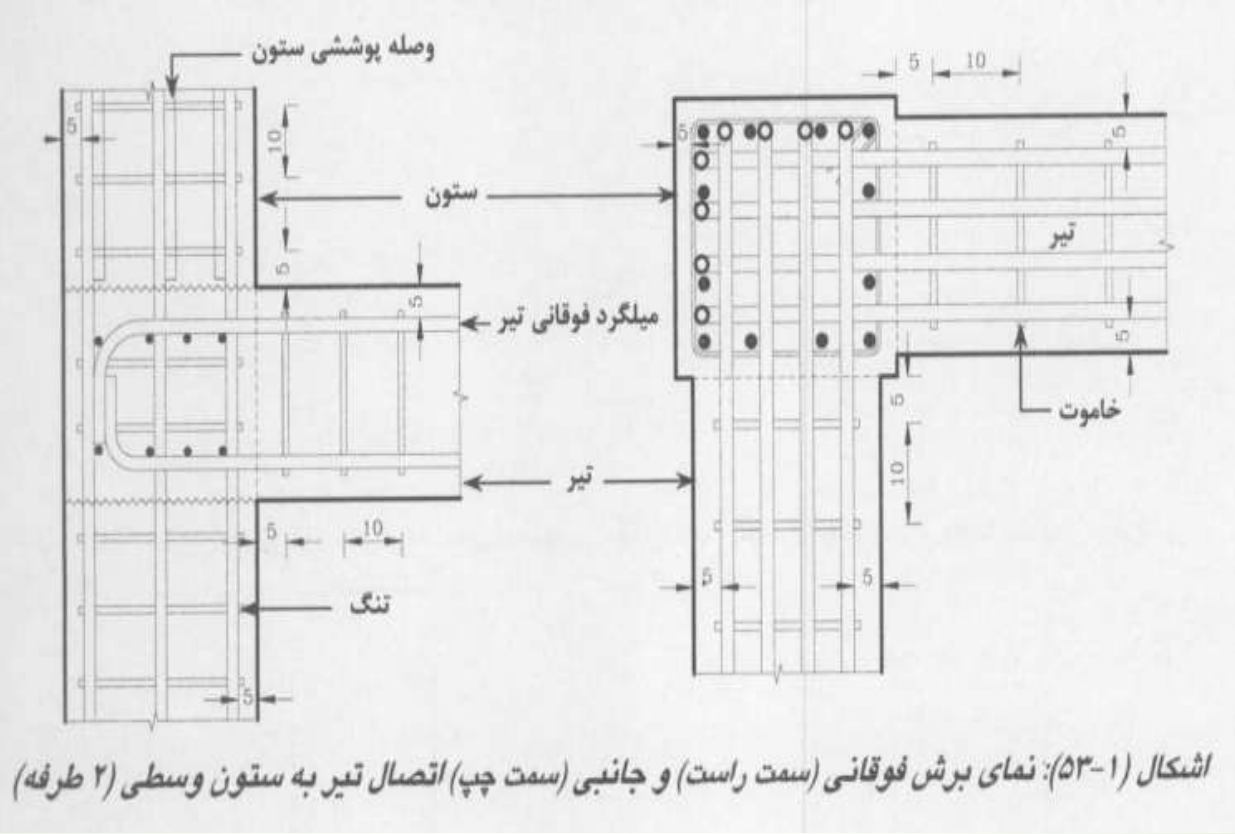


اشکال (۱-۵۲): نمای برش فوقانی (سمت راست) و جانبی (سمت چپ) اتصال تیر به ستون وسطی (۳ طرفه)



ب) آرایش میلگردگذاری شمع بتنی درجا

اشکال (۱-۵۷): آرایش میلگرد شمع‌های بتنی



اشکال (۱-۵۳): نمای برش فوقانی (سمت راست) و جانبی (سمت چپ) اتصال تیر به ستون وسطی (۲ طرفه)

۹-۲۰-۵-۴-۳ آرماتورهای طولی که در ناحیه‌ی اتصال تیر به ستون قطع می‌شوند، باید تا وجه دورتر هسته‌ی ناحیه‌ی اتصال ادامه داشته، و طول گیرایی آن‌ها برای کشش مطابق بند ۹-۲۰-۶-۵-۵، و برای فشار مطابق بند ۹-۲۱-۳-۸ محاسبه شود.

۹-۲۰-۶-۵-۵ طول گیرایی میلگردهای کششی

۹-۲۰-۶-۵-۵-۱ طول گیرایی میلگردها ، l_{dh}، که به قلاب استاندارد ختم شده‌اند، باید با استفاده از رابطه‌ی (۹-۲۰-۱۱) محاسبه شود؛ ولی نباید کم‌تر از ۸ برابر قطر میلگرد و ۱۵۰ میلی متر اختیار گردد.

$$l_{dh} = f_y d_b / \left(5.4\lambda\sqrt{f'_c}\right) \qquad (۹-۲۰-۱۱)$$

۹-۲۱-۳-۸ طول گیرایی میلگردهای آجدار و سیم‌های آجدار در فشار

۹-۲۱-۳-۸-۱ طول گیرایی میلگردهای آجدار و سیم‌های آجدار در فشار، l_{dc} نباید از هیچ یک از مقادیر زیر کم‌تر در نظر گرفته شود:

الف- $$l_{dc} = \max\{\frac{\psi_r}{\lambda}\frac{0.24 f_y}{\sqrt{f'_c}} d_b, 0.043 f_y \psi_r d_b\}$$

ب- ۲۰۰ میلی متر.

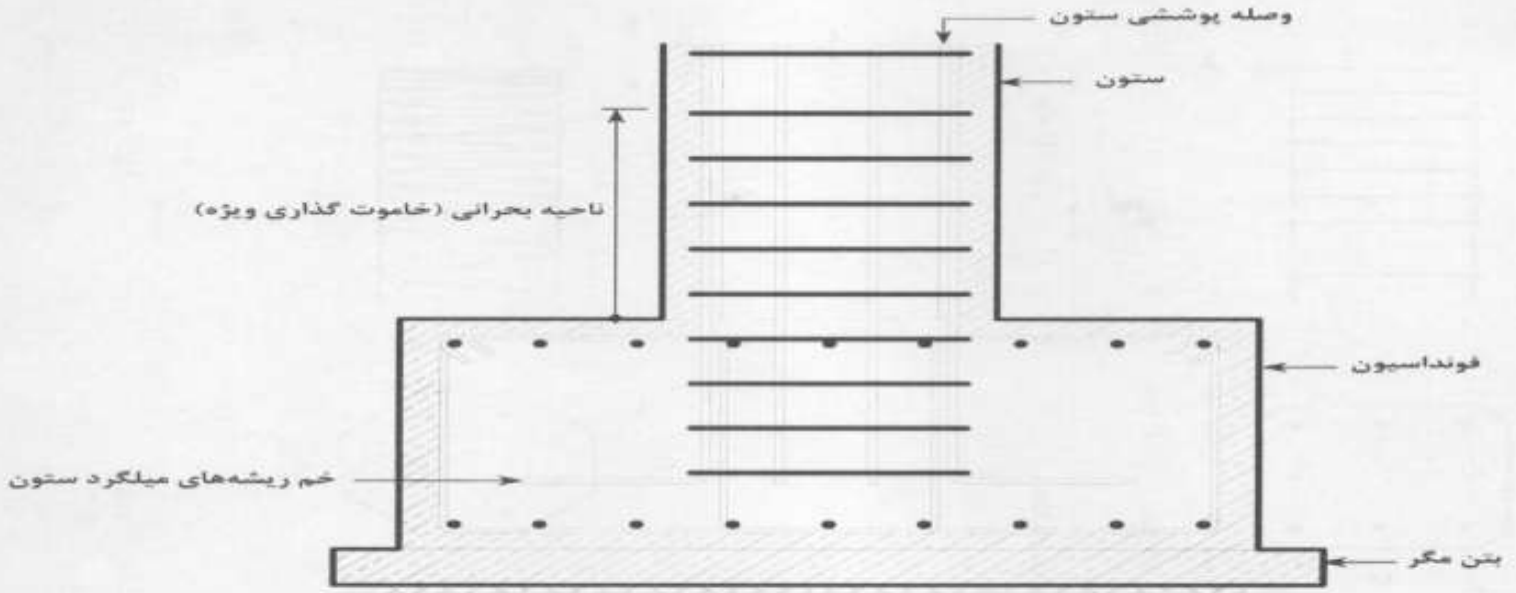
در این روابط ضریب محصور شدگی ψ_r، برای محصور شدگی توسط دورپیچ، تنگ دایروی پیوسته با قطر بیش از ۶ میلی متر و گام کم‌تر از ۱۰۰ میلی متر، تنگ سیمی به قطر بیش از ۱۲ میلی متر و فواصل کم‌تر از ۱۰۰ میلی متر و دورگیر طبق ضوابط بند ۹-۲۱-۶-۴ با فواصل کم‌تر از ۱۰۰ میلی متر، برابر با ۰/۷۵؛ و برای سایر حالات برابر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

وضعیت نامناسب اتصال تیر به ستون

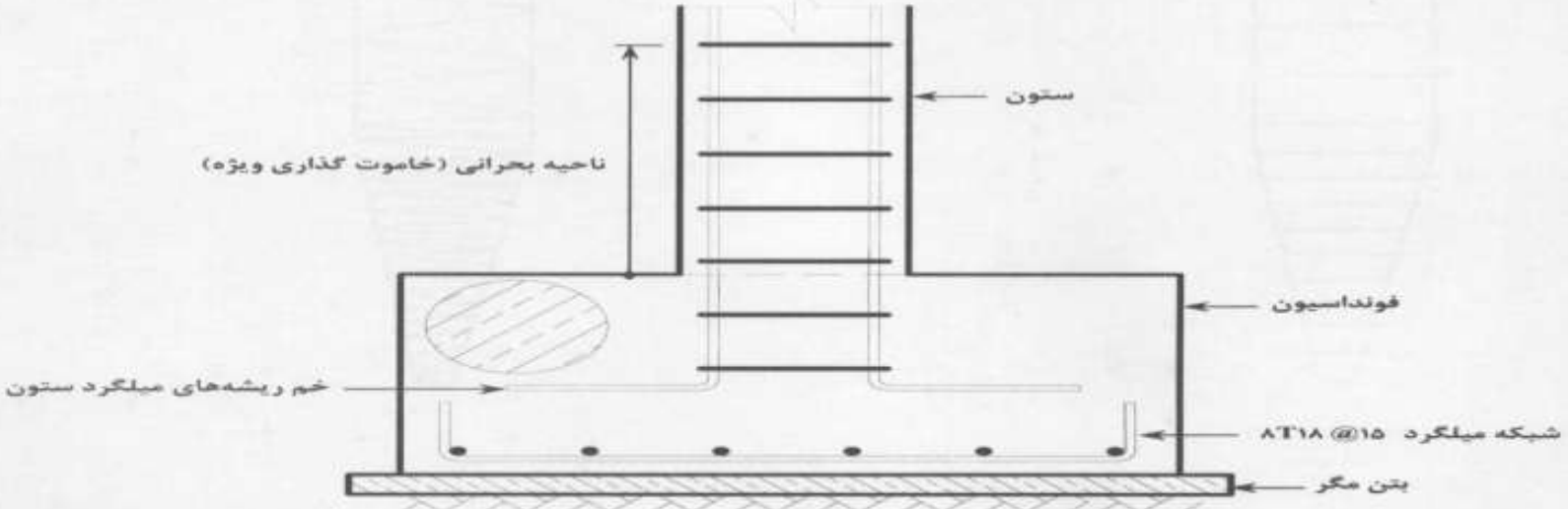
(خروج از محوریت و عدم خاموت گذاری در محل تقاطع تیر به ستون)

- ✓ خاموت ها و سنجاقی ستون در محل صحیح اجرا شوند.
- ✓ برخورد تیرها با ستون به صورت صحیح اجرا شوند.
- ✓ تنظیم فواصل خاموت تیرها در طول تیر و همچنین کاهش فواصل آنها در نواحی بحرانی مطابق با نقشه و بازبینی مجدد فواصل خاموت تیرها بعد از تیرچه گذاری سقف صورت گیرد.
- ✓ چیدمان و آرایش صحیح خاموت و سنجاقی ستون در کل ارتفاع ستون به ویژه در محل تقاطع تیر به ستون (مطابق بند ۹-۲۳-۳-۲-۲-۳و۴ از مبحث نهم مقررات ملی ساختمان - ویرایش سال ۱۳۹۲) صورت گیرد.
- ✓ مطابق نقشه سازه ، سنجاقی ستون و دیوارهای بتنی طوری اجرا شود که میلگرد طولی ستون یا دیوار را در برگیرند.

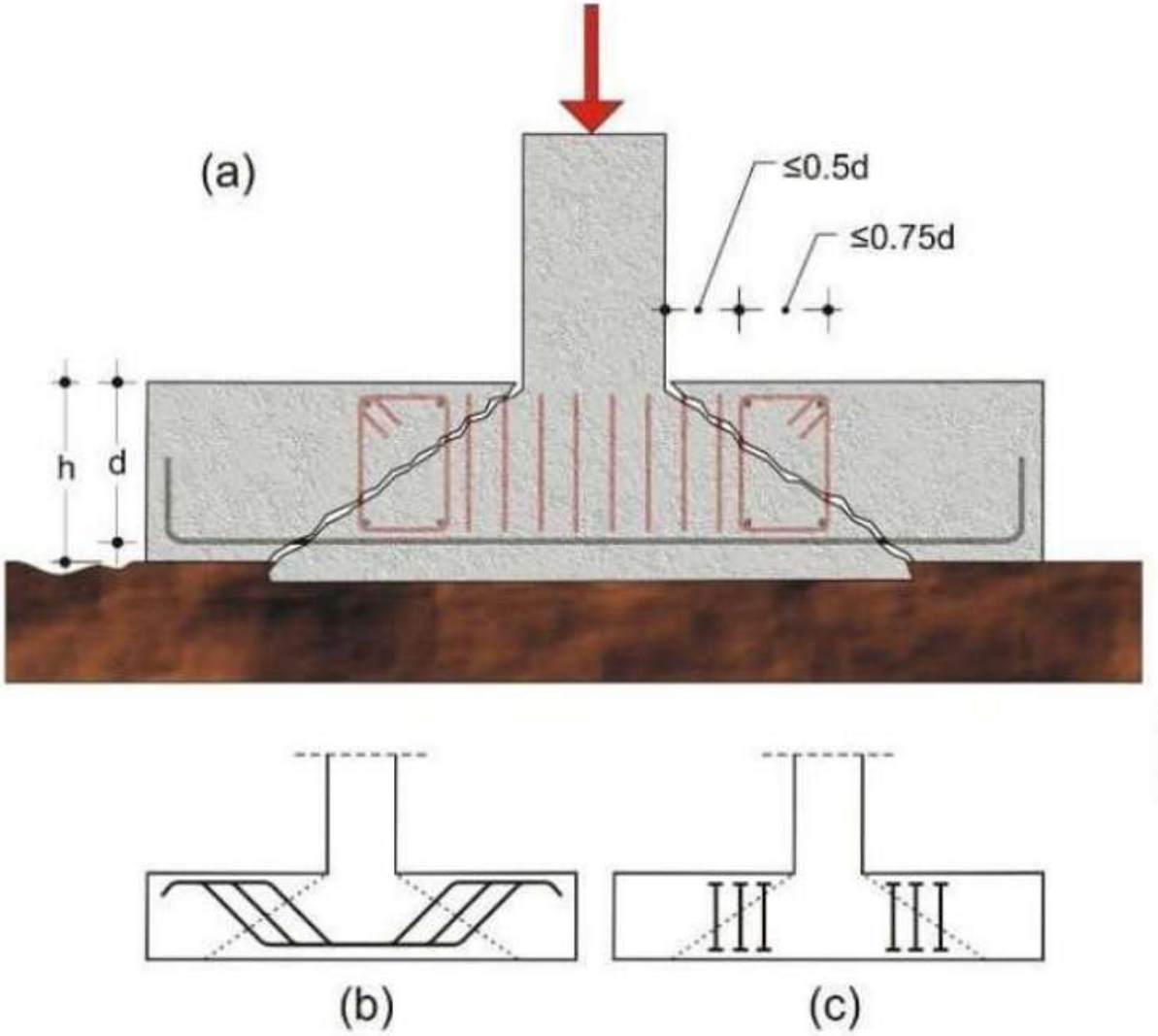
وضعیت نامناسب خاموت گذاری و عدم مهار آرماتور طولی توسط سنجاقی ها



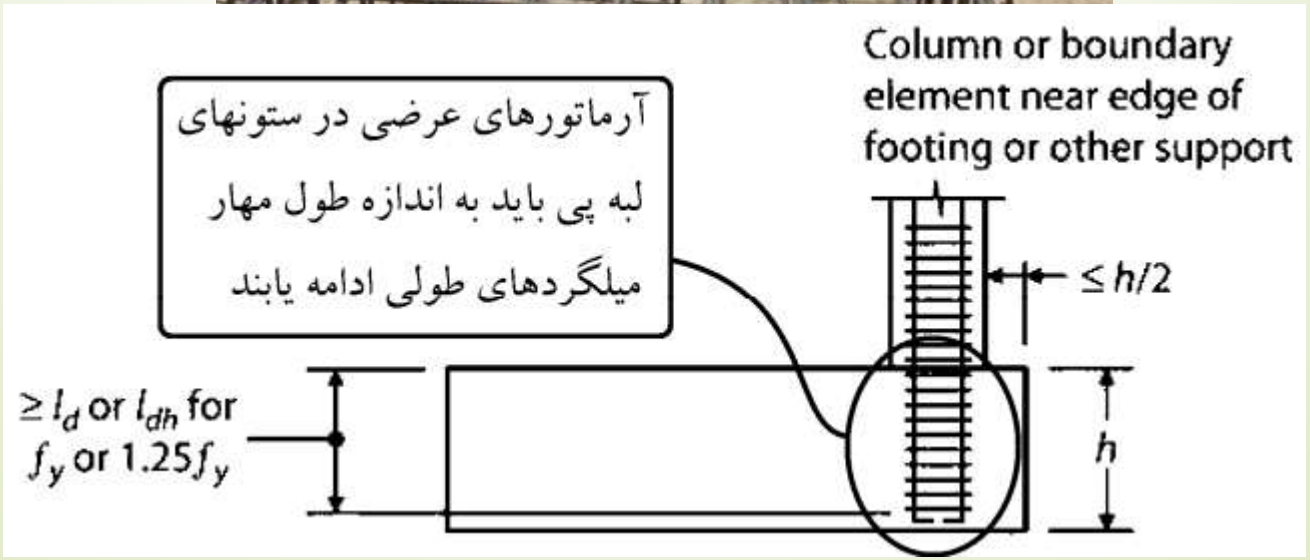
شکل (۱-۵۵): برش از مقطع محل اتصال ستون بتنی با فونداسیون



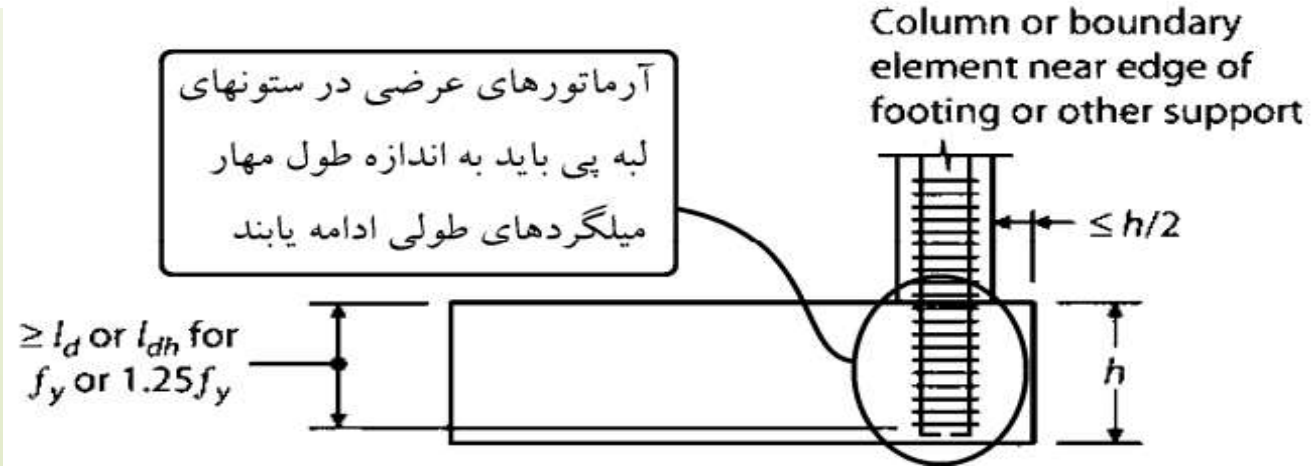
شکل (۱-۵۶): برش از مقطع محل اتصال ستون بتنی با فونداسیون تکی



۹-۲۰-۶-۳-۳-۹ در محل اتصال ستون به شالوده، لازم است آرماتورهای طولی ستون که به داخل شالوده ادامه می‌یابند، در طولی برابر با حداقل ۳۰۰ میلی متر با آرماتور گذاری عرضی ویژه مطابق بند ۹-۲۰-۶-۳-۳-۷ محصور شوند.


آرماتورهای عرضی در ستونهای
لبه پی باید به اندازه طول مهار
میلگردهای طولی ادامه یابند
Column or boundary
element near edge of
footing or other support
≤ h/2
≥ l_d or l_{dh} for
f_y or 1.25f_y
h

۹-۲۰-۹-۲-۳ در ستون‌هایی که برای اتصال گیردار (صلب) به شالوده طراحی شده‌اند، باید ضوابط بند ۹-۲۰-۹-۲-۲ رعایت شوند؛ و در صورت نیاز به مهاری قلاب‌دار، انتهای آرماتورهای طولی تعبیه شده برای تحمل خمش باید دارای قلاب‌های با خم ۹۰ درجه به طرف مرکز ستون در نزدیک قسمت تحتانی شالوده باشند.



۹-۲۳-۴-۳ دیوارهای سازه‌ای، دیافراگم‌ها و خرپاها

۹-۲۳-۴-۳-۱ محدودیت‌های هندسی

۹-۲۳-۴-۳-۱-۱ در دیوارهای سازه‌ای محدودیت‌های هندسی (الف) و (ب) این بند باید مورد توجه قرار گیرند:

الف- ضخامت دیوار نباید کمتر از ۱۵۰ میلیمتر اختیار شود.

ب- در دیوارهایی که در آنها اجزای مرزی مطابق بند ۹-۲۳-۴-۳-۳ به کار گرفته می‌شود، عرض عضو مرزی نباید کمتر از ۳۰۰ میلی‌متر در نظر گرفته شود.

۹-۲۳-۴-۳-۱-۲ در دیوارهای سازه‌ای باید تا حد امکان از ایجاد بازشوهای با ابعاد بزرگ خودداری‌کرد. در مواردی که ایجاد این بازشوها اجتناب‌ناپذیر باشد باید موقعیت هندسی آنها را طوری در نظر گرفت که دیوار بتواند به صورت دیوارهای همبسته عمل نماید. در غیر این صورت باید با کمک تحلیل دقیق یا آزمایش‌های مناسب اثر وجود بازشو در عملکرد دیوار بررسی شود.

۹-۲۳-۴-۳-۱-۳ در دیافراگم‌هایی‌که بازشوهای با ابعاد بزرگ در آنها وجود دارد، شکل و موقعیت بازشو نباید روی سختی جانبی دیافراگم اثر تعیین‌کننده داشته باشد. رفتار دیافراگم‌ها در هر حالت باید با فرض‌های تحلیل در ارتباط با درجه صلبیت آنها مطابقت داشته باشد.

۹-۲۳-۴-۳-۱-۴ در طراحی دیوارهای با مقطع U و T عرض مؤثر بال، اندازه‌گیری شده از بر جان در هر سمت، که در محاسبات به کار برده می‌شود نباید بیشتر از مقادیر (الف) و (ب) این بند در نظر گرفته شود، مگر آنکه با تحلیل دقیق تر بتوان مقدار آن را تعیین کرد:

الف- نصف فاصله بین جان دیوار تا جان دیوار مجاور

ب- ده درصد ارتفاع کل دیوار

۹-۲۳-۴-۳-۲ آرماتورهای قائم و افقی

۹-۲۳-۴-۳-۲-۱ در دیوارهای سازه‌ای نسبت آرماتور در هیچ یک از دو امتداد قائم و افقی نباید کمتر از ۰/۲۵ درصد باشد، مگر آنکه نیروی برشی نهایی موجود در مقطع دیوار از $۰/۵A_{cv}v_c$ کمتر باشد. در این حالت برای حداقل میلگرد مورد نیاز در دیوار باید ضوابط بند ۹-۱۹-۴ رعایت شود.

۹-۲۳-۴-۳-۲-۲ نسبت میلگرد قائم در هیچ ناحیه از طول دیوار نباید از چهار درصد بیشتر باشد.

۹-۲۳-۴-۳-۲-۳ فاصله محور تا محور میلگردها از یکدیگر در هر دو امتداد قائم و افقی نباید بیشتر از ۳۵۰ میلیمتر اختیار شود.

در اجزای مرزی فاصله میلگردهای قائم نباید بیشتر از ۲۰۰ میلی‌متر در نظر گرفته شوند.

۹-۲۳-۴-۳-۲-۴ در دیوارهایی که نیروی برشی نهایی در مقطع آنها از $A_{cv}v_c$ بیشتر است، به کارگیری دو شبکه میلگرد الزامی است.

۹-۲۳-۴-۳-۳-۵ در دیوارهایی که دارای اجزای لبه‌ای هستند، میلگردهای افقی دیوار باید در ناحیه محصور شده اجزای لبه مهار شوند، به طوری که امکان بوجود آمدن تنش کششی در حد مقاومت تسلیم در آنها میسر گردد.

۹-۲۳-۴-۳-۳-۶ در دیوارهایی که دارای اجزای مرزی نیستند آرماتورهای افقی دیوار باید به قلاب استاندارد ختم شوند و میلگردهای قائم لبه‌های دیوار را دربر گیرند. درغیر این صورت میلگردهای قائم لبه دیوار باید به وسیله رکابی‌هایی که دارای قطر و فاصله مشابه میلگرد افقی هستند و به آنها وصله می‌شوند، نگهداری شوند. در مواردی که نیروی برشی نهایی در مقطع دیوار $۰/۵\ A_{cv}v_c$ کمتر است، رعایت ضوابط این بند الزامی نیست.

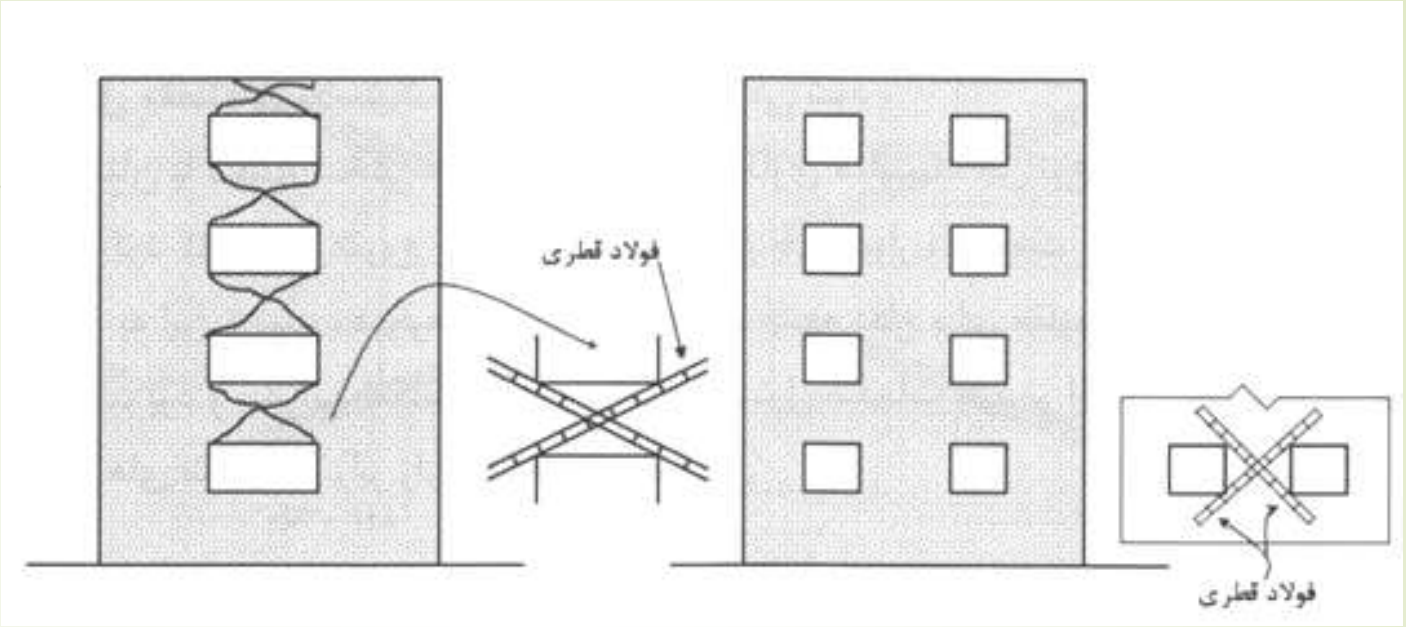
الف) پلان از مقطع دیوار برشی هم عرض با المان‌های مرزی

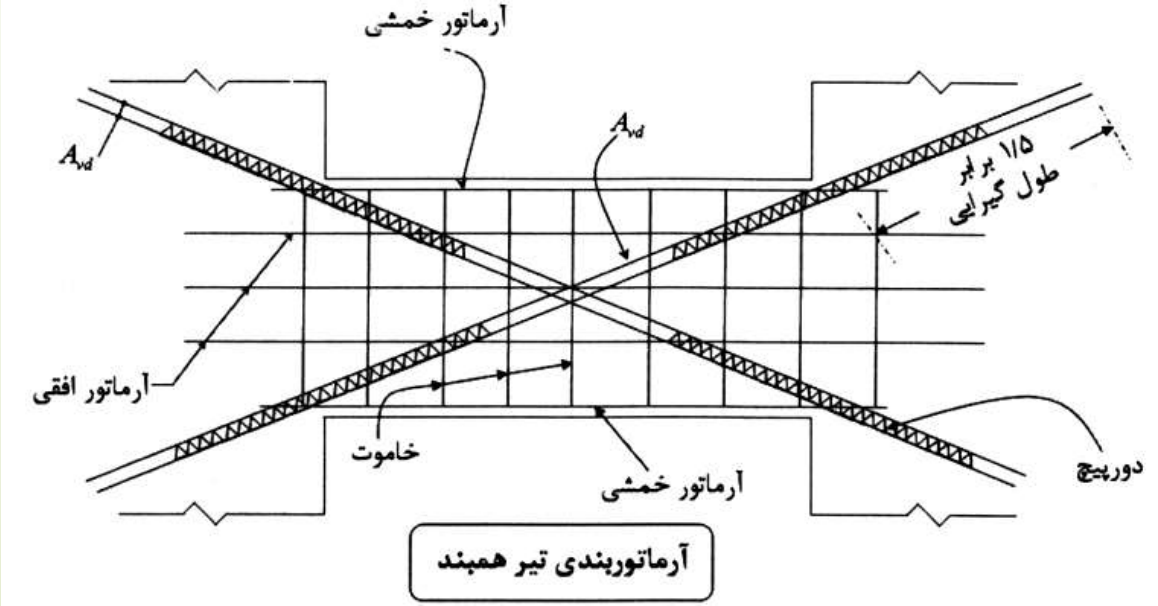
ب) پلان از مقطع دیوار برشی متصل به ستون بتنی طرفین

پ) پلان از مقطع دیوار برشی با عرض کم‌تر از المان مرزی

اشکال (۱-۵۹): انواع پلان‌های دیوار برشی و المان‌های مرزی

۹-۲۳-۴-۳-۴ تیرهای همبند در دیوارهای همبسته





آرماتوربندی تیر همبند

۹-۲۳-۴-۳-۴-۳ آرماتورهای قطری باید به وسیله میلگردهای عرضی به صورت دورپیچ یا تنگ با قطر حداقل ۸ میلی‌متر محصور شوند، حداکثر فاصله میلگردهای عرضی از یکدیگر برابر با کوچکترین سه مقدار (الف) تا (پ) این بند است:

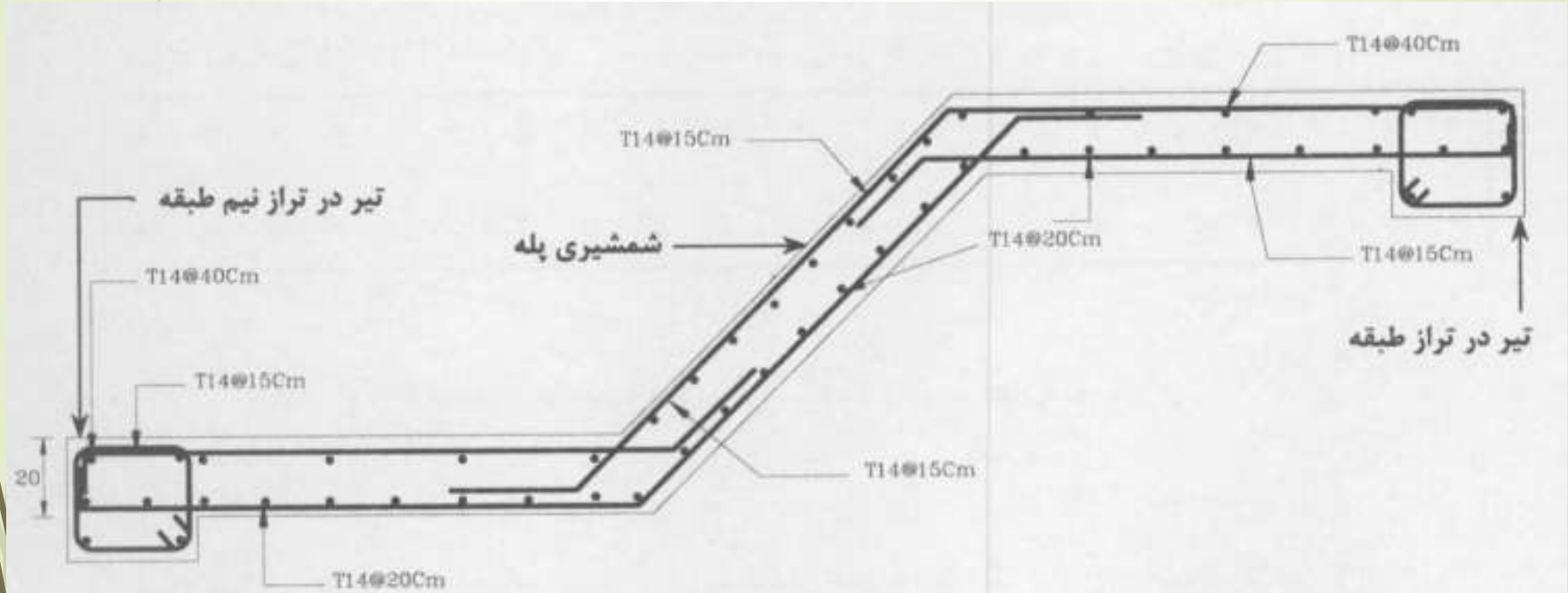
الف- ۸ برابر قطر کوچکترین میلگرد قطری

ب- ۲۴ برابر قطر تنگ‌ها یا دورپیچ‌ها

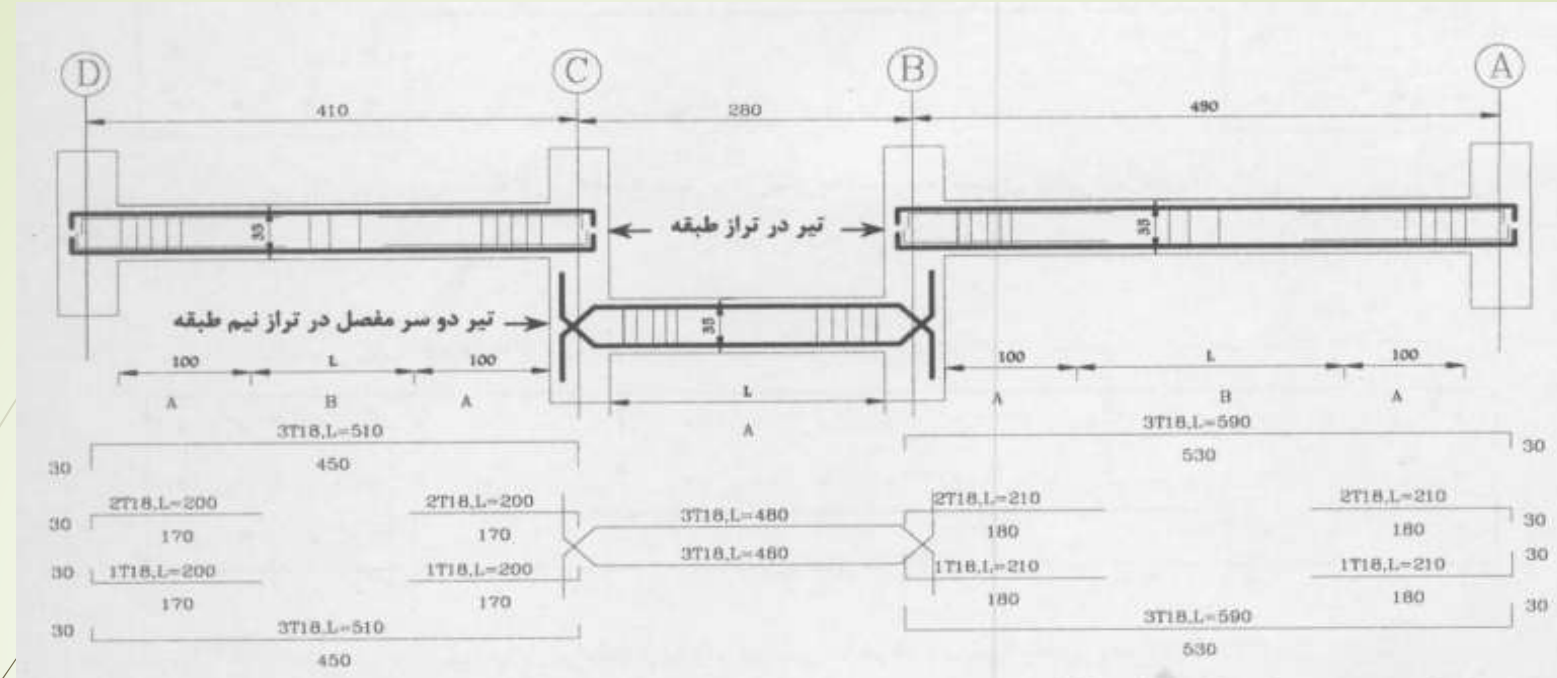
پ- ۱۲۵ میلیمتر

۱–۸–۵ نقشه‌های اجرایی پله

اجرای دال بتنی پله امروزه در اجرای ساختمان‌های بتنی متداول است. این اعضا به‌علت ایجاد ارتباط بین فضاها، از اهمیت زیادی خصوصاً در حوادث غیر مترقبه و تخلیه سریع ساکنین یک ساختمان برخوردار است. از نظر تئوریک تیرهای پله متصل به میان ستون‌ها در نیم طبقه، عموماً به‌صورت مفصلی تحلیل و طراحی می‌شود تا از انتقال لنگر به وسط ستون‌ها پرهیز و از ایجاد ستون کوتاه جلوگیری به‌عمل آید. اجرای اتصال مفصلی در تیرهای نیم طبقه دارای جزییات اجرایی متفاوتی است که در فصل ششم به آن پرداخته شده است. در ادامه این بخش متداول‌ترین روش اجرای پله‌های دال بتنی در اشکال (۱–۶۰)، (۱–۶۱) و (۱–۶۲) و (۱–۶۳) مورد بررسی قرار می‌گیرد.



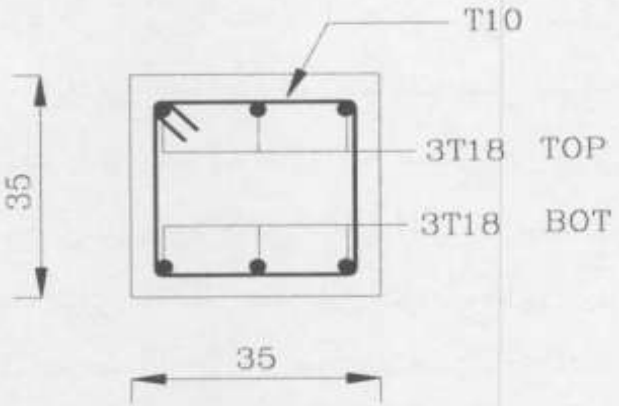
شکل (۱–۶۰): جزییات اتصال دال پله به تیرهای انتهایی



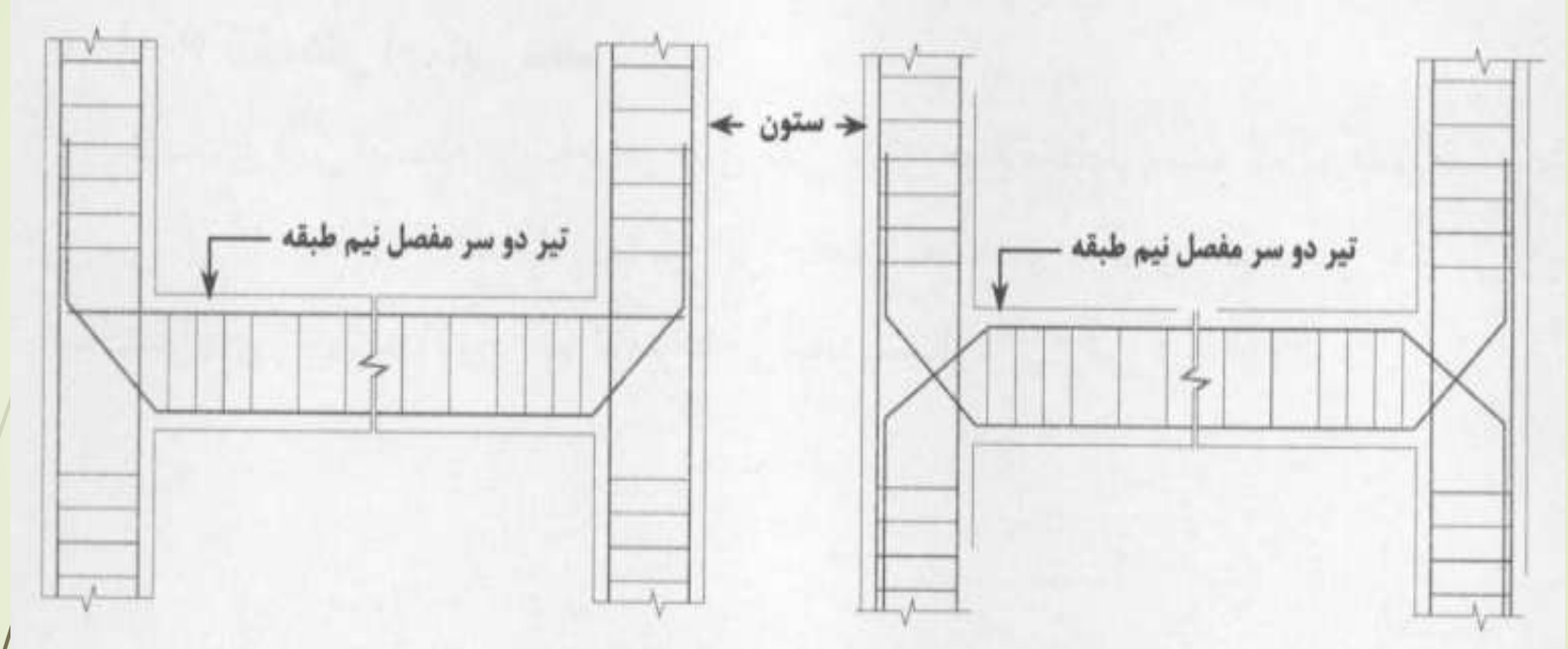
A: محدوده بحرانی و لزوم خاموت‌گذاری ویژه

B: محدوده عادی خاموت‌گذاری

الف) برش عرضی تیر قاب خمشی به همراه تیر میان‌طبقه دو سر مفصل



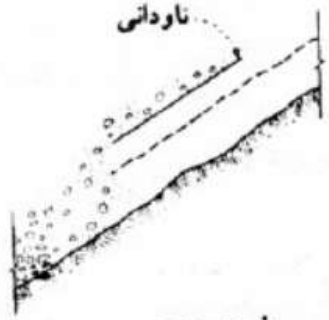
ب) برش از مقطع تیر قاب خمشی



پ) میلگردگذاری اتصال مفصلی تیر نیم طبقه به ستون

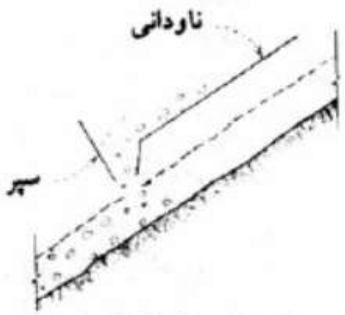
اشکال (۱-۶۱): جزییات اتصال تیر میان‌طبقه دو سر مفصل در قاب خمشی

اجرای آرماتوربندی دال راه پله به صورت شبکه تک لایه



غیرصحیح

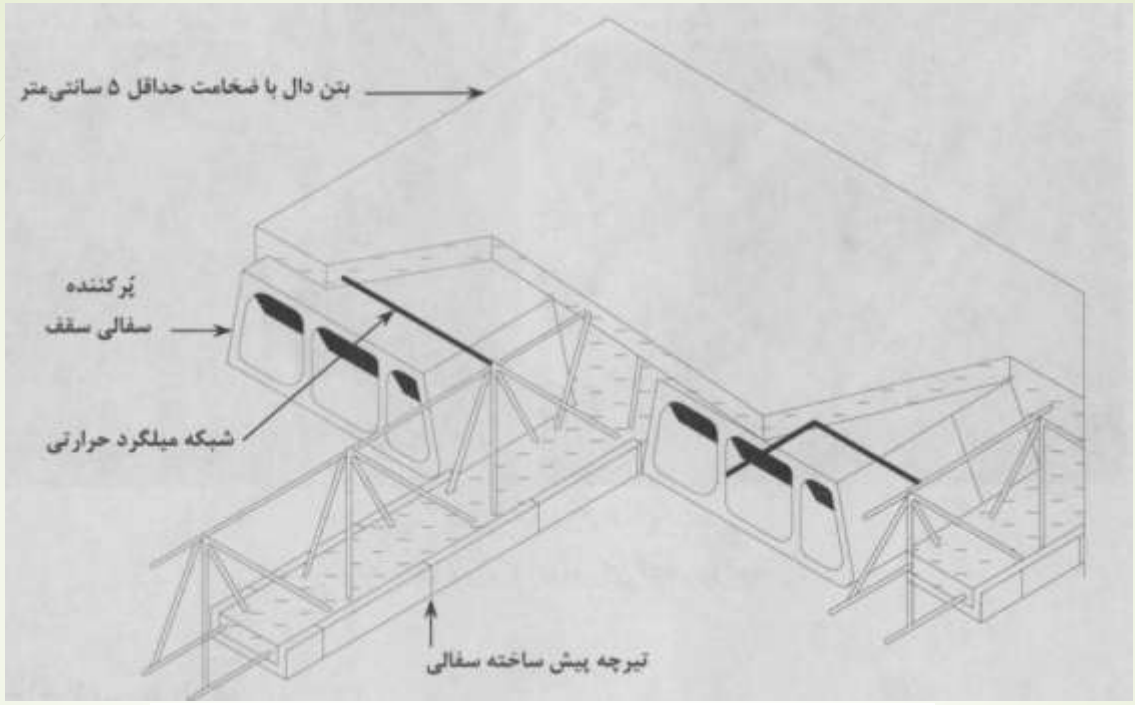
برای بتن‌ریزی یک سطح شیب‌دار تخلیه بتن از یک ناودانی با انتهای آزاد را نشان می‌دهد. سنگدانه‌های درشت جدا شده و به انتهای سطح شیب‌دار می‌رود.

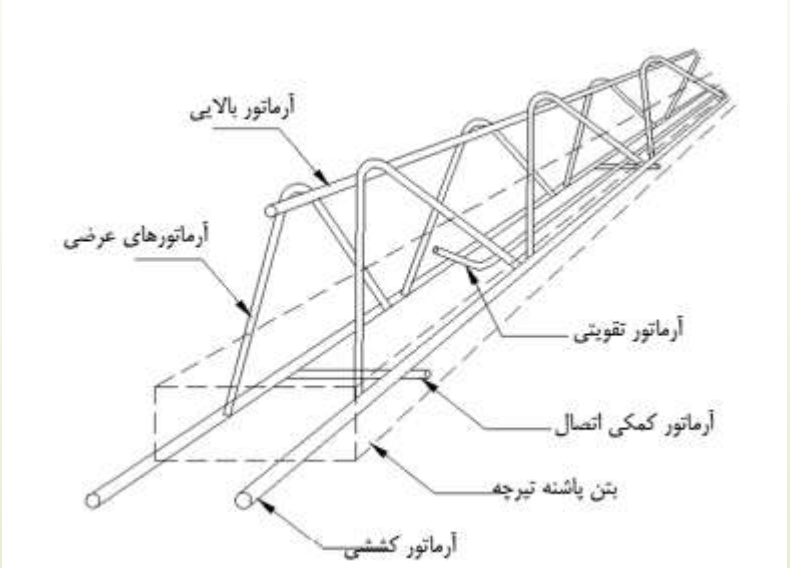


صحیح

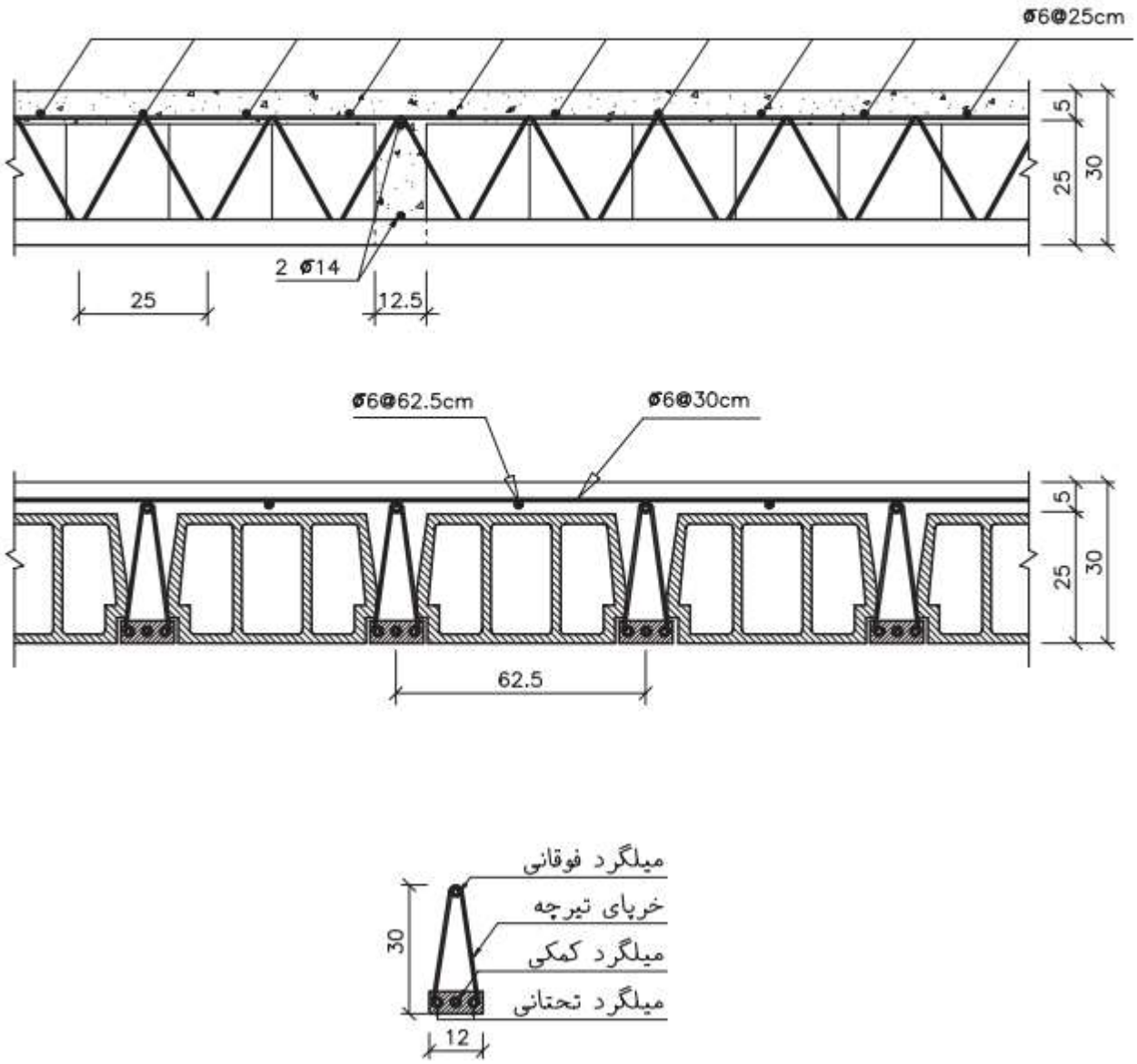
سپر و قسمت ریختن بتن را در انتهای ناودانی قرار دهید تا جداشدگی پیش نیامده و بتن روی شیب باقی بماند.

سقف تیرچه بلوک





با توجه به مطالب گفته شده، در تصویر زیر چند جزئیات اجرایی سقف تیرچه و بلوک آورده شده است.



۱- آرماتور کششی

در مرحله اول بارگذاری تیرچه، آرماتور زیرین خرپا به عنوان عضو کششی خرپای تیرچه، باید قادر به تحمل نیروی کششی (حاصل از لنگر خمشی) ناشی از وزن خود تیرچه در زمان حمل و نقل باشد. در مرحله دوم بارگذاری تیرچه نیز این عضو باید قادر به تحمل نیروی کششی (حاصل از لنگر خمشی) ناشی از وزن مرده سقف در فاصله محور تا محور تیرچه‌ها و بین دو تکیه‌گاه موقت (شمع‌بندی) باشد. در مرحله سوم بارگذاری تیرچه (مرحله بهره‌برداری)، آرماتور زیرین خرپا به عنوان عضو کششی تیر T شکل عمل می‌کند.

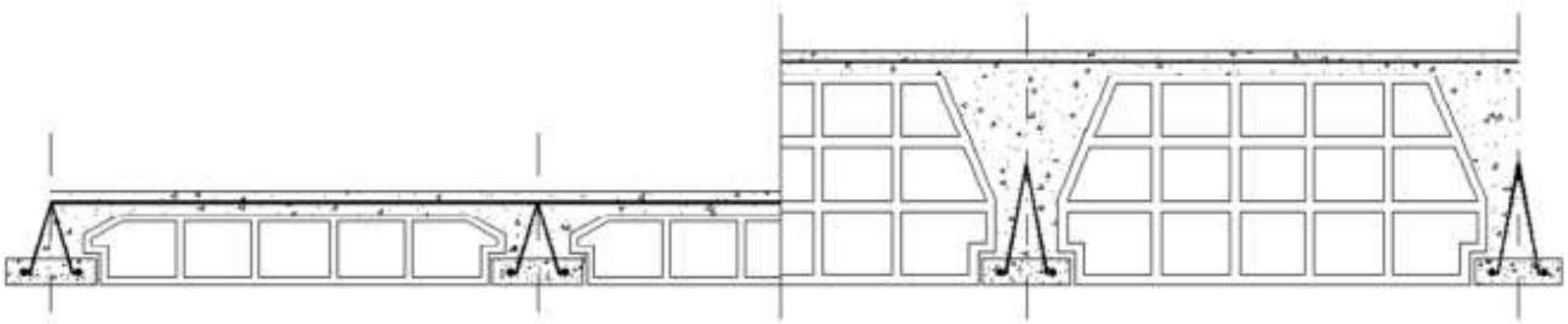
۲- آرماتورهای عرضی

در مرحله اول بارگذاری، آرماتورهای عرضی همانند عضو مورب خرپا عمل کرده و به کمک اعضای کششی زیرین و اعضای بالایی، ایستایی لازم را جهت تحمل وزن خود تیرچه به هنگام حمل و نقل تأمین می‌کنند. در مرحله دوم بارگذاری نیز، این آرماتورها ایستایی لازم را جهت تحمل وزن مرده سقف بین تکیه‌گاه‌های موقت (در هنگام اجرا) تأمین می‌نمایند. در مرحله سوم بارگذاری تیرچه‌ها، آرماتورهای عرضی پیوستگی لازم را بین آرماتور کششی خرپا و بتن پوششی (درجا) ایجاد می‌کنند. علاوه بر آن، قسمتی از نیروی برشی تیر T شکل نیز توسط آرماتورهای عرضی تحمل می‌شود.

۳- آرماتور بالایی

در مرحله اول و دوم بارگذاری، آرماتور تعبیه شده در قسمت بالای تیرچه، به عنوان عضو بالایی خرپا عمل کرده و به کمک دیگر اعضای خرپا، وزن تیرچه را به هنگام حمل و نقل و همچنین وزن مرده سقف را در فاصله بین دو تکیه‌گاه موقت به هنگام قالب‌بندی و بتن‌ریزی و قبل از حصول مقاومت بتن پوششی، تحمل می‌نماید.

در مرحله سوم بارگذاری تیرچه، اگر آرماتور بالایی در ضخامت بتن پوششی و بالاتر از سطوح بلوک‌ها قرار گیرد، در نقش آرماتور افت و حرارت (حرارت و جمع شدگی) مقطع مرکب سقف عمل می‌کند (شکل ۱-۹ – ب) و در صورتی که پایین‌تر از سطوح بلوک‌ها قرار گیرد، چنین نقشی را نخواهد داشت (شکل ۱-۹ – الف).



ب- عملکرد آرماتور بالایی به عنوان آرماتور افت و حرارت

الف- عدم احتساب آرماتور بالایی به عنوان آرماتور افت و حرارت

شکل ۱-۹- نقش آرماتور بالایی به عنوان آرماتور افت و حرارت

۲-۳-۲-۱-۳- آرماتور فوقانی

۱) آرماتور فوقانی باید از نوع آجدار باشد.

۲) قطر آن با توجه به نوع فولاد آرماتور، طول دهانه، فاصله تیرچه‌ها، ارتفاع خرپای تیرچه و ضخامت بتن پوششی و همچنین فواصل جوش‌های میلگرد عرضی، از ۶ میلی‌متر تا ۱۲ میلی‌متر متفاوت است. (جدول ۲-۲) به عنوان راهنمای تعیین حداقل قطر میلگرد بالایی تیرچه‌های غیرکارخانه‌ای توصیه می‌شود.

جدول ۲-۲- حداقل قطر میلگرد فوقانی

دهانه	قطر میلگرد بالایی
تا ۴ متر	۸ میلی‌متر
۴ متر تا ۵/۵ متر	۱۰ میلی‌متر
۵/۵ متر تا ۷ متر	۱۲ میلی‌متر

چنانچه تیرچه‌ها در کارخانه و با روش نقطه جوش (جوش مقاومتی) تولید شوند، مقادیر قطر میلگرد بالایی مندرج در (جدول ۲-۲) را می‌توان به میزان ۲ میلی‌متر کاهش داد.

۲-۳-۲-۶- ضوابط و محدودیت‌های کلاف میانی

۱) عملکرد کلاف میانی، جلوگیری از پیچش تیرچه‌ها (تیرهای T شکل) و همچنین توزیع یکنواخت بار روی سقف تیرچه و بلوک است. همچنین در محل‌هایی که بار منفرد وجود داشته باشد، کلاف میانی اجرا می‌شود.

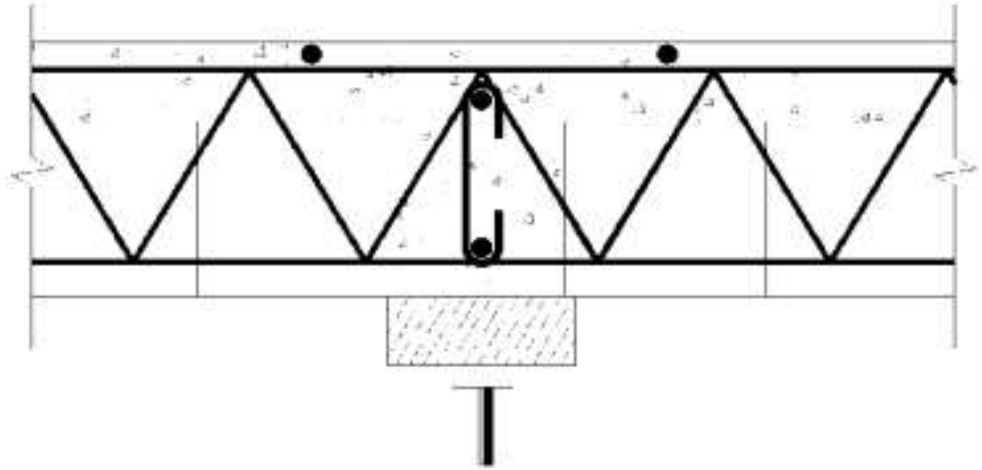
۲) جهت کلاف میانی عمود بر تیرچه‌ها می‌باشد. حداقل عرض کلاف میانی برابر عرض بتن پاشنه‌ی یک تیرچه و ارتفاع آن برابر ارتفاع سقف خواهد بود.

۳) میلگردهای کلاف میانی حداقل یک عدد در بالا و حداقل یک عدد در پایین آن تعبیه می‌شوند. این میلگردها آجدار و حداقل قطر آنها ۶ میلی‌متر خواهد بود.

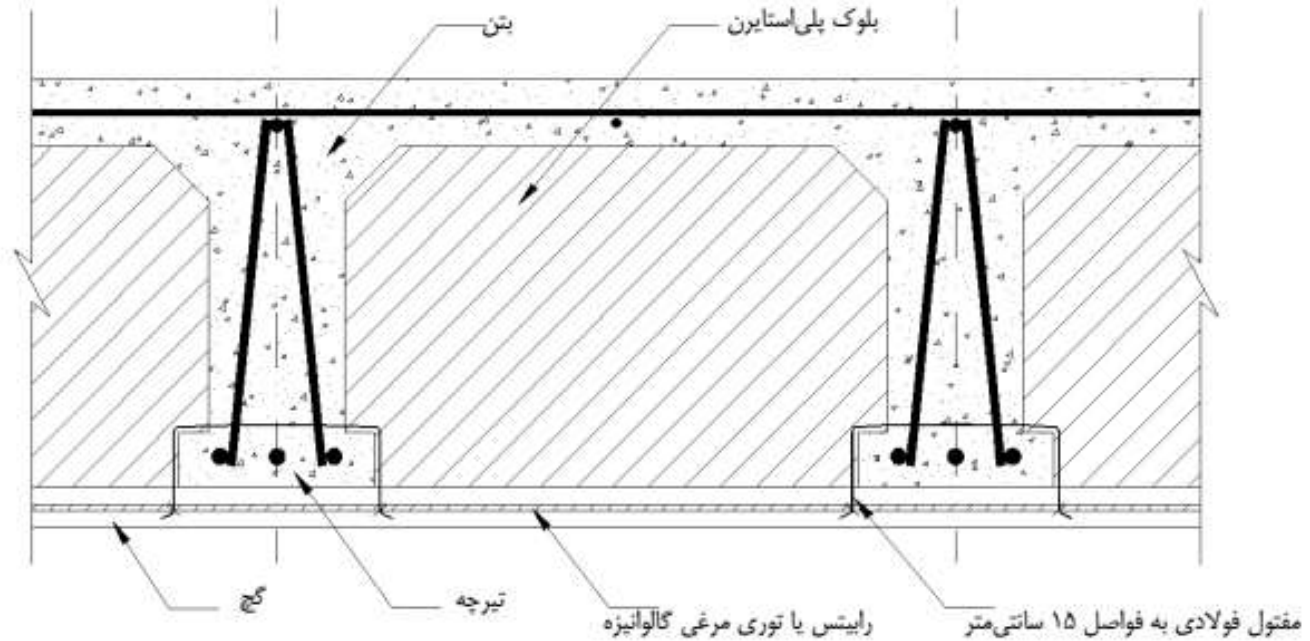
۴) در صورتی که بار زنده‌ی سقف کمتر از ۳۵۰ کیلوگرم بر مترمربع و طول دهانه‌ی مؤثر کمتر از ۴ متر باشد، نیازی به تعبیه کلاف میانی نیست. ولی اگر در این حالت، طول دهانه بیشتر از ۴ متر باشد، یک کلاف میانی در سقف تعبیه می‌شود. حداقل سطح مقطع آرماتورهای طولی این کلاف، برابر نصف سطح مقطع آرماتورهای کششی وسط دهانه‌ی تیرچه‌ها می‌باشد.

۵) در صورتی که بار زنده‌ی سقف بیشتر از ۳۵۰ کیلوگرم بر مترمربع و طول دهانه مؤثر کمتر از ۴ متر باشد، یک کلاف میانی مورد نیاز است. در این حالت برای طول دهانه‌ی ۴ متر تا ۷ متر، دو کلاف میانی و برای دهانه‌ی بیش از ۷ متر، ۳ کلاف میانی اجرا می‌شوند. حداقل سطح مقطع آرماتورهای طولی هر کلاف، برابر سطح مقطع آرماتورهای کششی وسط دهانه تیرچه‌ها می‌باشد.

۶) در صورتی‌که بار منفرد سبک روی سقف وارد شود، باید توسط کلاف‌های میانی مناسب، بارمنفرد وارده را روی تیرهای Tشکل پخش‌نمود.

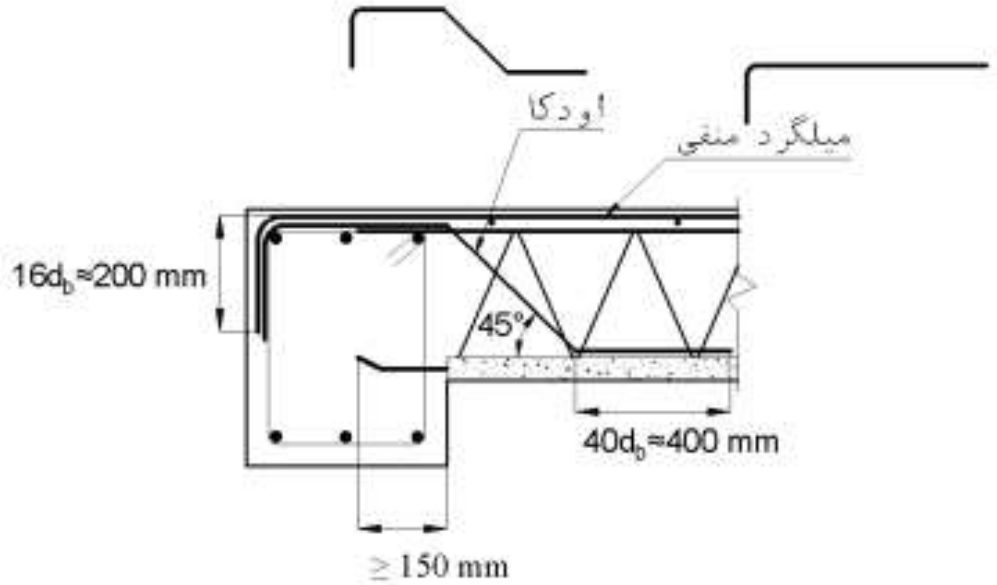


شکل ۲-۱۶- کلاف میانی

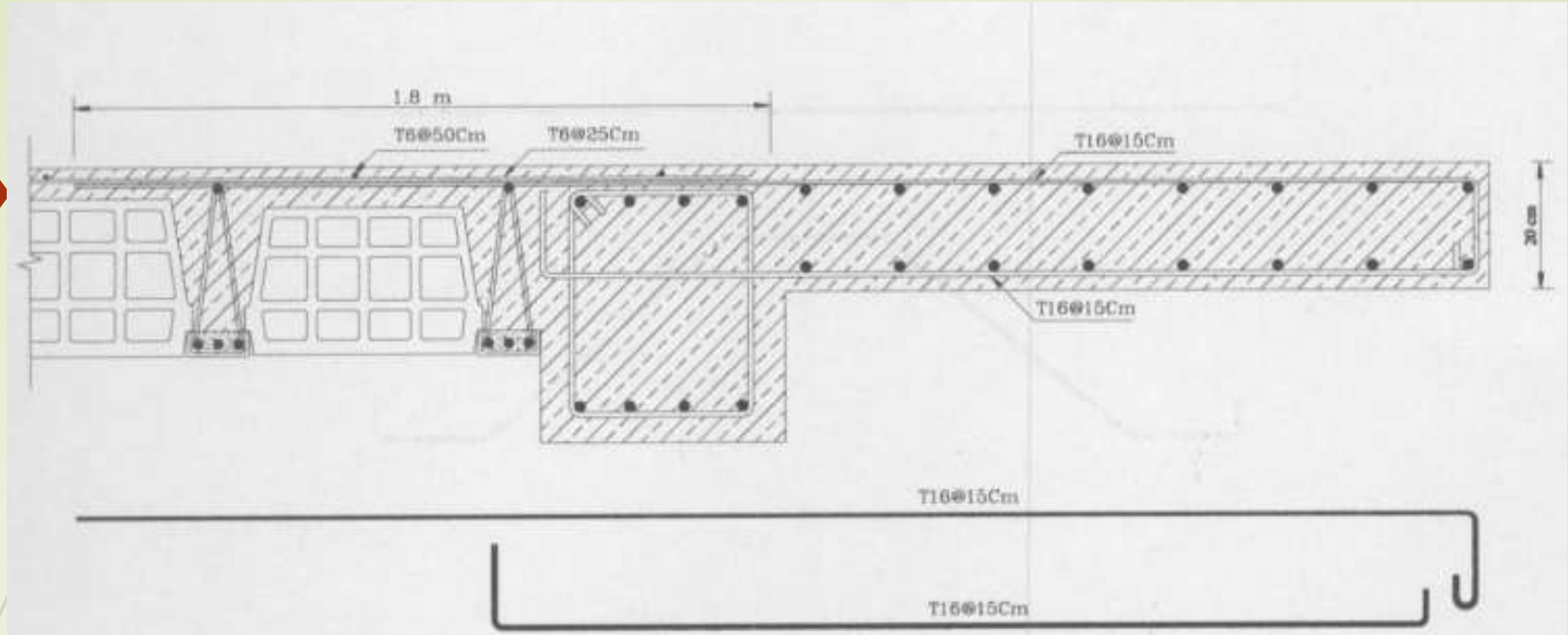


شکل ۲-۱۴- جزئیات اجرایی اندود زیر بلوک سقفی پلی‌استایرن

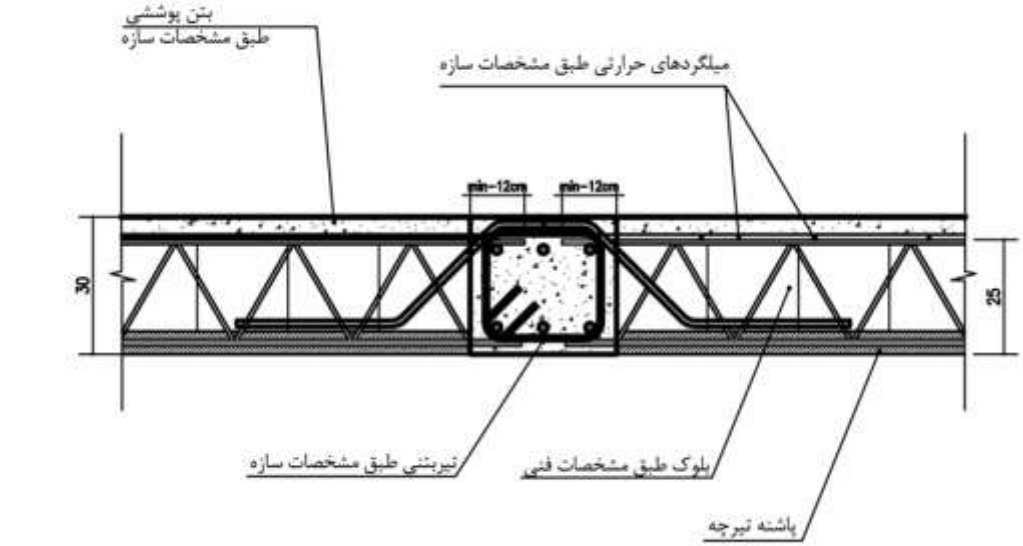
- با توجه به اینکه حداکثر برش در تکیه گاه تیرچه رخ میدهد، توصیه میشود از میلگرد اودکا استفاده شود.



- در صورت عدم شمع بندی درست و نبود استحکام کافی در بر تکیه گاه پس از بتن ریزی ممکن است در بر تکیه گاه تیرچه دارای خیز باشد و بنابراین توصیه میشود یک چهارتراش و شمع در بر تکیه گاه تیرچه قرار داده شود.



شکل (۱-۷۰): جزییات اجرای دال بتنی طره منتهی به سقف تیرچه بلوک



۹-۱۱-۲-۶ حداقل ارتفاع تیر

۹-۱۱-۲-۶-۱ در ساختمان‌های متعارف و تحت بارگذاری‌های معمول، در تیرهایی که ارتفاع آن‌ها از مقادیر مندرج در جدول ۹-۱۱-۱ بیش‌تر است، محاسبه‌ی خیز (افتادگی) الزامی نمی‌باشد؛ به شرط آن که این تیرها به قطعات غیر سازه‌ای مانند تیغه‌ها متصل نباشند و یا آن‌ها را نگه داری نکنند، و خیز زیاد در آن‌ها خسارتی ایجاد نکند.

جدول ۹-۱۱-۱ حداقل ارتفاع تیر

عضو	نکیه‌گاه‌های ساده	نکیه‌گاه‌های پیوسته از یک طرف	نکیه‌گاه‌های پیوسته از دو طرف	کنسول
تیرها یا تیرچه‌ها	$\frac{l}{16}$	$\frac{l}{18.5}$	$\frac{l}{21}$	$\frac{l}{8}$

تبصره: l در جدول طول آزاد دهانه‌ی تیر است. مقادیر جدول برای بتن معمولی و آرماتورهای با مقاومت تسلیم ۴۲۰ مگاپاسکال می‌باشند. برای سایر موارد، حداقل ارتفاع باید بر اساس ضوابط ۹-۱۱-۲-۶-۲ و ۹-۱۱-۲-۶-۳ تغییر یابد.

۹-۱۱-۲-۶-۲ برای سایر انواع فولادها، مقادیر جدول ۹-۱۱-۱ باید در ضریب $(0.4 + f_y / 700)$ ضرب شوند.

۹-۱۱-۲-۶-۳ برای تیرهای ساخته شده با بتن سبک با وزن مخصوص ۱۴۴۰ تا ۱۸۴۰ کیلو گرم بر متر مکعب، مقادیر جدول ۹-۱۱-۱ باید در $1.65 - 0.0003w_c \geq 1.09$ ضرب شوند.

با توجه به جدول فوق و با فرض اینکه ارتفاع کلی تیرچه h=300 mm باشد:

اگر در طراحی خمشی تیرچه مقاومت تسلیم میلگردهای طولی تیرچه $F_y = 400\ MPa$ فرض شده باشد، حداکثر طول تیرچه های دوسرمفصل برابر خواهد بود با:

$$\frac{L}{16}\left(0.4 + \frac{400}{700}\right) \leq (h = 300) \quad \rightarrow \quad L < 4663\ mm = 4.66\ m$$

با فرض $F_y = 300\ MPa$:

$$\frac{L}{16}\left(0.4 + \frac{300}{700}\right) \leq (h = 300) \quad \rightarrow \quad L < 5793\ mm = 5.79\ m$$

عدم رعایت مشخصات آرماتور حرارتی

۹-۱۹-۴-۳ نسبت سطح مقطع آرماتور آجدار حرارتی و جمع شدگی به سطح مقطع ناخالص بتن، باید بزرگ‌تر یا مساوی ۰/۰۰۱۸ در نظر گرفته شود.

۹-۱۹-۴-۴ آرماتورهای حرارتی در دال‌های با ضخامت بیش‌تر از ۲۰۰ میلی متر 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.

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

فرورفتن میلگردهای حرارتی به داخل فوم پلی استایلن

فواصل زیاد بین آرماتور حرارتی

وصله میلگردها

- **وصله پوششی :**

که با مجاور هم قرار دادن دو میلگرد در قسمتی از طولشان عملی می شود . طولی که دو میلگرد باید در مجاور هم قرارداده شوند « طول پوشش »،نامیده می شود.

- **وصله جوشی:**

که با جوش دادن دو میلگرد به یکدیگر انجام می شود.

- **وصله مکانیکی:**

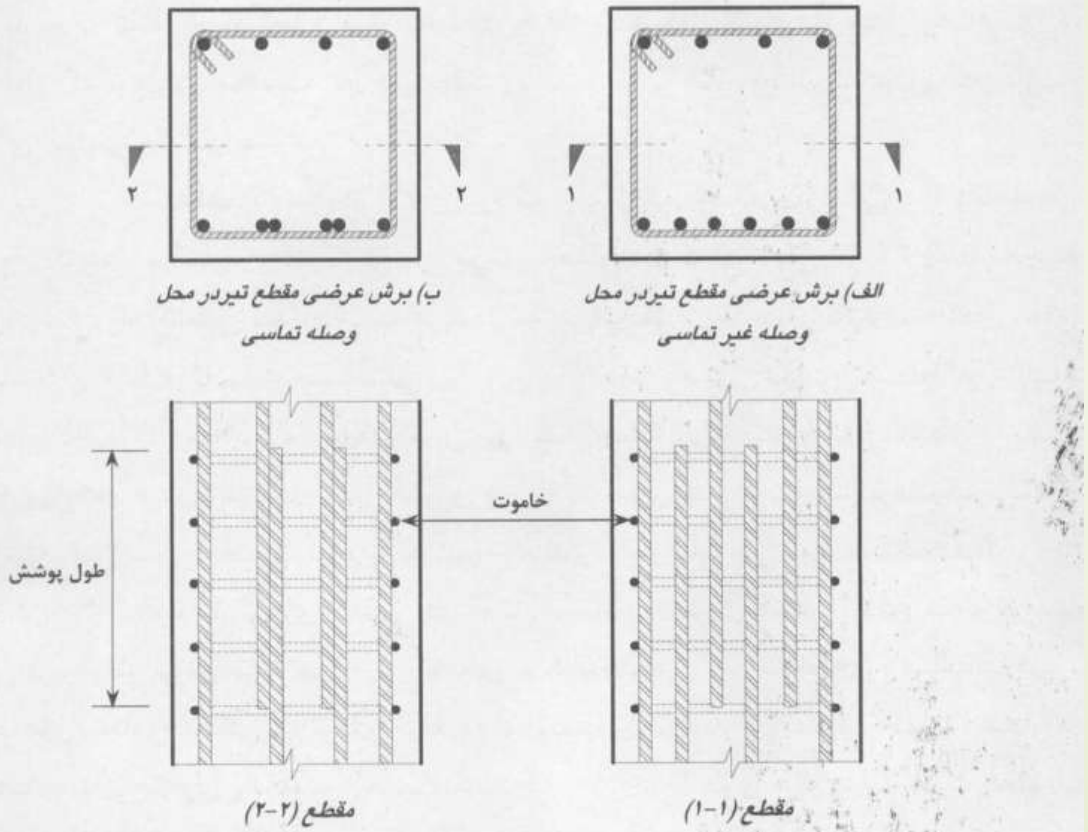
که با بکارگیری وسایل مکانیکی خاص حاصل میشود.

- **وصله اتکایی:**

که با بر روی هم قراردادن دو انتهای میلگردهای فشاری عملی می گردد.

۲-۳-۱ وصله پوششی[۲]

این وصله با مجاور هم قرار گرفتن دو میلگرد در قسمتی از طولشان، ایجاد می‌شود. طولی که دو میلگرد در مجاور هم قرار داده می‌شوند، «طول پوشش» نامیده می‌شود (اشکال ۲-۳۶) [۱- بند ۹-۱۸-۴-۱-۱]. در ادامه این بخش ضوابط وصله پوششی مورد بررسی قرار می‌گیرد:



الف) برش عرضی مقطع تیردر محل وصله غیر تماسی

ب) برش عرضی مقطع تیردر محل وصله تماسی

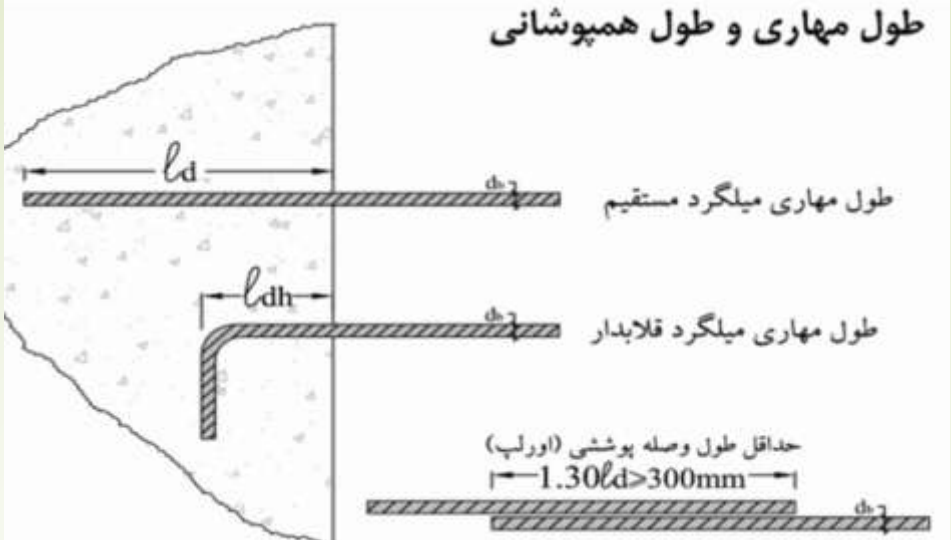
مقطع (۱-۱)

مقطع (۲-۲)

اشکال (۲-۳۶): وصله پوششی میلگردها (تماسی و غیرتماسی)

1- Splice
2- Lap Splice or Lapped Splice

طول مهاری و طول همپوشانی



مبحث نهم ویرایش ۹۹

مقادیر جدول زیر با فرض C25، S400 = 1 ψ_e, ψ_0, ψ_c محاسبه شده اند

طول مهار میلگرد قلابدار l_{dh} و حداقل بعد ستون				
قطر	l_{dh} $(\psi r=1)$	حداقل بعد ستون	l_{dh} $(\psi r=1.6)$	حداقل بعد ستون
mm	cm	cm	cm	cm
ϕ8	15	25	15	25
ϕ10	15	25	15	25
ϕ12	20	25	20	25
ϕ14	25	30	25	30
ϕ16	25	30	30	35
ϕ18	30	35	40	45
ϕ20	30	35	45	50
ϕ22	35	40	50	55
ϕ25	40	45	60	65
ϕ28	45	50	70	75
ϕ32	55	60	85	90

طول وصله – مبحث نهم ویرایش ۹۹ – روش دقیق

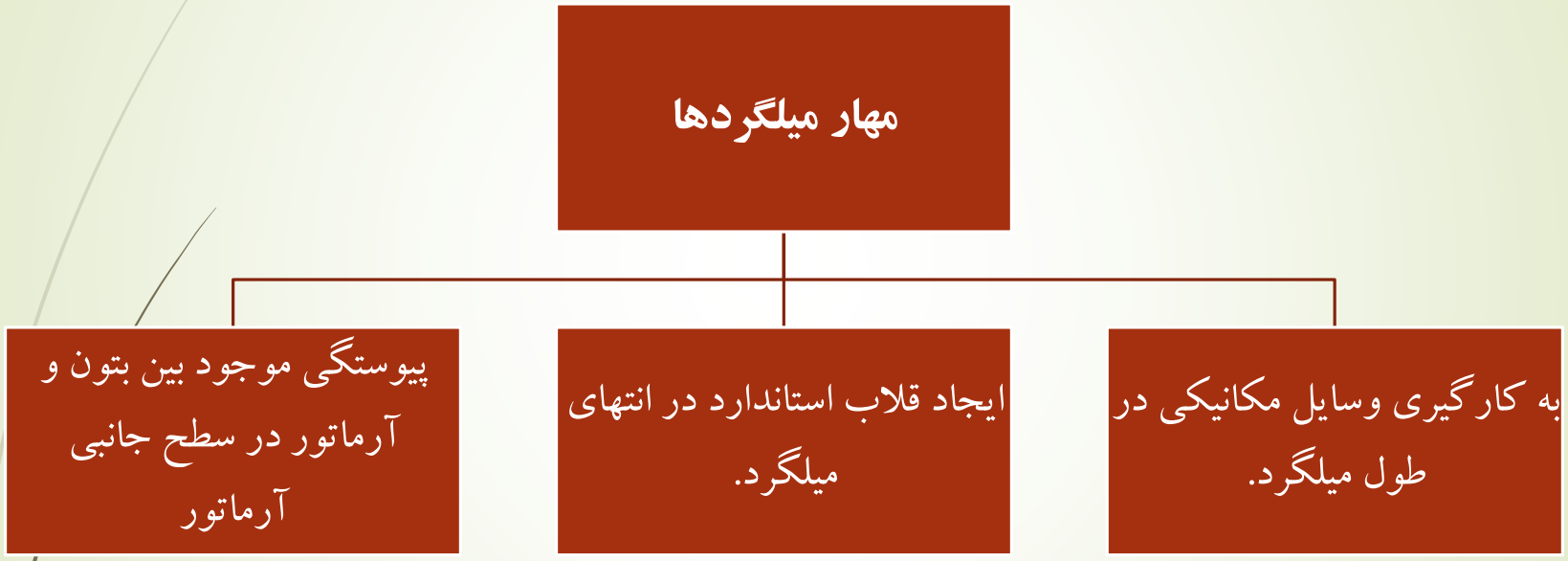
مبحث نهم ویرایش ۹۹ – روش تقریبی

مقادیر جدول زیر با فرض C25 و S400 محاسبه شده اند

طول وصله			
آرماتور ستون و دیوار	آرماتور فوقانی تیر	آرماتور تحتانی تیر	قطر
cm	cm	cm	mm
40	55	40	ϕ8
50	65	50	ϕ10
60	80	60	ϕ12
70	95	70	ϕ14
80	105	80	ϕ16
90	120	90	ϕ18
125	160	125	ϕ20
135	175	135	ϕ22
155	200	155	ϕ25
175	225	175	ϕ28
200	255	200	ϕ32

طول مهار			
آرماتور ستون و دیوار	آرماتور فوقانی تیر	آرماتور تحتانی تیر	قطر
cm	cm	cm	mm
35	40	35	ϕ8
40	50	40	ϕ10
50	60	50	ϕ12
55	70	55	ϕ14
65	80	65	ϕ16
70	90	70	ϕ18
95	125	95	ϕ20
105	135	105	ϕ22
120	155	120	ϕ25
135	175	135	ϕ28
155	200	155	ϕ32

مهارو وصله آرماتورها



۲-۲ مهار میلگردها

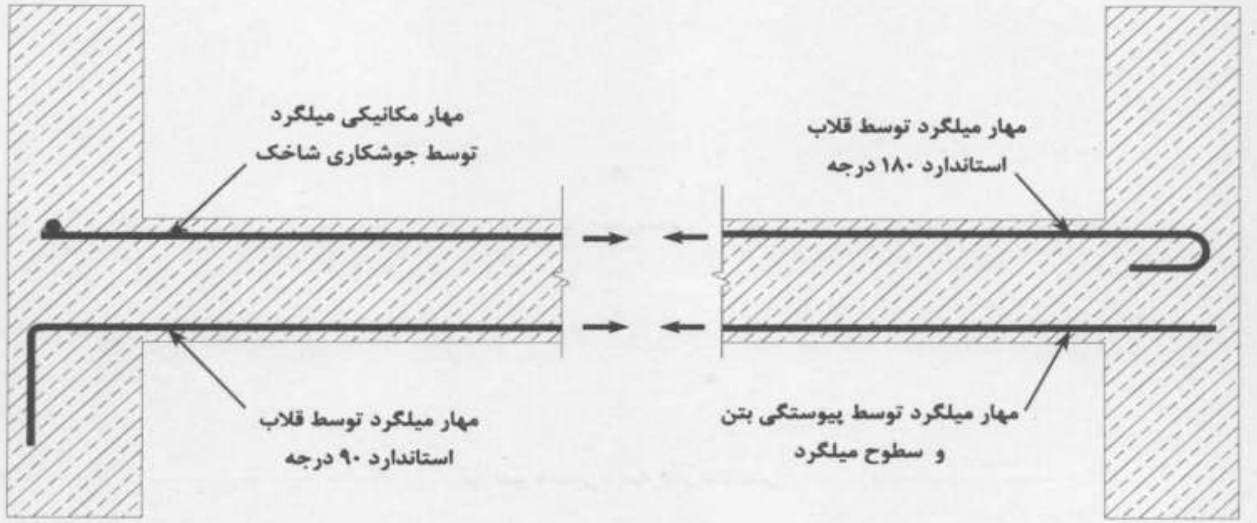
مهار میلگرد در بتن یکی از روش‌های مهم پیوستگی بتن و میلگرد به شمار می‌آید که لازم است در تمامی قطعات بتن‌آرمه نیروهای کششی یا فشاری موجود در میلگردها در هر مقطع

به‌وسیله مهار میلگردها در دو قسمت آن مقطع به بتن منتقل گردد. مهار میلگردها در بتن به‌یکی از سه طریق **(الف)** تا **(پ)** این بند و یا با ترکیبی از آن‌ها امکان‌پذیر است (اشکال ۲-۳ و ۲-۴) [۱- بند ۹-۱۸-۲-۱-۱]:

الف) پیوستگی موجود بین بتن و میلگرد در سطح جانبی میلگرد

ب) ایجاد قلاب استاندارد در انتهای میلگرد

پ) به‌کارگیری وسایل مکانیکی در طول میلگرد



اشکال (۲-۳): روش‌های کلی مهار میلگرد در تیر بتنی

۲-۲-۱ مهار مستقیم

مفهوم طول مهاری بر مبنای تنش چسبندگی میانگین، در طول مهاری میلگرد قابل دستیابی است. به عبارتی حداقل طول لازم برای یک میلگرد مشخص داخل بتن است که در آن طول، تنش میلگرد از صفر به تنش تسلیم افزایش می‌یابد. یکی از موارد استفاده از طول مهاری در مقاطع بتنی نسبتاً نازک است زیرا میلگردهای با تنش زیاد که دارای انواع دیگر مهاری‌ها هستند تمایل به شکافت مقطع دارند. یک میلگرد تک مهار شده در توده‌ی بتن، نیازی به طول مهاری بزرگ ندارد.

۲-۳ وصله میلگردها

به‌دلیل محدودیت طولی میلگردها (۶ یا ۱۲ متری) و ساخت اعضای بتنی به صورت مرحله‌ای و برخی دلایل دیگر، برای انتقال نیروی میلگردهای منقطع در یک امتداد باید میلگردها به یکدیگر وصله[1] شوند. کیفیت وصله میلگردها باید به‌نحوی باشد تا مشابه میلگرد یکپارچه رفتار نماید. لذا باید وصله‌ی میلگردها با رعایت جزییات لازم (ضوابط آیین‌نامه‌ها و نقشه‌های طراحی)، با دقت زیاد و کنترل دقیق مهندس ناظر اجرا شود. امروزه میلگردهای تحت نیروهای مختلف به سهولت و با روش‌های مهندسی مختلفی وصله می‌شوند؛ از این رو وصله میلگردها به‌یکدیگر به یکی از چهار روش ارایه شده در این بخش و یا ترکیبی از آن‌ها مجاز است [۱- بند ۹-۱۸-۴-۱-۱].

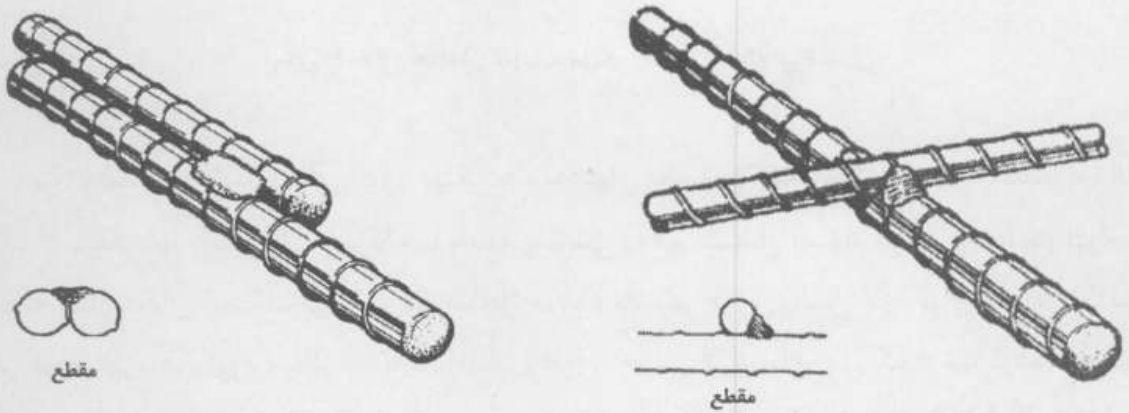
محل وصله آرماتورهای طولی در تیر:

۱- میلگردهای بالا : ۱/۳ میانی دهانه

۲- میلگردهای پایین : ۱/۴ میانی دهانه

۲-۳-۲ وصله جوشی

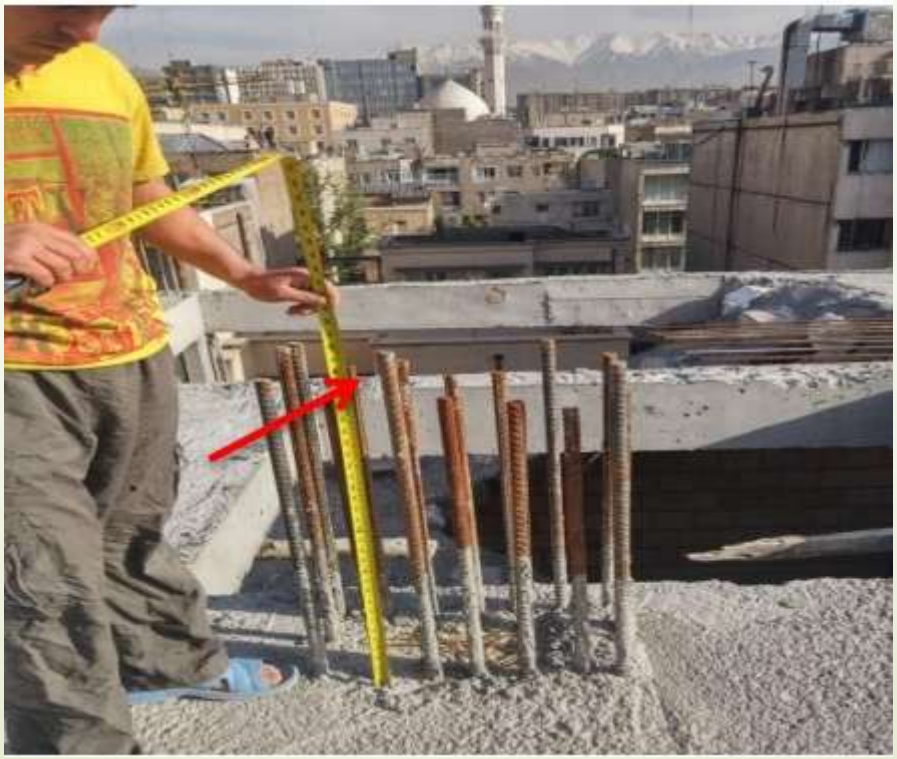
اگرچه امروزه وصله‌ی پوششی رایج‌ترین نوع وصله میلگرد در ساختمان‌های بتنی را تشکیل می‌دهد، لیکن در برخی مواقع و شرایط اجرایی خاص، استفاده از سایر انواع وصله، تنها گزینه می‌باشد. برای مثال مشکلاتی نظیر، تراکم زیاد میلگرد در یک مقطع و یا محدودیت استفاده از قطر میلگرد بیش از Φ۳۶، به‌ناچار کاربرد دیگر وصله‌ها را در دستور کار قرار می‌دهد. پس از وصله پوششی میلگرد، وصله جوشی کاربرد بیش‌تری دارد. کاربرد این وصله برای میلگردهای جوش‌پذیر و با رعایت شرایط ویژه امکان‌پذیر است که با جوش دادن دو میلگرد به یکدیگر وصله جوشی انجام می‌شود (اشکال ۲-۴۱).

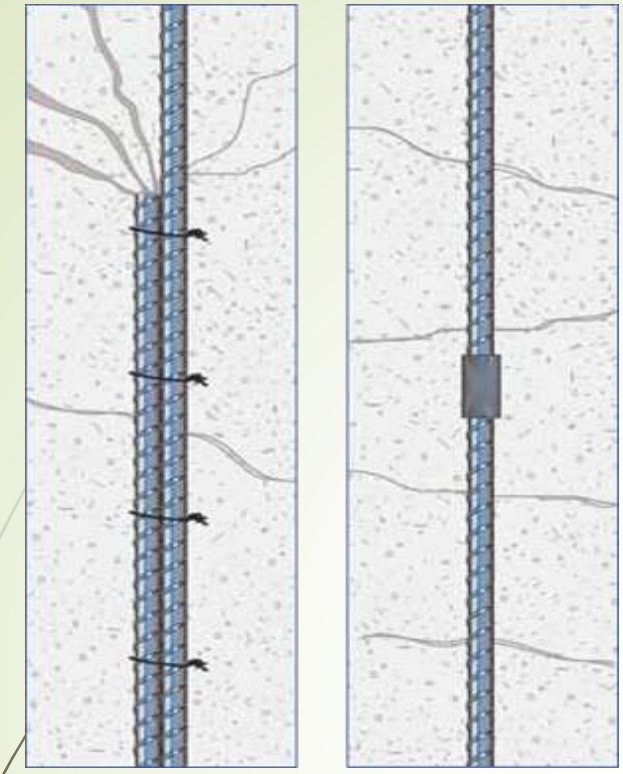


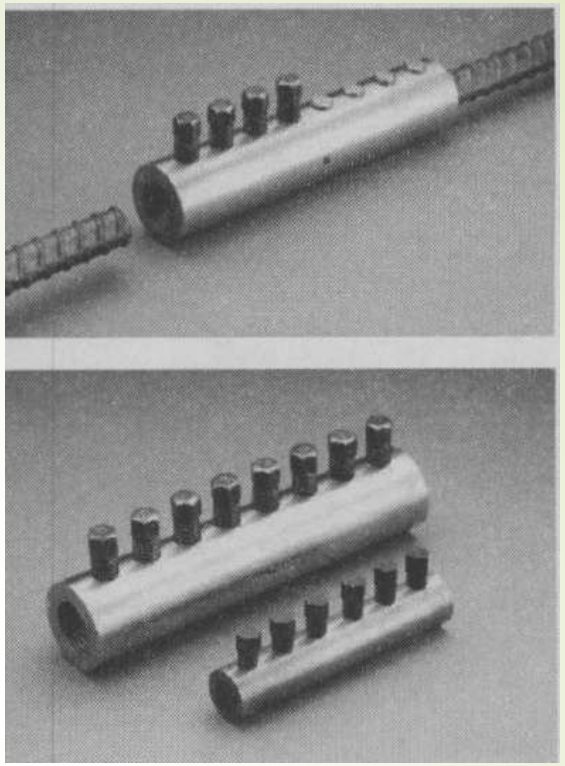
ب) اتصال موازی — الف) اتصال متقاطع

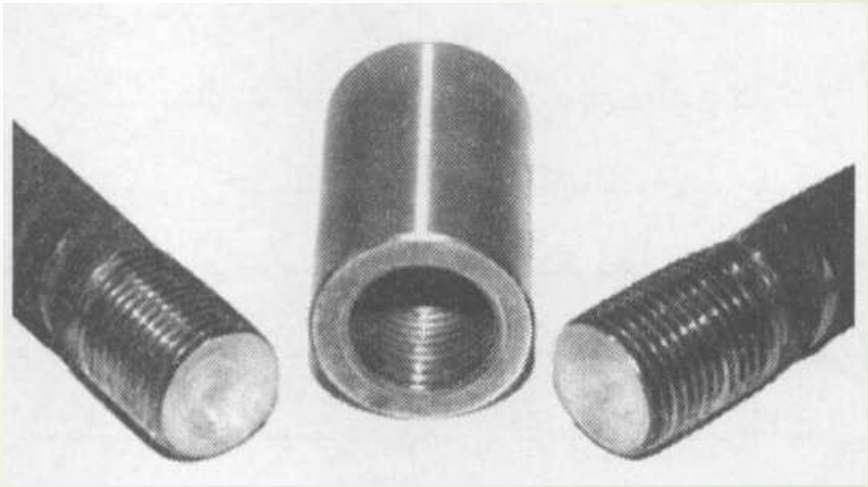
اشکال (۲-۴۱): اتصال میلگردها با جوش

وصله جوشی میلگردها باید به‌صورت یکی از روش‌های اتصال جوشی نوک به نوک خمیری (جوش الکتریکی تماسی) یا اتصال جوشی ذوبی با الکترود (جوش با قوس الکتریکی) انجام شود. مقاومت این وصله‌ها در کشش باید حداقل برابر با $1/25\ A_b f_{yk}$ باشد، مگر آن‌که الزامات بند (۲-۳-۵-۱-ب) تأمین شده باشد [۱- بند ۹-۱۸-۴-۱-۶].



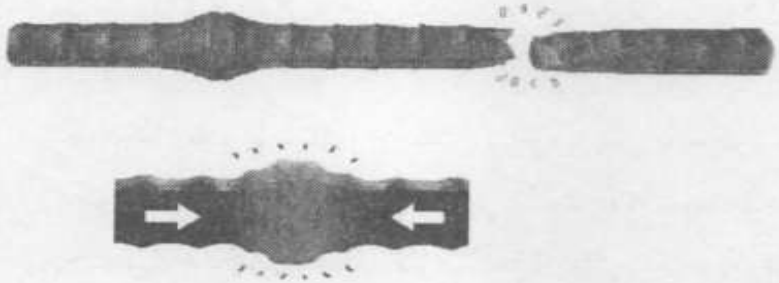




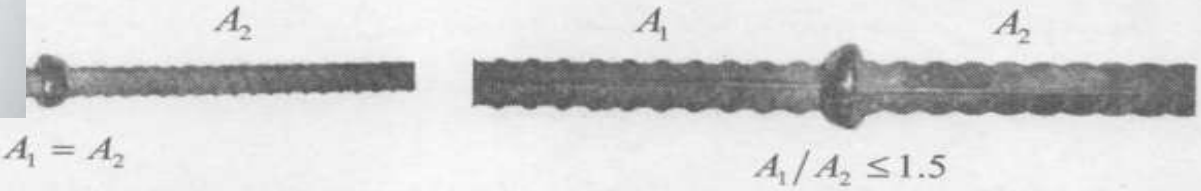


۲-۳-۲-۱ اتصال جوشی نوک به نوک خمیری

ذوب شدن محل اتصال (نوک میلگرد) دو میلگرد باعث ممزوج شدن مصالح آن‌ها و ایجاد اتصالی یکپارچه پس از سرد شدن می‌شود، اتصال فوق در گروه وصله جوشی نوک به نوک خمیری قرار می‌گیرد. انرژی لازم برای ذوب و چسباندن دو میلگرد مورد نظر عموماً از دو منبع الکتریکی یا گازی تأمین می‌شود. روش جوش نوک به نوک با انرژی گازی در کشور متداول‌تر و در تعداد زیاد بسیار مقرون به‌صرفه تمام می‌شود (تصاویر ۲-۴۲). اتصال جوشی نوک به نوک خمیری فقط در شرایط کارخانه‌ای و در صورتی مجاز است که قطر میلگردها از ۱۰ میلی‌متر برای فولادهای گرم نورد شده یا ۱۴ میلی‌متر برای فولادهای سرد اصلاح شده کم‌تر نباشد و نسبت سطح مقطع دو میلگرد وصله شونده از ۱/۵ تجاوز نکند (تصاویر ۲-۴۳) [۱- بند ۹-۱۸-۴-۱-۶].

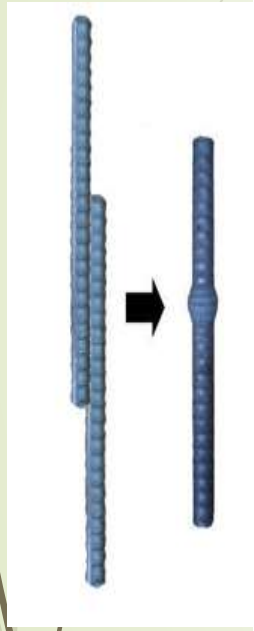


تصاویر (۲-۴۲): جوش نوک به نوک خمیری با گاز



تصاویر (۲-۴۳): جوش نوک به نوک خمیری

مزایای روش جوش فورجینگ سر به سر میلگردها :



- دارای تائیدیه فنی از مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن
- صرفه جویی تا 30 درصدی در مصرف میلگرد با حذف اورلپ و پرتها .
- کاهش زمان , نیروی انسانی , حمل و نقل ها با توجه به کاهش مصرف میلگرد .
- اتصال میلگرد های غیرقابل مصرف (پرت) به یکدیگر و استفاده مجدد از آنها .
- با توجه به کاهش مصرف میلگرد ، وزن اصلی سازه کم شده و متناسب با آن از نیروهای ثقلی جانبی نیز کاسته می شود و در نتیجه مقاومت سازه در مقابل زلزله افزایش خواهد یافت .
- این سیستم ، اشتباهات انسانی را به شدت کاهش می دهد (بسیار مشاهده گردیده است که پرسنل اجرایی برای کاهش پرت میلگردها از طول اورلپ ها می کاهند که این امر باعث کاهش مقاومت میلگرد ها در نقاط اتصال و در نتیجه کاهش مقاومت سازه می گردد .)
- با توجه به کاستن از حجم اضافی میلگرد ها در نقاط اتصال ، امکان ویبره بهتر بتن که مشکل بسیار مهمی تاکنون بوده است برطرف می شود و بتن ویبره خوب و مناسب تری میسر می گردد .
- با توجه به کاهش حجم اضافی میلگرد ها ، درگیری بتن با میلگرد ها افزایش خواهد یافت .
- افزایش یافتن مقاومت در نقطه اتصال ، به طوری که مقاومت در این نقطه بیشتر از سایر نقاط در طول میلگرد می باشد .

در صورت امکان استفاده از وصله جوشی نوک به نوک خمیری برای میلگردهای Φ۲۲ و بزرگ‌تر، مناسب‌تر است. زیرا کاربرد وصله‌ی پوششی در میلگردهای با قطر بیش از Φ۳۶ غیر مجاز بوده و اجرای وصله مکانیکی برای این میلگردها با هزینه و مشکلات اجرای بیش‌تری همراه است.

۲-۳-۲-۲ اتصال جوشی ذوبی با الکترود

به‌علت متفاوت بودن ترکیبات شیمیایی میلگردها، برای جوشکاری مناسب آن‌ها روش‌های مختلفی وجود دارد زیرا حرارت جوشکاری اثرات متفاوتی بر روی هر کدام دارد. به طوری‌که روش مناسب برای یک نوع میلگرد می‌تواند برای نوع دیگر از همان رده‌ی مقاومتی فولاد کاملاً نامناسب باشد (تصویر ۲-۴۴). ضوابط موجود تأکید دارند که اتصال جوشی ذوبی با الکترود در صورتی مجاز است که برای هر نوع فولاد، مطابق مبحث دهم مقررات ملی ساختمان، از الکترود و روش جوشکاری مناسب آن استفاده شود [۱- بند ۹-۱۸-۴-۱-۶].

درزهای بتن

درز در لغت به معنی فاصله و جدایی دو قطعه از یکدیگر است که در قطعات بتنی برای کوچک سازی حجم یا سطوح وسیع استفاده می‌شود. هدف از اجرای درز در قطعات بتنی کاهش آثار مخرب ناشی از محدودیت‌های اجرایی یا بارگذاری خاصی بر قطعه است. عدم اجرای درز عموماً با ترک خوردگی ضعیف‌ترین قسمت اتصال دو قطعه نمایان شده که در سازه‌های آبی باعث نشت مایع از این محل‌ها می‌شود. برای پیش‌گیری از وقوع ترک‌های غیر قابل پیش‌بینی در قطعات حجیم و وسیع، با تعبیه انواع مختلفی از درزها از بروز چنین مسأله‌ای به کلی جلوگیری می‌شود. روش‌های اجرایی درزها بسیار فنی و مهندسی بوده و غالباً طوری طراحی می‌شوند تا هیچ‌گونه نقطه ضعفی در سازه ایجاد نکنند. درزهای مورد استفاده در سازه‌های بتنی بسیار متنوع می‌باشند که در دو بخش ساختمانی (اجرایی) و حرکتی در ادامه مورد بررسی قرار می‌گیرند.

۹-۲۲-۵-۶ درزهای ساخت، انقباض و جدا کننده

۹-۲۲-۵-۶-۱ اطلاعات طراحی

الف- مشخص نمودن درزهای ساخت، انقباض و جدا کننده در مواردی که طرح اقتضا نماید.

ب- جزئیات لازم برای انتقال برش و دیگر نیروها از طریق درزها.

پ- آماده سازی سطحی درز ساخت، شامل مضرس کردن سطوح بتن سخت شده در محلی که بتن جدید در مجاورت آن ریخته می‌شود.

ت- در محل‌هایی که انتقال برش میان پروفیل‌های فولادی و بتن از طریق گل میخ‌های سَر دار یا میلگردهای جوش شده صورت می‌گیرد، فولادها باید تمیز و عاری از رنگ و زنگ باشند.

ث- به منظور عملکرد مشترک قطعه‌ی پیش ساخته و بتن درجا، آماده سازی سطح قطعه‌ی پیش ساخته در تماس با بتن درجا، شامل مضرس و اشباع کردن رویه قطعه پیش ساخته، لازم است.

۹-۲۲-۵-۶-۲ الزامات اجرایی

الف- درزهایی که محل یا جزئیات آن‌ها مشخص نشده یا با آن چه در مدارک ساخت نشان داده شده متفاوتند، باید به تائید مهندس طراح سازه رسانده شوند. در این موارد در صورت عدم دسترسی به مهندس طراح، مهندس ناظر باید با مشورت مهندس طراح دیگری، محل درز را تعیین نماید.

ب- درزهای ساخت در سیستم‌های کف یا سقف باید در حدود یک سوم دهانه‌ی دال‌ها، تیرهای فرعی و اصلی پیش بینی شوند؛ مگر آن که در محل دیگری، با تایید مهندس طراح سازه پیش بینی شده باشند. در این موارد در صورت عدم دسترسی به مهندس طراح، مهندس ناظر باید با مشورت مهندس طراح دیگری، محل درز را تعیین نماید.

پ- درزهای ساخت در تیرهای اصلی باید حداقل دو برابر عرض تیرهای متقاطع از بر تیر متقاطع مورد نظر فاصله داشته باشند، مگر آن که محل دیگری توسط مهندس طراح سازه تعیین شده باشد. در این موارد در صورت عدم دسترسی به مهندس طراح، مهندس ناظر باید با مشورت مهندس طراح دیگری، محل درز را تعیین نماید.

ت- درزهای ساخت باید تمیز بوده و دوغاب خشک شده قبل از بتن ریزی جدید از روی آنها برداشته شود.

ث- سطح بتن در درزهای ساخت باید مطابق مشخصات خواسته شده، مضرس شود.

ج- قبل از بتن ریزی جدید، درزهای ساخت باید اشباع شده و سپس آب اضافی از محل درز جمع‌آوری شود.

۹-۲۲-۵-۶-۲ الزامات اجرایی

الف- درزهایی که محل یا جزئیات آن‌ها مشخص نشده یا با آن چه در مدارک ساخت نشان داده شده متفاوتند، باید به تائید مهندس طراح سازه رسانده شوند. در این موارد در صورت عدم دسترسی به مهندس طراح، مهندس ناظر باید با مشورت مهندس طراح دیگری، محل درز را تعیین نماید.

ب- درزهای ساخت در سیستم‌های کف یا سقف باید در حدود یک سوم دهانه‌ی دال‌ها، تیرهای فرعی و اصلی پیش بینی شوند؛ مگر آن که در محل دیگری، با تایید مهندس طراح سازه پیش بینی شده باشند. در این موارد در صورت عدم دسترسی به مهندس طراح، مهندس ناظر باید با مشورت مهندس طراح دیگری، محل درز را تعیین نماید.

پ- درزهای ساخت در تیرهای اصلی باید حداقل دو برابر عرض تیرهای متقاطع از بر تیر متقاطع مورد نظر فاصله داشته باشند، مگر آن که محل دیگری توسط مهندس طراح سازه تعیین شده باشد. در این موارد در صورت عدم دسترسی به مهندس طراح، مهندس ناظر باید با مشورت مهندس طراح دیگری، محل درز را تعیین نماید.

ت- درزهای ساخت باید تمیز بوده و دوغاب خشک شده قبل از بتن ریزی جدید از روی آنها برداشته شود.

ث- سطح بتن در درزهای ساخت باید مطابق مشخصات خواسته شده، مضرس شود.

ج- قبل از بتن ریزی جدید، درزهای ساخت باید اشباع شده و سپس آب اضافی از محل درز جمع‌آوری شود.

درزهای اجرایی

از آنجاکه نمی‌توان از ابتدا تا پایان ساختمان‌سازی، به‌صورت یکنواخت بتن‌ریزی نمود، ناگزیر از درزهای ساختمانی استفاده می‌شود. دلایل دیگری که تعبیه درز ساختمانی را ضرورت می‌بخشد، محدودیت مقدار قالب و محدودیت‌های آیین‌نامه‌ها برای رعایت فاصله زمانی اجرایی بین اجرای اعضای قائم و افقی است. در هر حال اغلب مواقع مقدار بتنی که برای مصرف مناسب باشد، غالباً در هر دفعه بتن‌ریزی محدود است. به عبارت دیگر، درز ساخت، سطح بتن سخت شده‌ای است که در تماس با بتن تازه قرار می‌گیرد. در این اتصال بتن تازه قابلیت چسبندگی به بتن سخت شده را دارد که با رعایت نکات اجرایی خاصی می‌توان عملکردی مشابه دیگر نقاط پیوسته بتن، از این اتصال انتظار داشت.

در هر حال تعداد درزهای اجرایی باید در کم‌ترین حد لازم برای انجام کار انتخاب شود [۱- بند ۹-۹-۷-۱]. تا اثرات منفی اقتصادی یا مشکلات اجرایی بر طرح کاهش یابد.

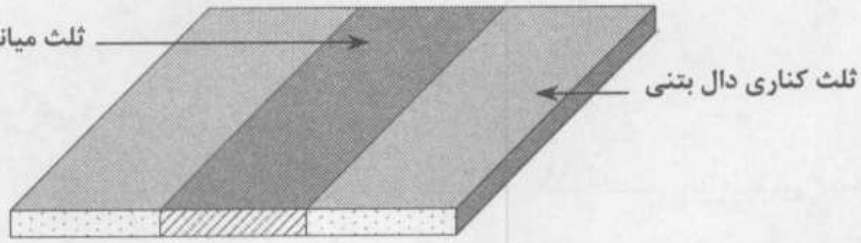
موقعیت درز

پس از محرز شدن لزوم تعبیه درز اجرایی، نیاز به موقعیت یابی برای اجرای آن در مقطع بتنی است. این مهم جز با شناخت نیروهای موجود در مقطع بتنی و توانایی اجرایی پیمانکار میسر نخواهد شد. از این رو ضوابط موجود بر اجرای موارد زیر جهت تعیین موقعیت درز تأکید

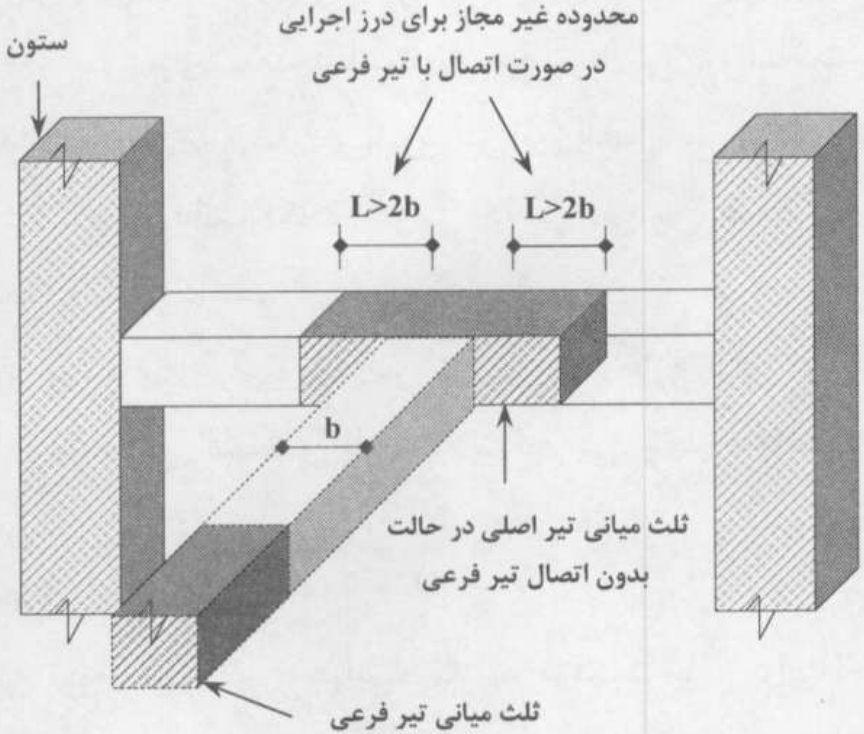
الف) در تعیین موقعیت درزهای اجرایی باید دقت کافی به‌عمل آید. شکل درزهای اجرایی و موقعیت آن‌ها بسته به اهمیت کار باید در نقشه‌ها منعکس یا در کارگاه به‌وسیله دستگاه نظارت تعیین شود. در هر حال تعیین موقعیت درزهای اجرایی را نباید به محل یا زمانی دلخواه از قبیل پایان روز کار موکول کرد. عموماً موقعیت درزهای اجرایی توسط طراح با توجه به توانایی اجرایی پیمانکار مشخص و با جزییات و نقشه‌های اجرایی ارایه می‌شود.

ب) درزهای اجرایی را باید در مقاطعی پیش‌بینی کرد که در آن‌ها نیروهای داخلی و به ویژه نیروهای برشی کم‌ترین مقدار را دارند. در صورت لزوم برای انتقال نیروهای برشی و سایر نیروهای داخلی، در محل درزهای اجرایی باید پیش‌بینی‌های لازم به‌عمل آید. وجود نیروهای حداقل در مرز مشترک این درزها، کاهش تمهیدات خاص و افزایش ایمنی اتصال را در بر دارد (اشکال ۳-۸۶).

پ) ایجاد درزهای اجرایی کف‌ها باید در ثلث میانی دهانه دال‌ها، تیرهای اصلی و فرعی قرار گیرند. در تیرهای اصلی فاصله هر درز اجرایی تا تیر فرعی متقاطع با آن‌ها نباید از دو برابر عرض تیر فرعی کم‌تر باشد. در صورت تعارض، مفاد بند **(ب)** اولویت دارد (اشکال ۳-۸۶). به‌علت تردشکن بودن اعضای بتنی در برابر نیروهای برشی، حساسیت بیش‌تری در موقعیت درز نسبت به این نیروها وجود دارد. لذا بخشی از این نگرانی در قالب محدودیت‌های فوق ارایه شده است.



الف) موقعیت مجاز درز اجرایی در دال بتنی

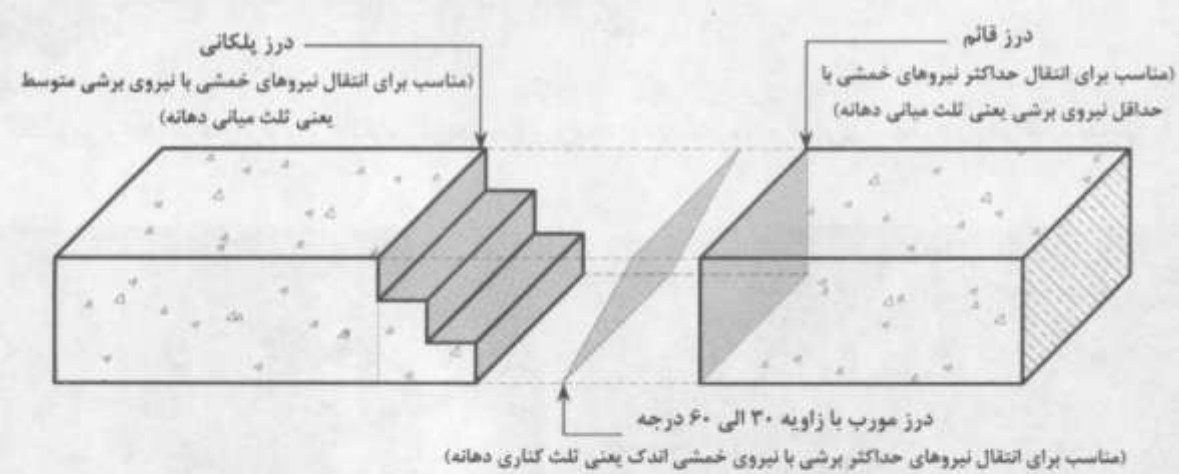


ب) موقعیت مجاز درز اجرایی در تیرهای اصلی و فرعی

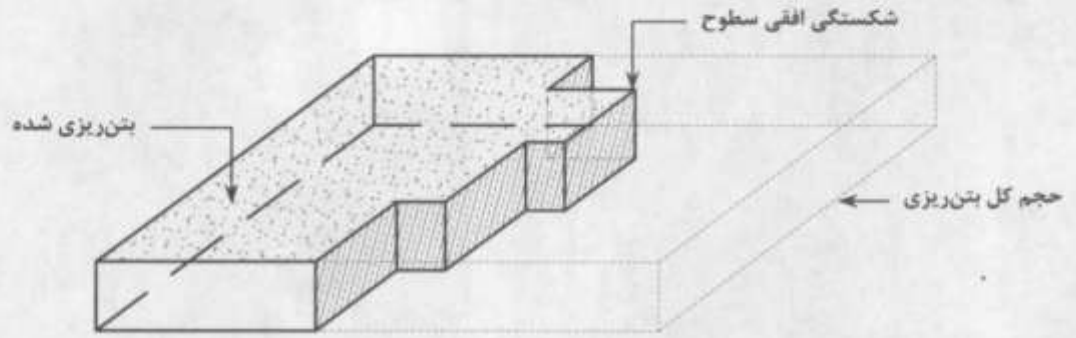
اشکال (۳-۸۶): موقعیت مجاز در اجرای برخی از قطعات سازه بتنی

شکل درز

درزهای اجرایی نباید بدون شکل باشند بلکه باید امتدادی عمود بر امتداد تنش‌های عمود بر سطح داشته باشند. از ایجاد درزهای بزرگ اجرایی باید خودداری کرد و درزهای لازم را به‌صورت پلکانی یا سطوح شکسته در نظر گرفت

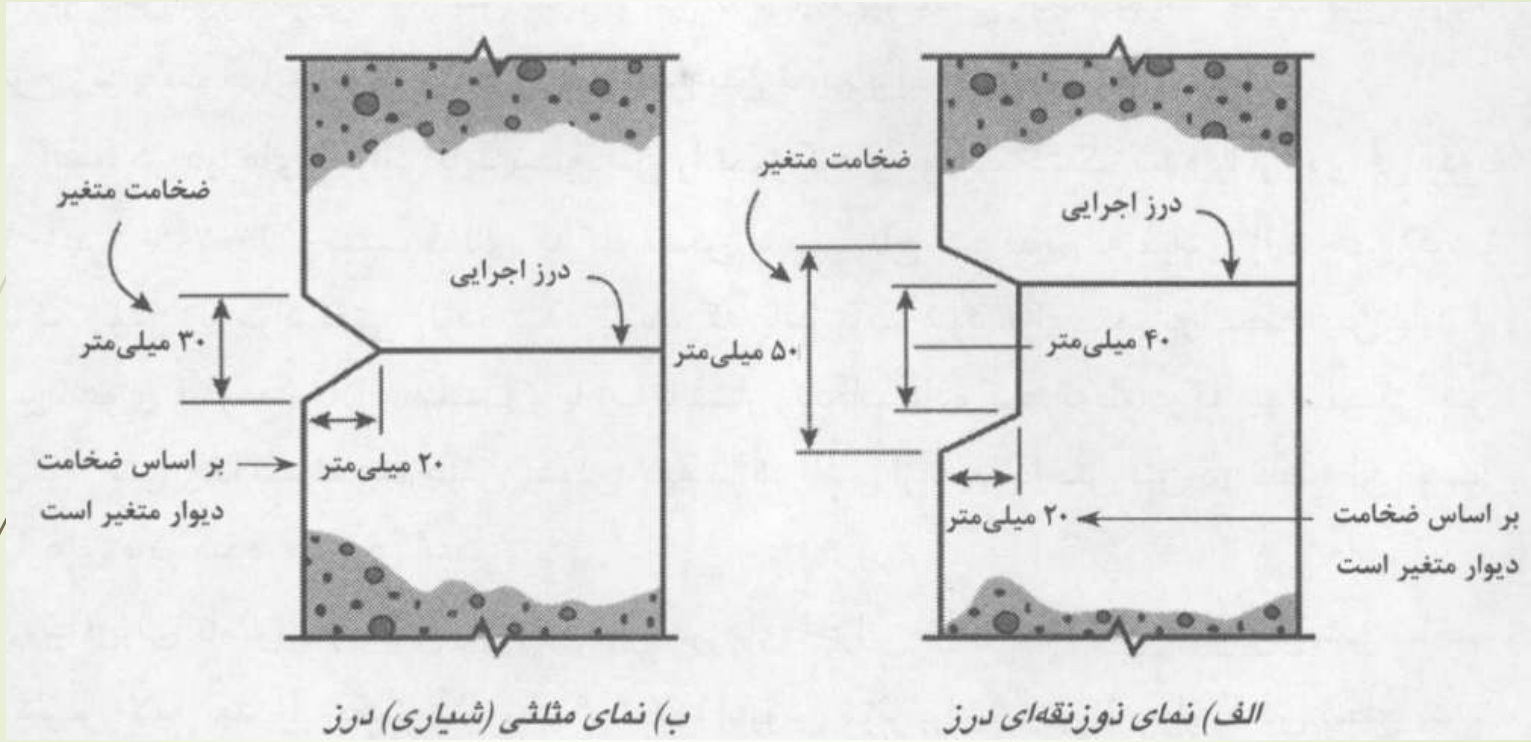


الف) اشکال قائم، مورب و پلکانی درز اجرایی در ثلث میانی تیر یا نوار فونداسیون



ب) درز اجرایی به شکل سطوح شکسته در ثلث میانی تیر یا نوار فونداسیون

مهم‌ترین اشکال درز اجرایی در ثلث میانی تیر یا نوار فونداسیون



نمای درز اجرایی افقی در دیوار برشی

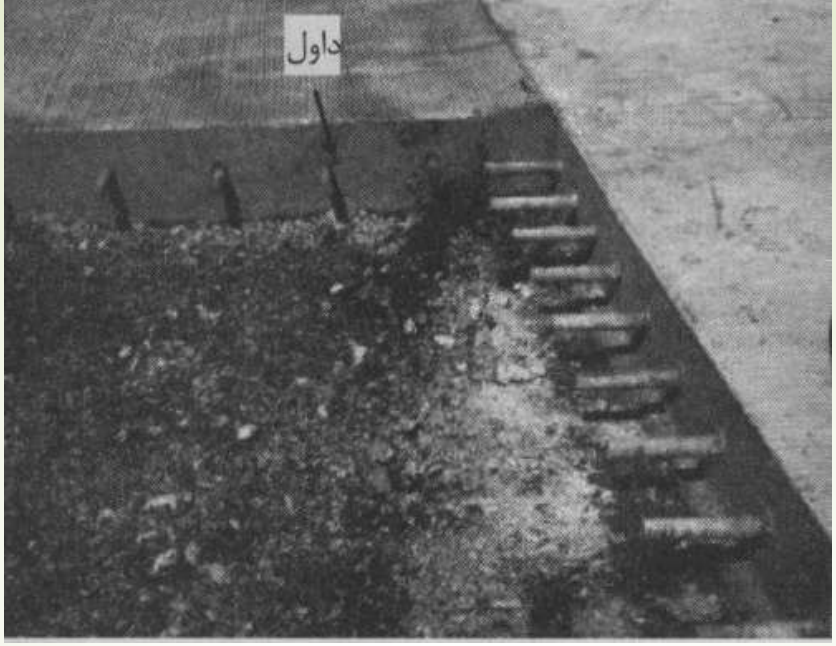
آماده سازی و اتصال درز

الف) در درزهای اجرایی باید سطح بتن را تمیز کرد و دوغاب خشک شده را از روی آن زدود

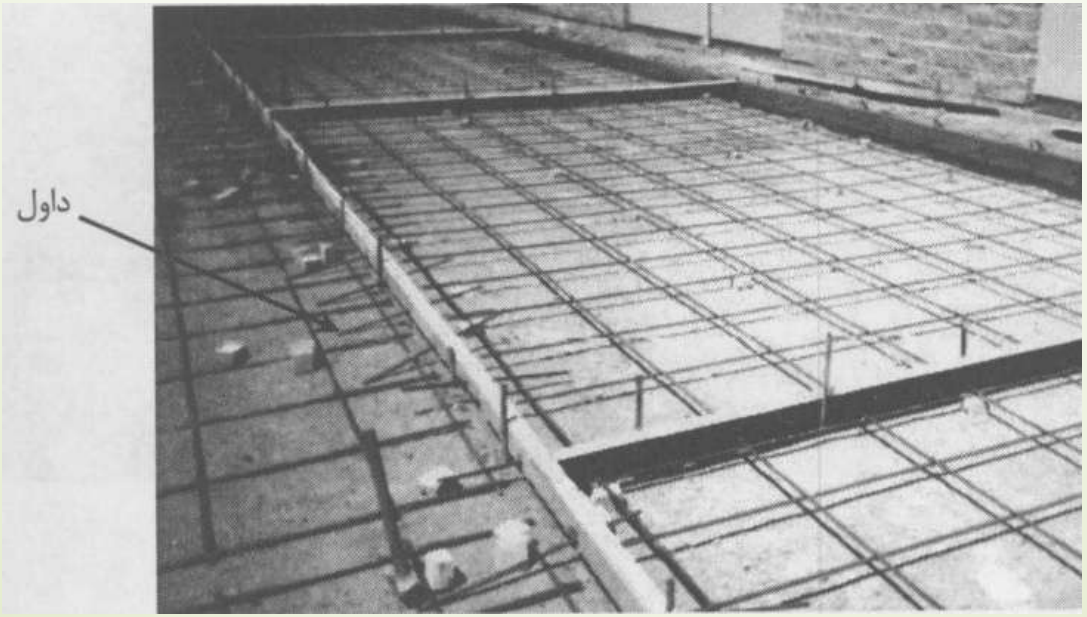
ب) برای تأمین پیوستگی بتن در محل درزهای اجرایی باید سطح بتن قبلی را خشن ساخت

پ) بعد از اماده سازی سطح بتن قدیم و چند ساعت قبل از بتن‌ریزی، باید سطوح درزهای اجرایی با آب کاملاً اشباع شوند، اما باید صبر کرد تا آب اضافی روی سطح خشک شود و یا با استفاده از هوای فشرده، آب اضافی را از سطح زدود بنابراین باید تمامی سطوح درزهای اجرایی را قبل از بتن‌ریزی جدید به‌صورت اشباع با سطح خشک در آورد

ت) در صورتی‌که نیاز به پیوستگی بیش‌تر بین سطوح محل درز باشد، می‌توان از میلگرد آج‌دار (داوِل[1]) استفاده کرد. معمولاً این روش برای دال‌های کف مناسب است. به‌خصوص در مواردی که دال بار زیادی را تحمل می‌کند، مانند کف سالن‌های صنعتی و یا محوطه‌ای که محل آمد و شد ترافیک است



اتصال درز حرکتی با تعبیه میلگرد (داول)



جاگذاری میلگردهای کف‌سازی و تعبیه میلگرد (داول)

مشخصات و فواصل میلگرد اتصال (داول) در درِز ساخت

ضخامت دال (میلی‌متر)	قطر میلگرد آج‌دار (میلی‌متر)	طول میلگرد (میلی‌متر)	فاصله میلگرد (میلی‌متر)
۱۲۰-۲۰۰	۱۲	۷۵۰	۷۵۰
۲۳۰-۳۲۰	۱۶	۷۵۰	۷۵۰

ث) استفاده از دوغاب سیمان برای اتصال درز اجرایی بنابر دلایل زیر توصیه نمی‌شود

- آزمایش‌ها نشان داده‌اند که چسبندگی بتن جدید و قدیم افزایش قابل توجهی ندارد.
- به‌علت محدودیت دسترسی به درز افقی در پایین قالب نصب شده عموماً اطمینان از یکنواختی پوشش دوغاب بر سطح بتن، سخت حاصل می‌شود.
- دوغاب‌کاری اصولی درزهای عمودی تقریباً غیر ممکن است.
- قبل از آنکه بتن تازه جاگذاری شود، خشک شدن دوغاب باعث بوجود آمدن همان لایه‌ی زایدی می‌شود که قبلاً پاک شده بود.
- در بتن‌های نمایان، ظاهر درز به وسیله خطی با رنگ‌های مختلف متمایز می‌شود.

درز حرکتی

عواملی چون تغییرات درجه حرارت، انقباض بتن و یا نشست‌های نامساوی ایجاد شده، نیروهای زیادی را در مقاطع مرتبط ایجاد می‌کنند که ادامه این روند تخریب ضعیف‌ترین بخش عضو بتنی را در پی دارد. برای همساز کردن جابه‌جایی‌های نسبی قسمت‌های مختلف سازه و کاهش نیروهای ناشی از آن، از درزهای حرکتی استفاده می‌شود. درزهای حرکتی در انواع زیر دسته‌بندی می‌شوند.

درزهای انبساط

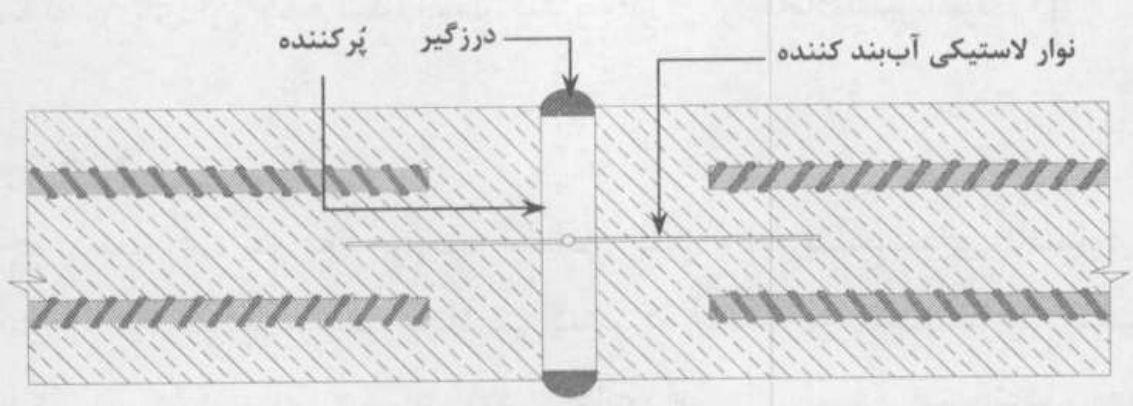
همان‌طورکه از نام این درز پیداست برای کنترل تغییر طول اعضای ناشی تغییرات حرارتی (انبساط و انقباض) تعبیه می‌شود که ضوابط آن در ادامه بررسی می‌شود:

الف) در صورت عدم در نظر گرفتن تأثیر تغییرات حرارتی و عوامل ناشی از آن و درصورتی‌که طول یا عرض ساختمان از ۲۵ متر در مناطق خشک، یا ۳۵ متر در مناطق معتدل، یا ۵۰ متر مناطق مرطوب تجاوز کند، اجرای درز انبساط در آن الزامی است. این درز باید در محل یا محل‌هایی در نظر گرفته شود که فاصله بین هر دو درز متوالی از مقادیر فوق تجاوز نکند. در صورت عدم اجرای درز در پی، اثرات ناشی از رفتار ناهمسان دو قسمت سازه، در پی اعمال گردد

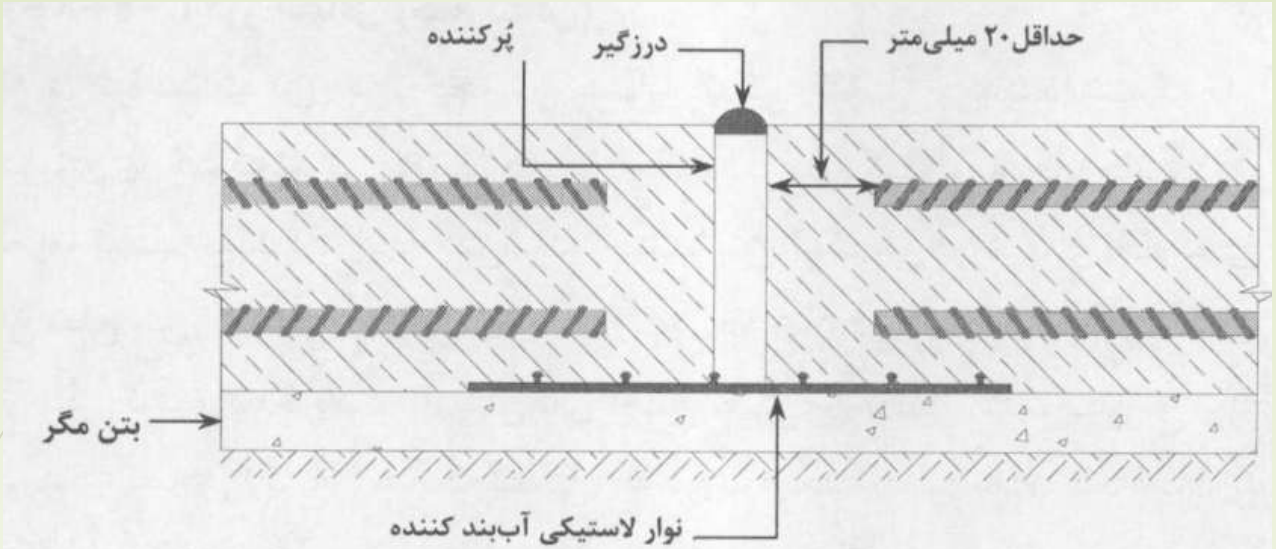
حداقل عرض درز انبساط برابر با $\alpha L(\Delta T)$ می‌باشد. در این رابطه، α برابر با $^{\circ}C$ $^{-6}$۱۰×۱۰ در نظر گرفته می‌شود. درصورتی‌که آمار قابل قبول مورد نیاز برای ΔT وجود نداشته باشد آن را برابر با ۶۰ درجه سلسیوس بر حسب حداقل ۳۰- و حداکثر ۳۰+، در نظر گرفته می‌شود. این مقدار لازم است ضوابط مبحث ششم مقررات ملی ساختمان را نیز برای درز انقطاع تأمین نماید

ب) یک درز انبساطی باید با کم‌ترین مقاومت در برابر انقباض و انبساط قادر به باز و بسته شدن باشد و از طرفی در مقابل کلیه حرکت‌های محتمل در محل درز، آب‌بند باقی بماند. یک درز انبساط به‌طور کلی از ۳ جزء اصلی تشکیل شده است (شکل ۳-۹۶) [۹]:

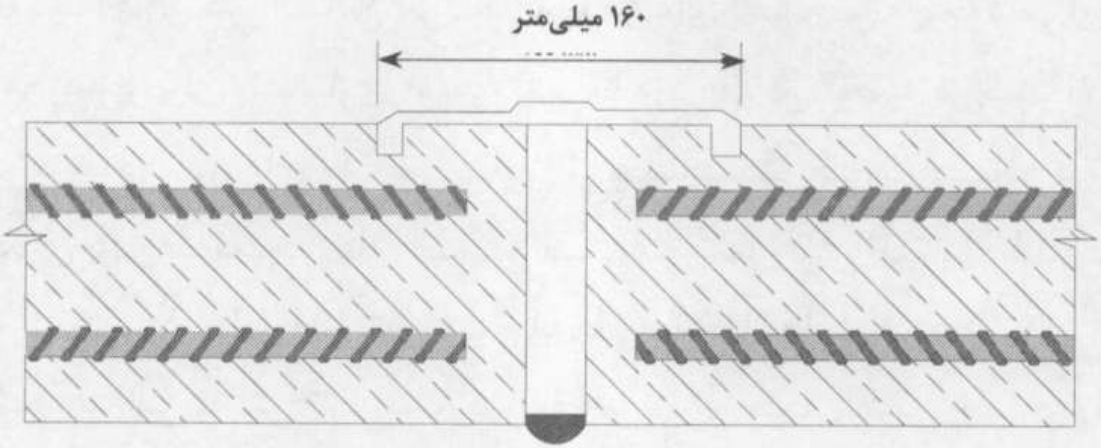
- پر کننده درز
- درزگیر
- آب‌بند کننده (فقط در مورد سازه‌های آبی کاربرد دارد)



اجزای درز انبساط قائم



الف) اجزای درز انبساط افقی در کف



ب) اجزای درز انبساط افقی در سقف

اجزای درز انبساط افقی در کف یا سقف آب‌بند

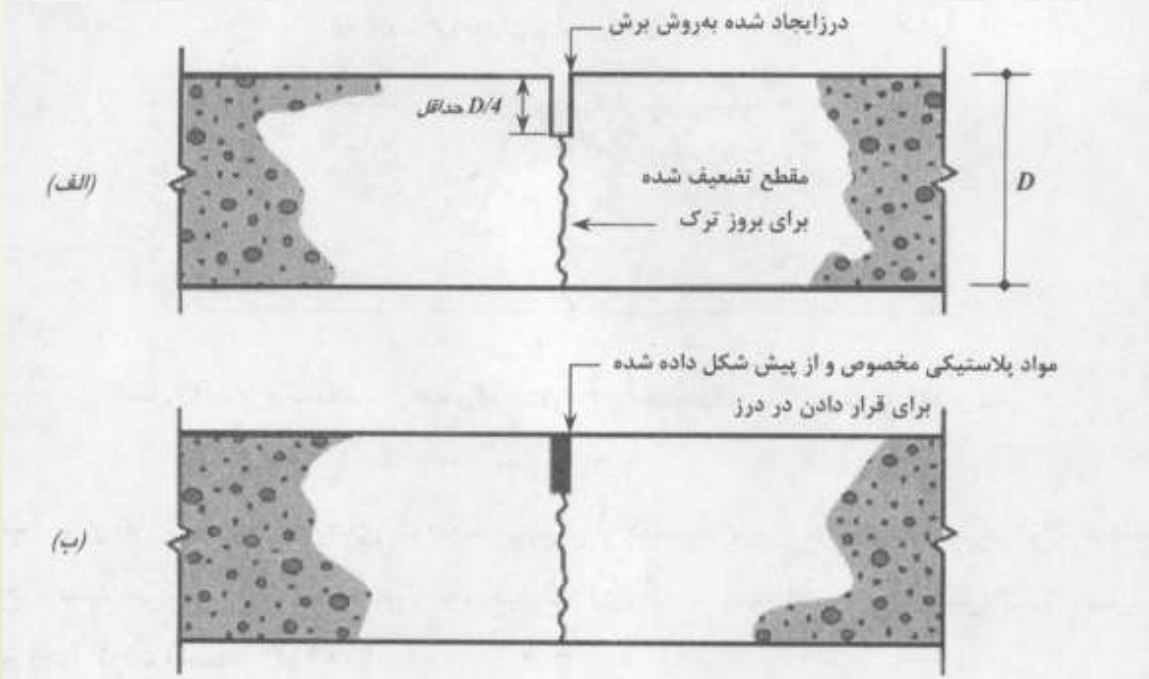
درز انقباض (جمع شدگی)

در فرآیند گیرش بتن، حجم آن همواره اندکی کاهش خواهد داشت که به آن جمع‌شدگی خمیری یا خشک‌شدگی گویند. در این حالت اگر بتن نسبت به جابه‌جایی دارای قید باشد که عموماً توسط میلگردها ایجاد می‌شود، احتمالاً بتن ترک می‌خورد. برای جلوگیری از بروز ترک‌ها در سطح بتن، درزهای انقباض تعبیه می‌شود. در مواردی که میلگرد به‌اندازه کافی در عضو بتنی در نظر گرفته شده باشد تا تنش‌های جمع‌شدگی را تحمل کند، نیاز به درز انقباض نیست. درزهای انقباض (کنترل یا جمع‌شدگی) به‌صورت ایجاد شیار ساده، دندانه‌دار، زبر شده و یا در شکل‌های خاصی در قطعه بتنی ایجاد می‌شود. درز انقباض عملکردی مشابه فیوز در قطعات بتنی را دارد به طوری‌که با ایجاد یک مقطع ضعیف عملاً وقوع ترک‌های احتمالی را در این محل متمرکز می‌کند تا از پخش ترک‌ها در تمام سطح بتن پیشگیری شود. در صورت عدم رعایت محل یا جزییات اجرای درز انقباض، ترک‌ها در محل‌های نامشخص به‌وجود می‌آیند.

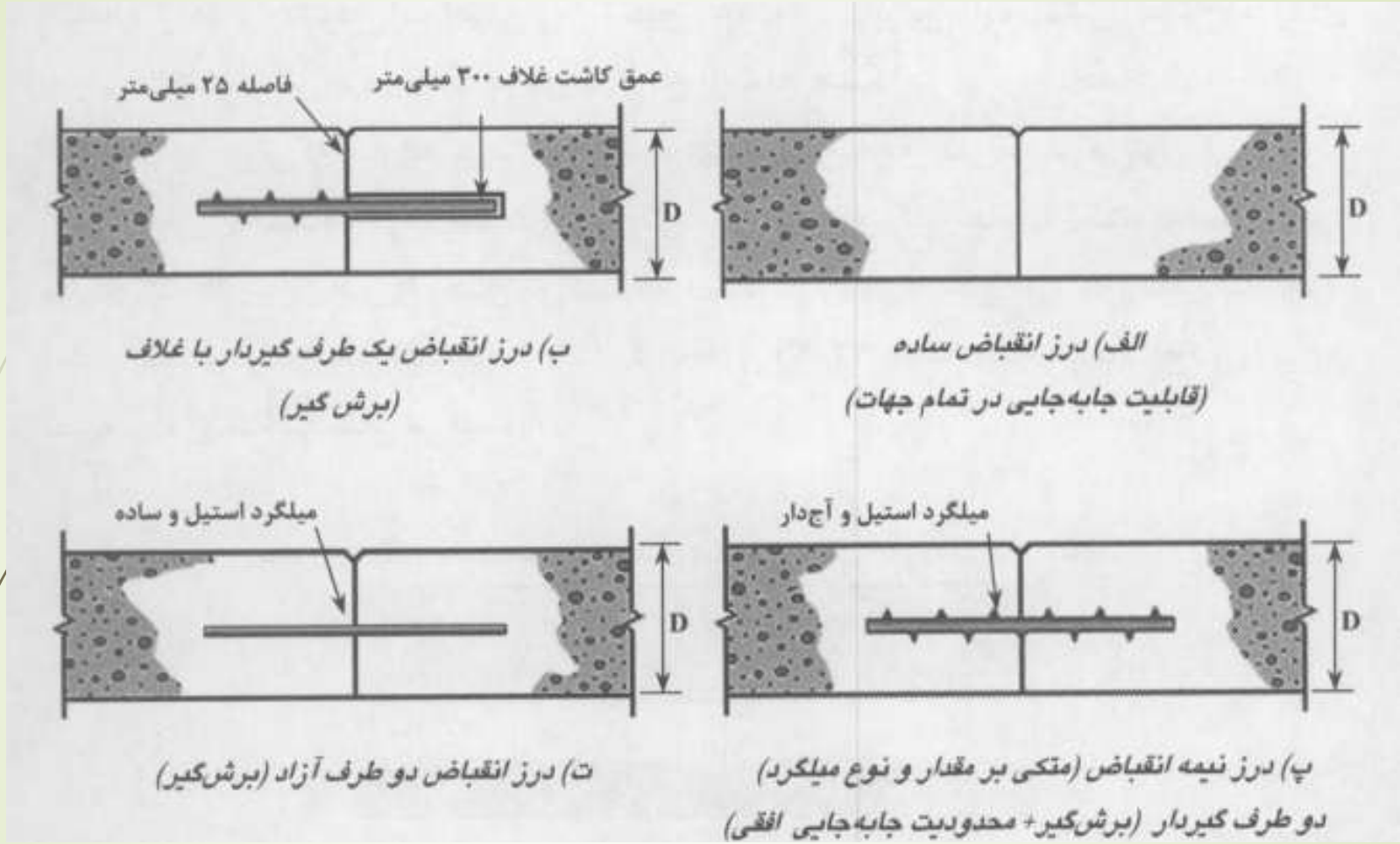
الف) برای ساخت درزهای انقباض می‌توان از وسیله دستی لبه‌زن استفاده نمود. اره ماشینی، وسیله‌ی دیگری برای ساخت درزهای انقباضی است، ولی عمل برش هنگامی باید آغاز گردد که بتن سخت شده باشد، در غیر این صورت، باعث جابه‌جایی سنگدانه‌ها می‌گردد

توصیه می‌شود هنگامی‌که بتن تازه است، درز انقباض (برای جمع شدگی خمیری) اجرا گردد، زیرا اگر بتن سخت شود، باید از وسایل ذکر شده برای ایجاد درز استفاده کرد. بر همین اساس در زمانی که بتن تازه است با گذاشتن یک نوار چوبی یا فلزی در محل مورد نظر می‌توان درز را ایجاد کرد.

تصویر (۳-۹۸): استفاده از دستگاه برش برای ایجاد درز در بتن سخت شده



اشکال (۳-۹۹): ایجاد درز توسط برش در عمق مشخص و پُر کردن آن با نوارهای لاستیکی



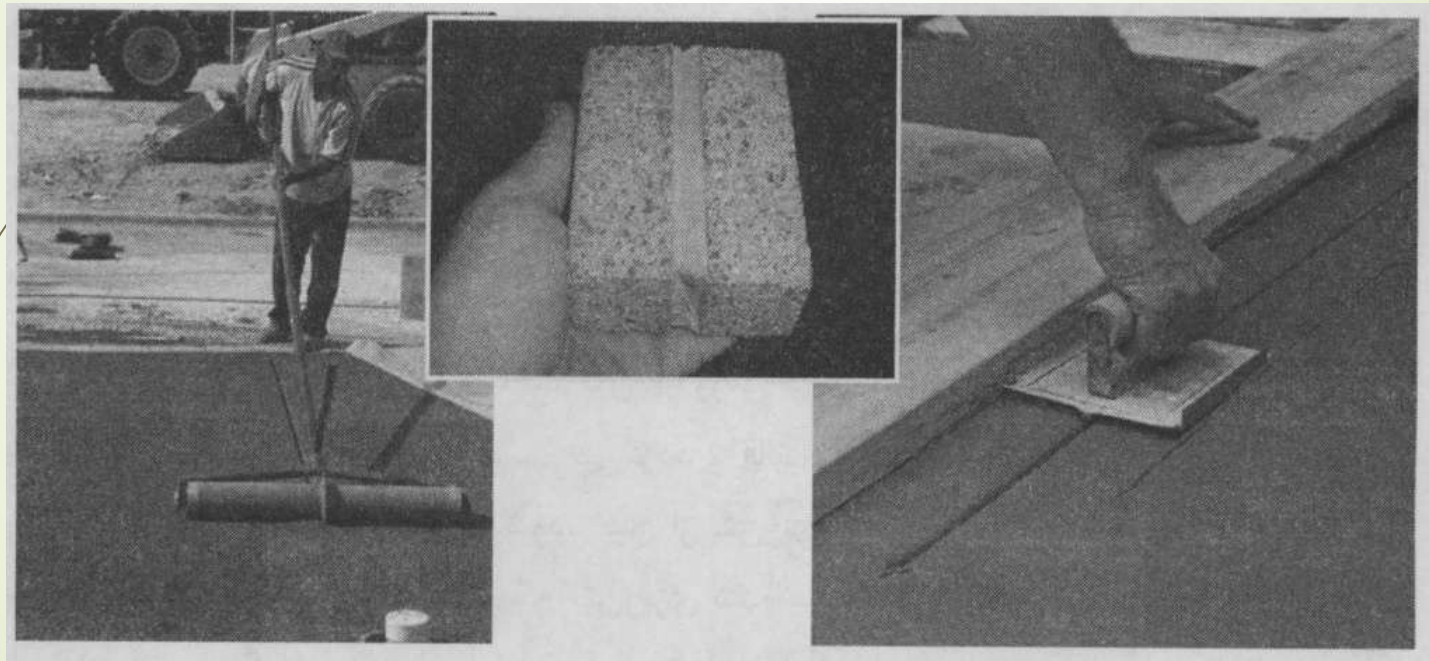
الف) درز انقباض ساده
(قابلیت جابه‌جایی در تمام جهات)

ب) درز انقباض یک طرف گیردار با غلاف
(برش گیر)

پ) درز نیمه انقباض (متکی بر مقدار و نوع میلگرد)
دو طرف گیردار (برش‌گیر+ محدودیت جابه‌جایی افقی)

ت) درز انقباض دو طرف آزاد (برش‌گیر)

ب) ایجاد درزهای انقباض در بتن تازه نیز با استفاده از نوارهای پلاستیکی، فلزی و چوبی امکان‌پذیر است. برای نصب نوارها، یک شیار به وسیله ماله و یا شیارزن در بتن تازه ایجاد کرده و سپس نوارها در آن شیار گذاشته می‌شود. پس از اتمام عملیات ایجاد درزها، باید با استفاده از ماده درزگیر، نسبت به پُر کردن درزها اقدام نمود با پُر کردن درزها، از لبه‌های درز محافظت شده و عبور ترافیک (آمد و شد) بدون اشکال انجام می‌شود



استفاده از دستگاه برش برای ایجاد درز در بتن تازه

حداکثر فاصله درزهای انقباضی

ضخامت دال (میلی‌متر)	اسلامپ ۱۰۰ تا ۱۵۰ میلی‌متر – فواصل درزها (متر)*		اسلامپ کم‌تر از ۱۰۰ (میلی‌متر) فواصل درزها (متر)
	حداکثراندازه سنگدانه ۲۰ میلی‌متر	حداکثراندازه سنگدانه بیش از ۲۰ میلی‌متر	
۱۰۰	۳/۰	۲/۴	۳/۶۰
۱۲۵	۳/۹۰	۳/۰	۴/۵۰
۱۵۹	۴/۵۰	۳/۶۰	۵/۴۰
۱۷۵	۵/۴۰	۴/۲۰	۶/۳۰
۲۰۰	۶/۰۰	۴/۸۰	۷/۲۰
۲۲۵	۶/۹۰	۵/۴۰	۸/۱۰
۲۵۰	۷/۵۰	۶/۰۰	۹/۰۰

درزهای انقطاع

۱-۴-۱ برای حذف و یا کاهش خسارت و خرابی ناشی از ضربه ساختمان‌های مجاور به یکدیگر، ساختمان‌ها باید با پیش‌بینی درز انقطاع از یکدیگر جدا شده و یا با فاصله‌ای حداقل از مرز مشترک با زمین‌های مجاور ساخته شوند. برای تأمین این منظور، در ساختمان‌های با هشت طبقه وکمتر، فاصله هر طبقه از مرز زمین مجاور حداقل باید برابر پنج هزارم ارتفاع آن طبقه از روی تراز پایه باشد. در ساختمان‌های با بیشتر از هشت طبقه و یا ساختمان‌های با اهمیت "خیلی زیاد" و "زیاد" با هر تعداد طبقه، عرض درز انقطاع باید با استفاده از ضابطه بند (۳-۵-۶) تعیین شود.

فاصله درز انقطاع را می‌توان با مصالح کم‌مقاومت، که در هنگام وقوع زلزله بر اثر برخورد دو ساختمان به آسانی خرد می‌شوند، به نحو مناسبی پر نمود به‌طوری که پس از زلزله به سادگی قابل جایگزین کردن و بهسازی باشد.

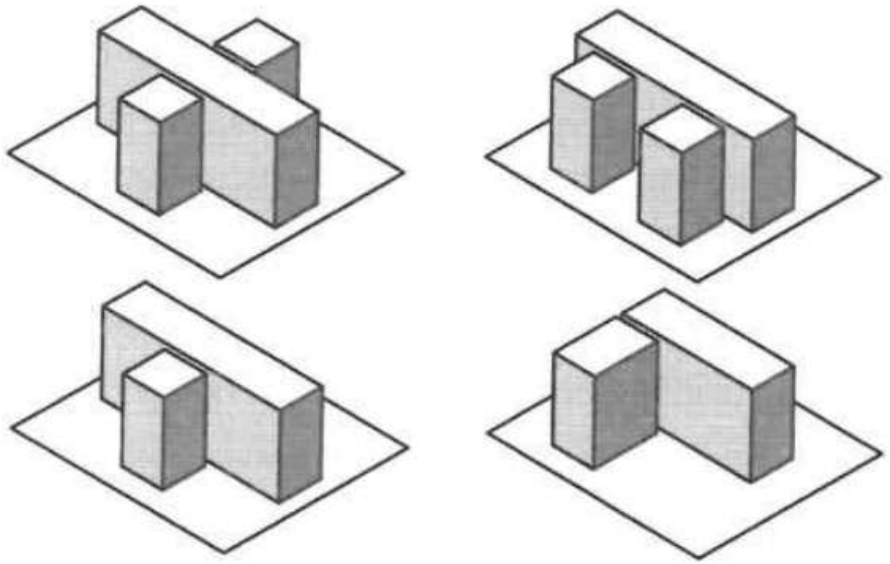
در ساختمان‌هایی که نسبت طول به عرض ساختمان از ۳ بیشتر است باید با ایجاد درز انقطاع آن را به مستطیل‌هایی تبدیل‌کرد که نسبت طول به عرض آنها از ۳ بیشتر نباشد در غیر این صورت تغییر شکل‌های ناشی از نبود درز انقطاع در تحلیل منظور گردد.

۷-۲-۲-۲ درز انقطاع

اگر پلان ساختمان واجد شرایط زیر باشد، باید با ایجاد درز انقطاع مطابق بند (۱-۶-۳) ساختمان را به قطعات مناسب‌تر مانند شکل (۷-۲) تقسیم کرد، به طوری که هر قطعه واجد شرایط بند (۷-۲-۲-۱) شود. در این صورت ادامه درزهای انقطاع در شالوده ساختمان الزامی نیست.

۱- نسبت طول به عرض پلان ساختمان بیشتر از ۳ باشد.

۲- پلان ساختمان نامتقارن بوده و یا دارای پیش‌آمدگی‌هایی بیش از مقادیر مندرج در زیربند۳ از بند (۷-۲-۲-۱) باشد.

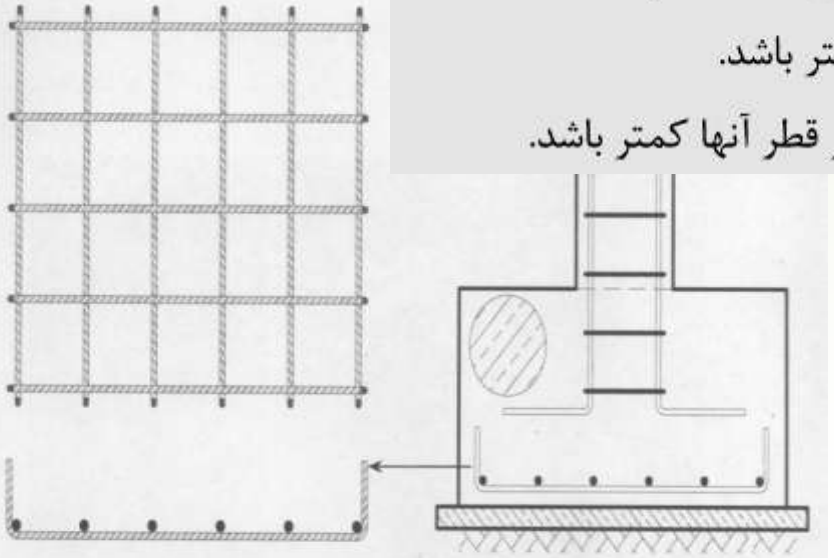


شکل ۷-۲ تقسیم ساختمان به قطعات مناسب با ایجاد درز انقطاع

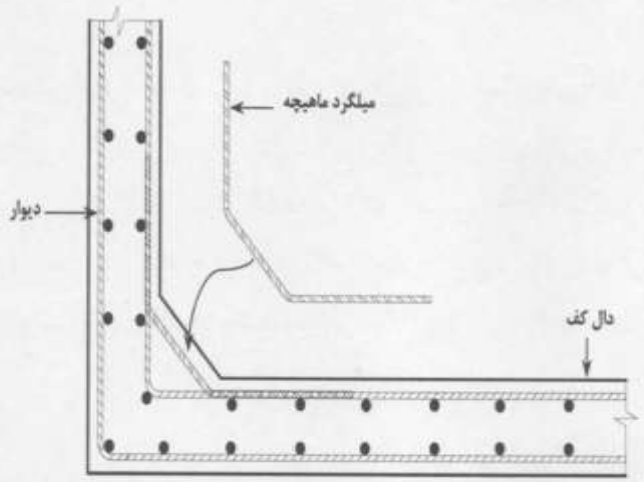
لوله‌ها و مجراهای مدفون در بتن دال‌ها، تیرها و دیوارها، به جز در مواردی که نقشه‌های آنها به تصویب مهندس طراح رسیده باشند، باید با هردوی ضوابط زیر مطابقت داشته باشند:

الف) ابعاد بیرونی آنها نباید از $\frac{1}{3}$ ضخامت کل قطعهٔ مورد نظر بیشتر باشد.

ب) فاصلهٔ مرکز تا مرکز هر دو لوله یا مجرای مجاور نباید از ۳ برابر قطر آنها کمتر باشد.



اشکال (۱-۹): مش‌بندی مورد استفاده در کف فونداسیون تکی



شکل (۱-۱۰): کاربرد میلگرد ماهیچه در کنج‌های اتصال دیوار به دال بتنی

۹-۲۲-۸-۲ الزامات اجرایی

الف- نوع، اندازه، جزئیات و موقعیت اقلام جای گذاری شده که در مدارک ساخت نشان داده نشده‌اند، باید به تایید مهندس ناظر برسند.

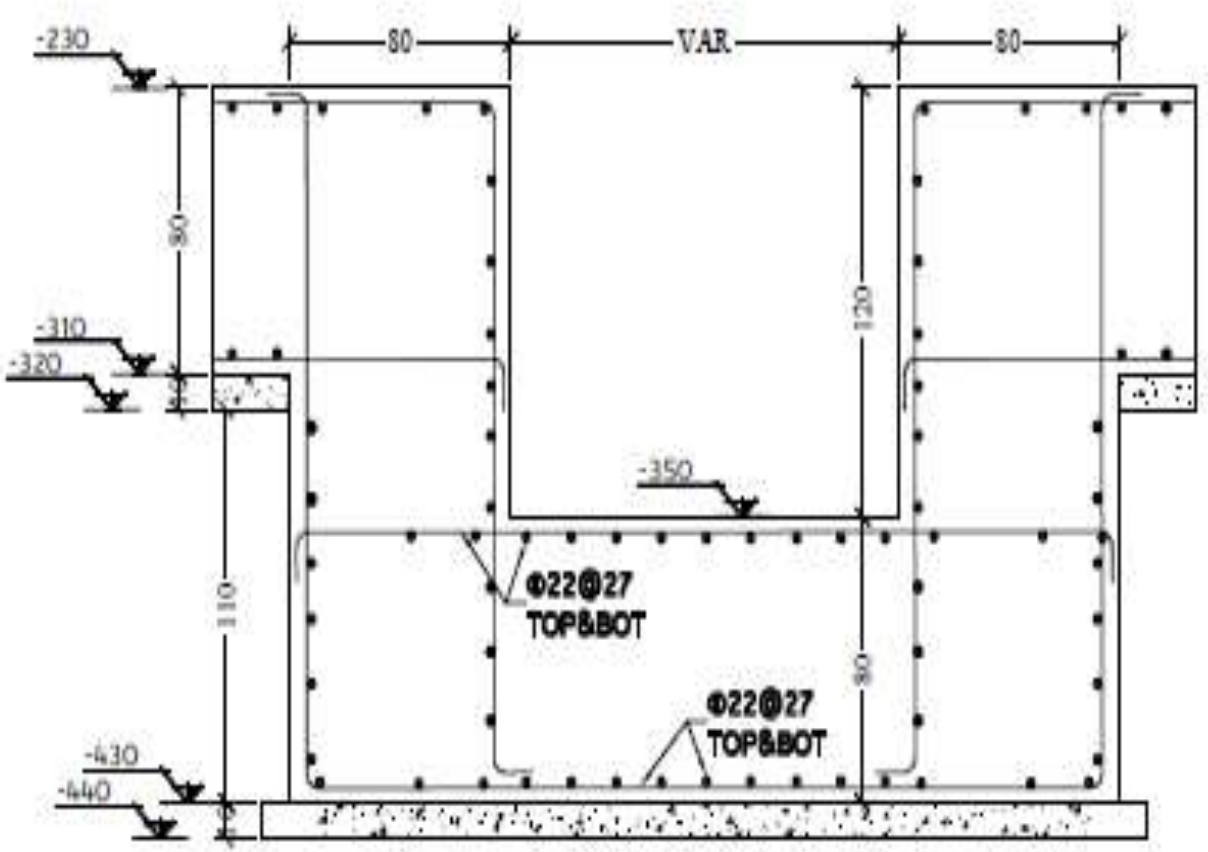
ب- اقلام جای گذاری شده‌ی آلومینیومی باید دارای پوشش حفاظتی باشند تا از واکنش بتن-آلومینیوم و واکنش الکترولیتی فولاد-آلومینیوم جلوگیری به عمل آورده شود.

پ- لوله‌ها و اتصالات آن‌ها که در مدارک ساخت نشان داده نشده‌اند، باید در برابر آثار ناشی از فشار مواد و دمای موثر بر آن‌ها طراحی شوند.

ت- قبل از آن که بتن به مقاومت مشخصه‌ی خود برسد، در لوله‌های جای گذاری شده نباید هیچ مایع، گاز یا بخار به جز آب با دمای کم‌تر از ۳۲ درجه‌ی سلسیوس و فشار کم‌تر از ۰/۳۵ مگاپاسکال جریان یابد.

ث- در دال‌ها، لوله‌ها باید بین شبکه‌ی میلگردهای بالا و پایین قرار داده شوند؛ مگر لوله‌هایی که برای گرمایش تشعشعی یا آب کردن برف و یخ در نظر گرفته شده باشند.

ج- لوله‌ها و غلاف‌ها باید طوری ساخته و نصب شوند که برش، خم زدن و جا به جایی میلگردها از محل تعیین شده، لازم نباشند.



جزئیات چاله آسانسور

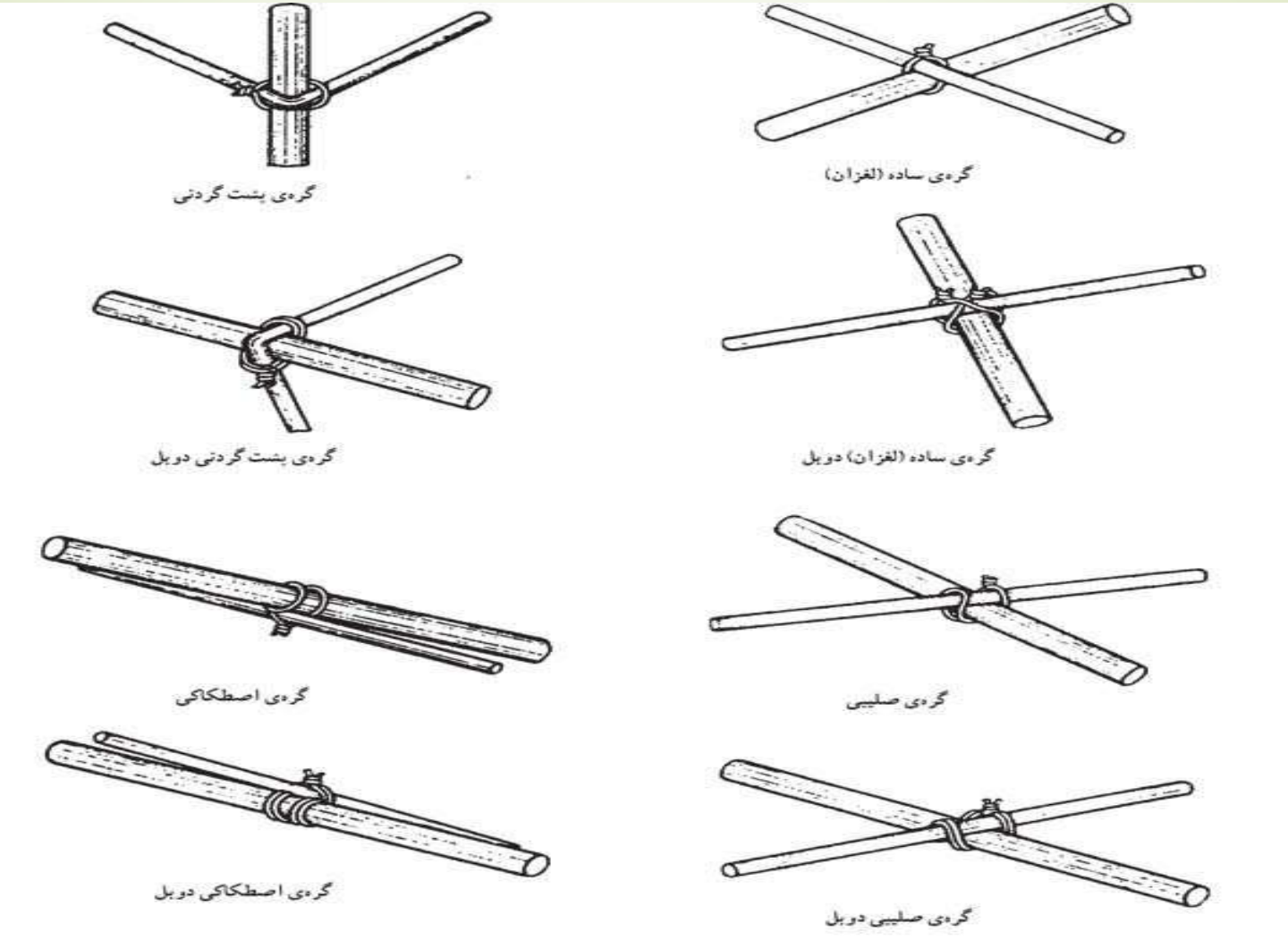
SC: 1/25

شکستن کاور تیرچه و گرفتن انصال برای نبشی سنگ نما

شکستن کاور تیر و گرفتن اتصال برای نبشی آسانسور

وارد کردن آسیب سازه ای به تیرچه و تیر بتنی

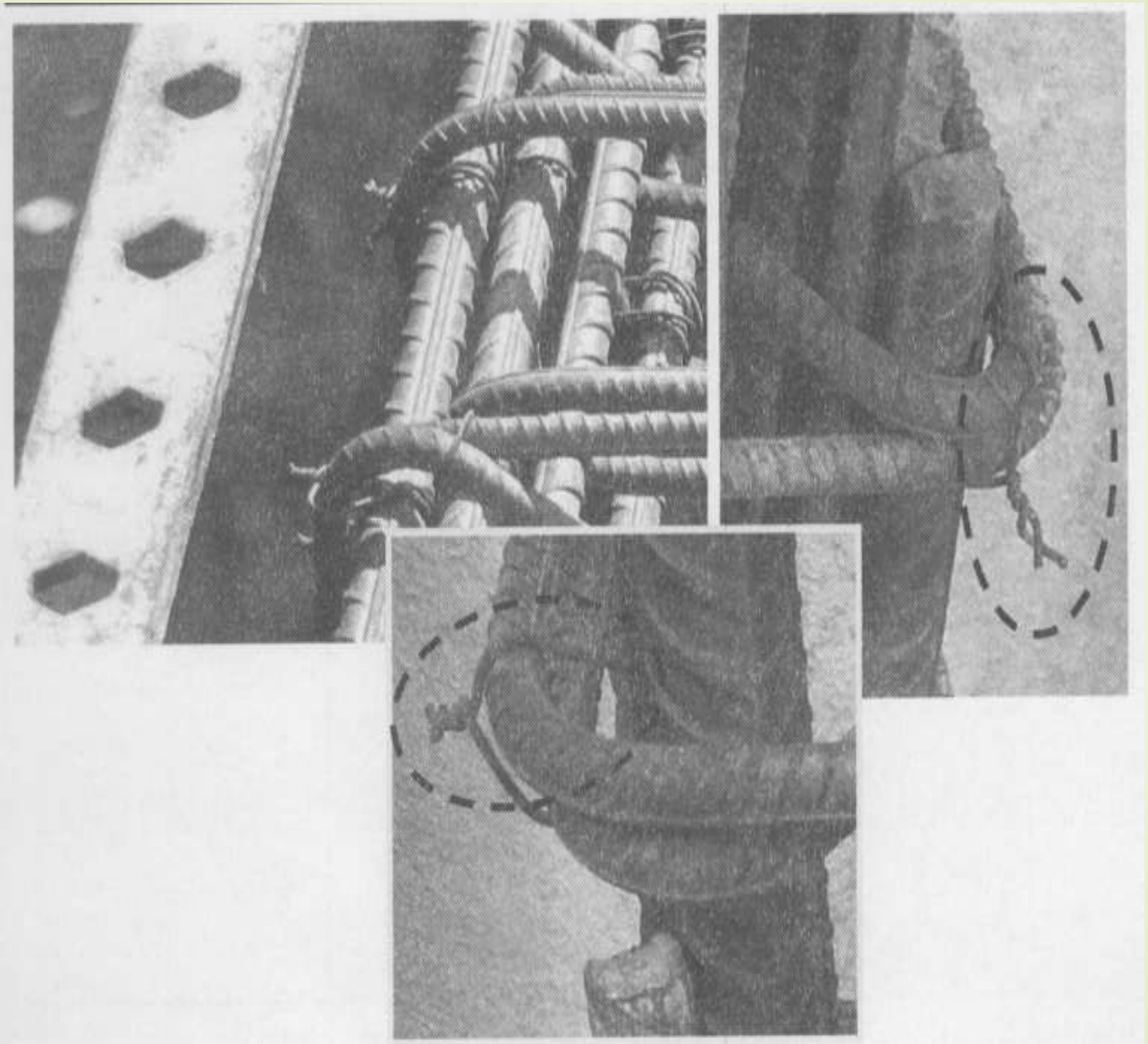
انواع گره ها:


گره‌ی ساده (لغزان)
گره‌ی پشت گردنی
گره‌ی ساده (لغزان) دوبل
گره‌ی پشت گردنی دوبل
گره‌ی صلیبی
گره‌ی اصطکاکی
گره‌ی صلیبی دوبل
گره‌ی اصطکاکی دوبل

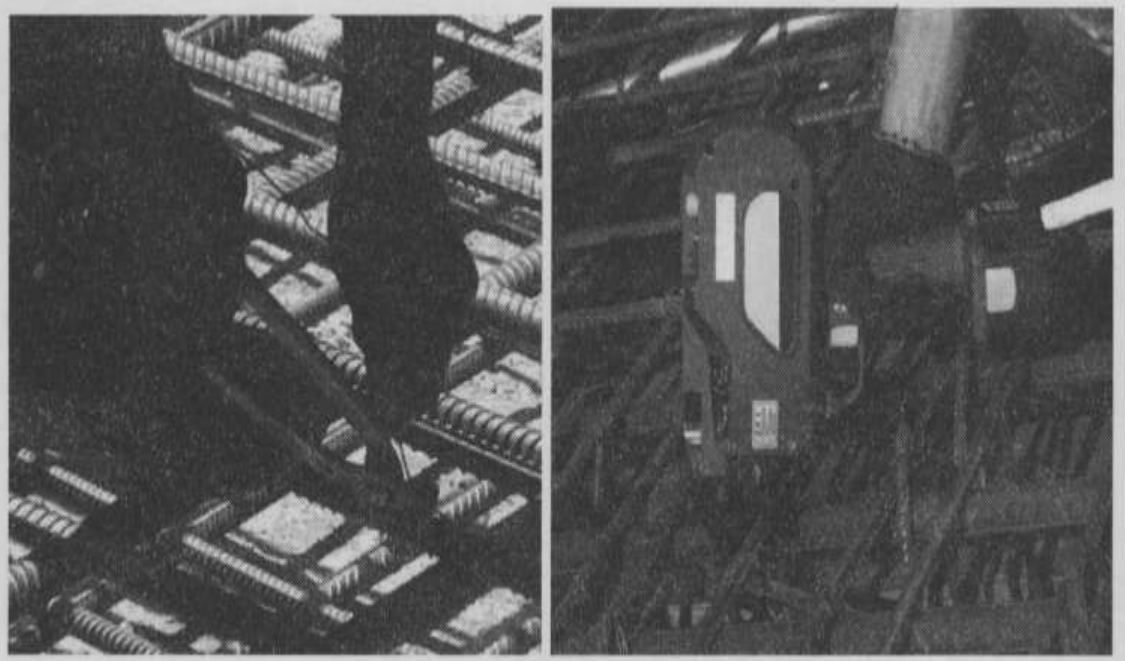
برای به‌هم بستن میلگردها و عناصر غیر سازه‌ای به آن‌ها باید از مفتول‌ها یا اتصال دهنده‌ها و گیره‌های فولادی استفاده کرد. باید توجه داشت که انتهای برجسته سیم‌ها، اتصال دهنده‌ها و گیره‌ها در قشر بتن محافظ (پوشش) واقع نشود [۱- بند ۹-۸-۱-۴-۵]، زیرا باعث کاهش ضخامت بتن پوششی می‌شود به‌عبارتی ضخامت بتن پوششی از روی سیم اتصال محاسبه می‌شود از این جهت در فصل چهارم بند (۴-۷-۲) بر داخل خم کردن انتهای سیم‌ها تأکید مجدد شده است (تصاویر ۱-۲۰).

معمولی‌ترین روش بستن میلگردها به یکدیگر استفاده از سیم است. معمولاً سیم نرم شده به قطر ۱ تا ۱/۵ میلی‌متر مورد استفاده قرار می‌گیرد و حدود ۴/۵ تا ۷ کیلوگرم سیم به ازای هر تن میلگرد مورد نیاز است. به منظور جلوگیری از جابه‌جایی میلگردها در نقاط تقاطع، کافی است به یکدیگر بسته شوند اگرچه نیازی به بستن سیم در همه‌ی تقاطع‌ها نمی‌باشد. بستن سیم‌های میلگردگذاری فقط به منظور نگهداری میلگردها قبل از بتن‌ریزی است و هیچ افزایش مقاومتی برای سازه ایجاد نمی‌کند [۶].

بستن میلگردها به یکدیگر توسط مفتول سیم را اصطلاحاً «گِره» می‌نامند. بر حسب نوع میلگردهای اتصالی می‌توان از گره‌های متنوعی استفاده نمود که برخی از مهم‌ترین آن‌ها در اشکال (۱-۲۱) آمده است. ابزار سنتی مورد نیاز برای اجرای گره در کشور انبر (پَنس) و ابزار پیشرفته آن دستگاه قابل حمل و اتوماتیک گره‌زن است (تصاویر ۱-۲۲).



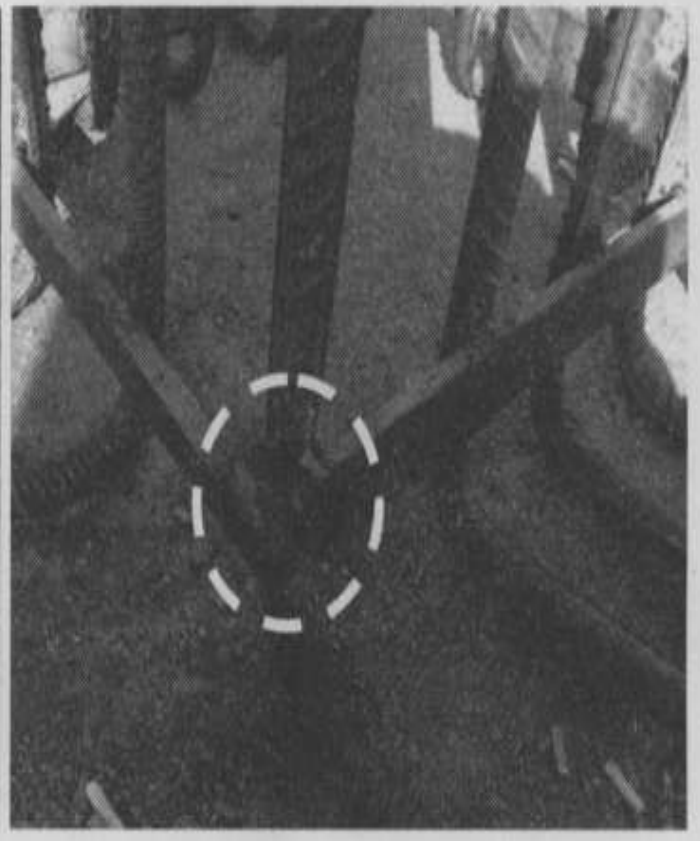
تصاویر (۱-۲۰): بلندی سیم‌های اتصال = کاهش ضخامت بتن محافظ



تصاویر (۱-۲۲): ابزارهای نوین و سنتی بستن سیم (گره)

کاربرد جوش برای اتصال میلگردها یکی از مباحث مهم اجرایی در ساختمان‌های بتن‌آرمه می‌باشد در این خصوص ضوابط موجود استفاده از جوشکاری با قوس الکتریکی برای به‌هم بستن میلگردهای متقاطع فقط برای فولادهای جوش‌پذیر و با تأیید دستگاه نظارت مجاز می‌دانند. این درحالی است که جوش نباید باعث کاهش سطح مقطع میلگردها و ایجاد زدگی در آن شود (تصاویر ۱-۲۳) [۱- بند ۹-۸-۱-۴-۶].

از طرفی برخی ضوابط اتصال میلگردهای عرضی به میلگردهای طولی توسط خال جوش مجاز ندانسته مگر آنکه از طریق آزمایش اطمینان حاصل شود که صدمه‌ای به میلگردها وارد نمی‌شود [۵].



تصاویر (۱-۲۳): جوشکاری میلگردهای متقاطع باعث صدمه به میلگرد طولی شده است

قالب بندی

قالب سازه موقت وگاه دائمی که وظیفه آن تحمل بارهای ناشی از بتن و همچنین ناشی

از اجرای بتن تاهنگامی است که خود بتن به جایی برسد که مقاومت لازم را پیدا نماید.

عملکرد قالب

- در برابر نیروی ویبره مقاومت کند.
- میلگردها را درمحل مورد نظر نگهدارد.
- عایق مناسبی دربرابرسرما و گرما باشد.
- ازکم شدن رطوبت ونشت شیره بتن جلوگیری کند.
- بتن را ازصدمات مکانیکی حفظ کند.
- قالب باید دربرابر نیروهای وارده ایمنی لازم راداشته باشد.
- قالب باید بتن رادرشکل موردنظردر محدوده رواداریهای مجاز نگهداری کند.

۳-۵ قالب‌بندی

اجرای قالب‌بندی کاری تخصصی می‌باشد که در صورت عدم تسلط تکنسین‌ها با این دانش، احتمال به خطر افتادن ایمنی کارگران و در رفتگی قالب افزایش یافته و شاهد تغییرات هندسی و موقعیتی عضو فراتر از رواداری مجاز خواهیم بود؛ حتی اگر از بهترین نوع قالب نیز استفاده شده باشد. در ادامه این بخش مهم‌ترین مواردی که در قالب‌بندی بتن باید به آن توجه شود، مورد بررسی قرار گرفته است.

۳-۵-۱ مواد رهاساز

چسبیدن بتن به قالب پس از گیرش همواره یکی از نکات حساس قالب‌بندی محسوب می‌شود. در صورت آغشته نمودن قالب به مواد رهاساز قبل از بستن قالب، چسبیدن بتن به قالب

اجزای قالب فلزی عبارت‌اند از:

۱- پانل‌های مسطح (بدنهٔ قالب) (شکل ۲۹)

۲- پین و گوه (شکل ۲۴)

۳- لوله، ناودانی و مقاطع فلزی قوی‌تر

۴- گیره کوتاه و بلند (شکل ۲۵)

۵- انواع کنج شامل:

- نبشی پانچ شده
- کنج بیرونی (شکل ۲۷)
- کنج پخی (شکل ۲۷)
- کنج درونی
- کنج درونی دوخم

۶- فیلر

۷- میان بولت‌های فلزی و پلاستیکی (شکل ۲۶)

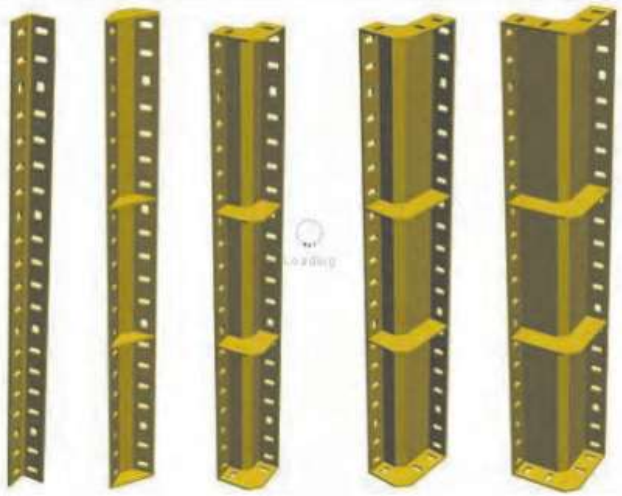
۸- جک‌ها شاقول‌کننده و شمع‌های حمایتی (شکل ۲۸)

۹- سکوی بتن‌ریز یا براکت

۱۰- قید

شکل ۲۴ ▲

شکل ۲۵ ▲

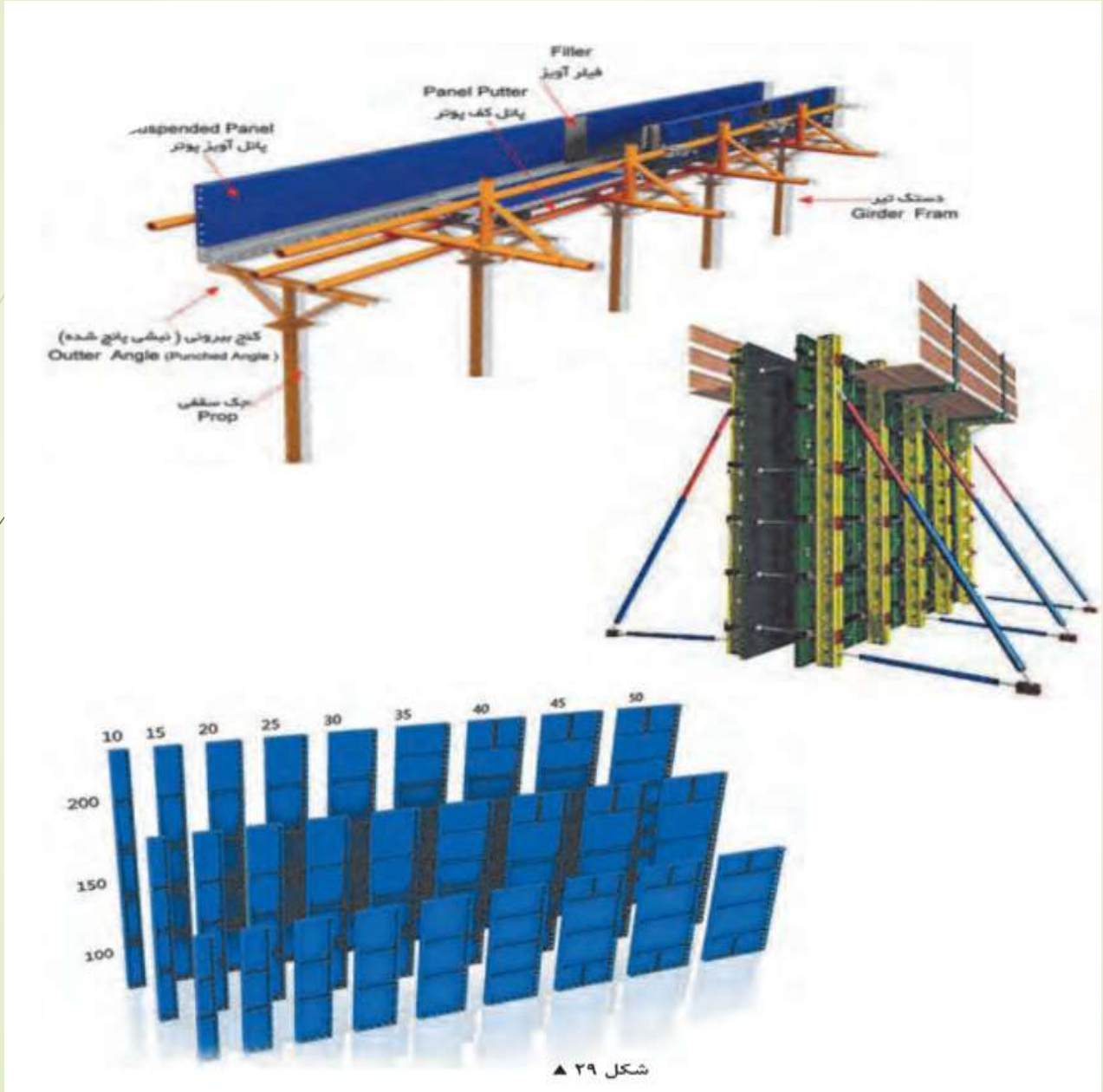


شکل ۲۷ ▲

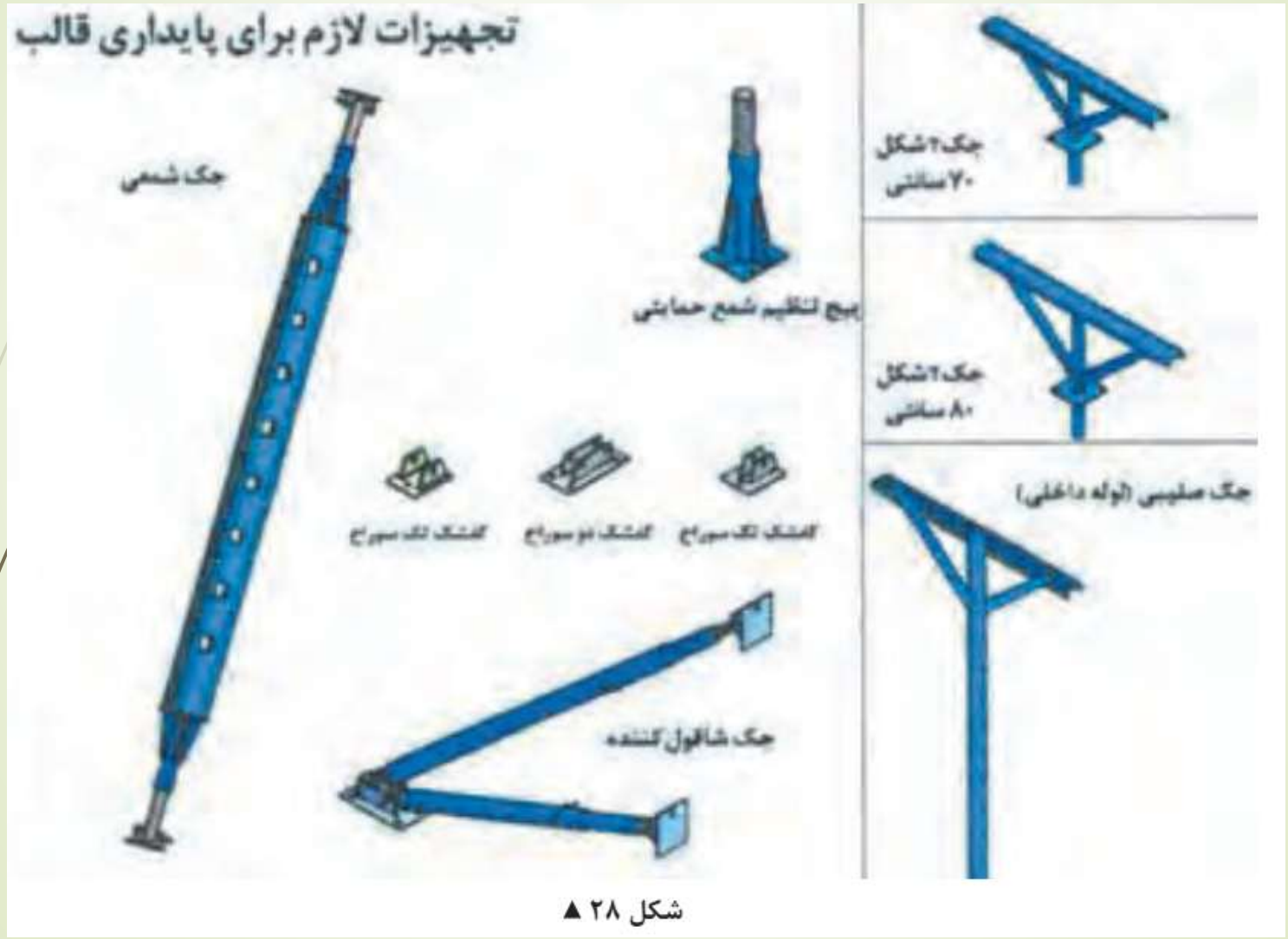
شکل ۲۶ ▲

بست قورباغه ای
بلت عصایی
پین و کوه
بست داربست چهار پیچ
مهره بلت
گیره لوله به لوله
گیره بلند
گیره متوسط
واشر دو لوله
واشر کاس
مغزی آبند چدنی
مغزی آبند فلزی

شکل ۲۷ ▲

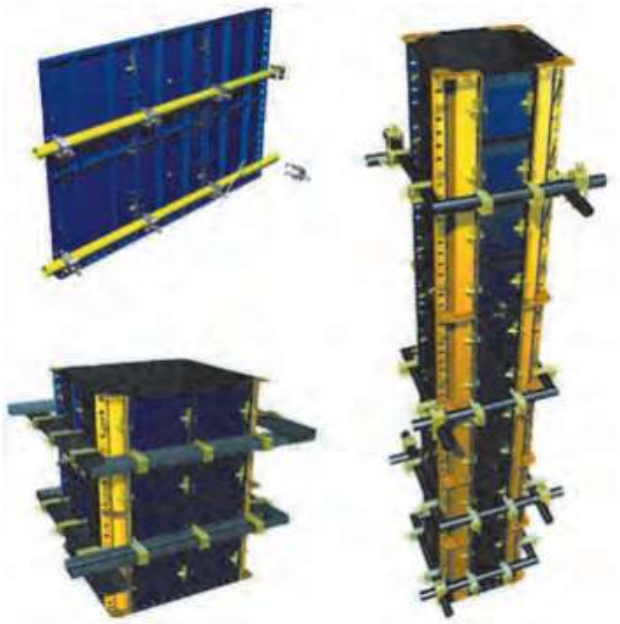

Filler
فیلر آویز
Panel Putter
پانل کف پوتر
Suspended Panel
پانل آویز پوتر
دستک تیر
Girder Fram
کنج بیرونی (نبشی پانچ شده)
Outter Angle (Punched Angle)
پرک سقفی
Prop
10
15
20
25
30
35
40
45
50
200
150
100

شکل ۲۹ ▲


تجهیزات لازم برای پایداری قالب
جک شمعی
پیچ تنظیم شمع حمایتی
گلمشک تک سوراخ
گلمشک دو سوراخ
گلمشک تک سوراخ
جک شاقول کننده
جک ۲شکل
۷۰ سانتی
جک ۲شکل
۸۰ سانتی
جک صلیبی (لوله داخلی)

شکل ۲۸ ▲

با ترکیب پانل‌های مسطح و انواع کنج‌های بیرونی می‌توان قالب‌بندی ستون‌ها را انجام داد. برای عمود نگه‌داشتن سطوح ستون نسبت به یکدیگر از قیدها استفاده می‌گردد. قیدها به دو نوع لوله‌ای و ناودانی هستند که دقیقاً به‌صورت گونیا می‌باشند. قیدهای لوله‌ای با گیرهٔ کوتاه و قیدهای ناودانی با گیره‌های بلند به بدنهٔ قالب بسته می‌شوند. برای اجرای دقیق‌تر ستون‌ها بهتر است از جک‌های شاقول کننده نیز استفاده گردد. (شکل‌های ۳۰ و ۳۱)



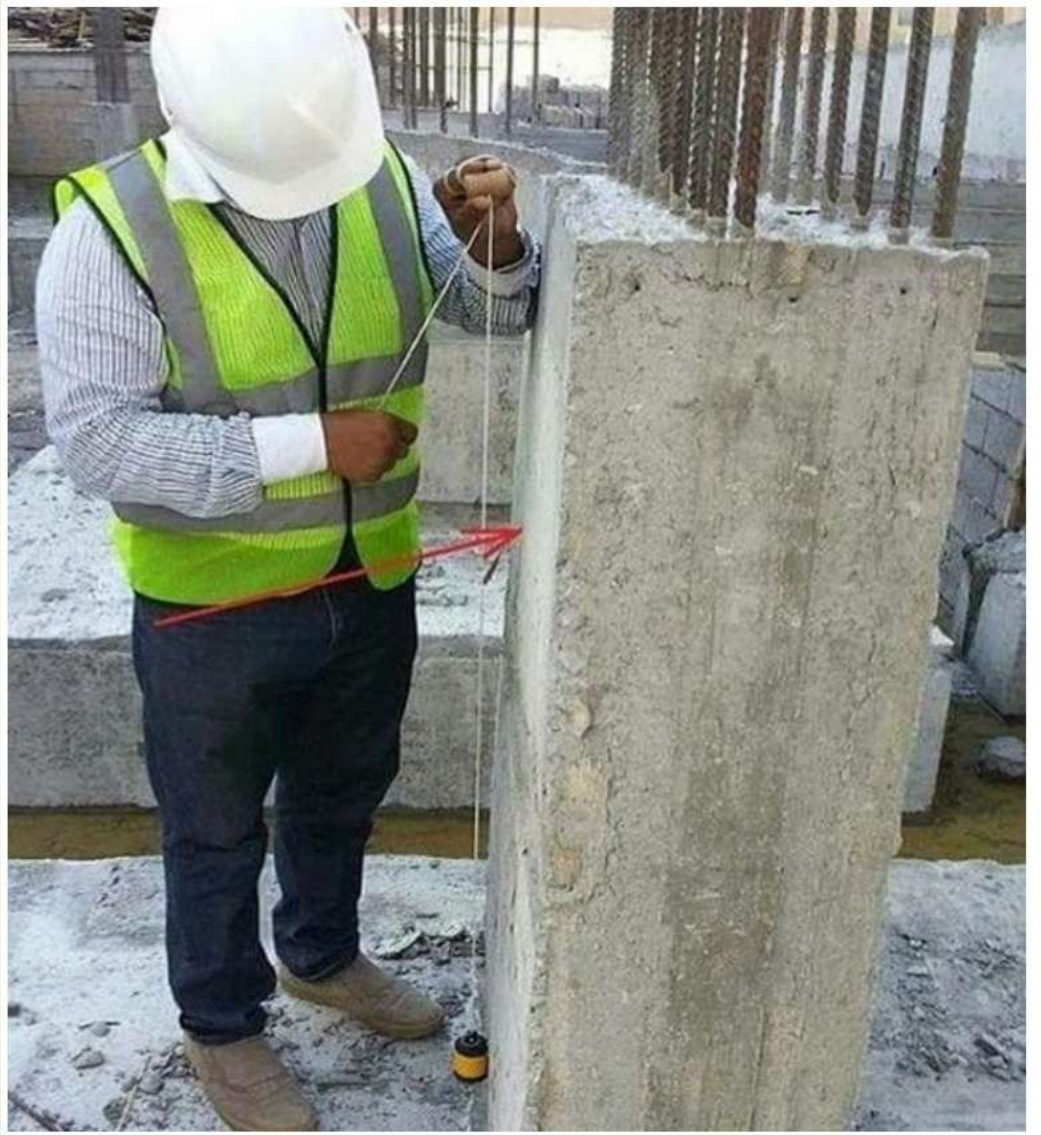
شکل ۳۰ ▲

در مرحله استقرار قالب برای اطمینان از رعایت پوشش مناسب میلگردها، در فواصل مناسب بر روی خاموت‌ها، نگهدارنده (Spacer) می‌بندیم تا پس از بستن قالب‌ها، میلگردها بدون این‌که به بدنه قالب بچسبند، در جای خود قرار گیرند و ضخامت مناسب لایه پوششی ایجاد شود. (شکل‌های ۳۲و۳۳)

شکل ۳۲ ▲

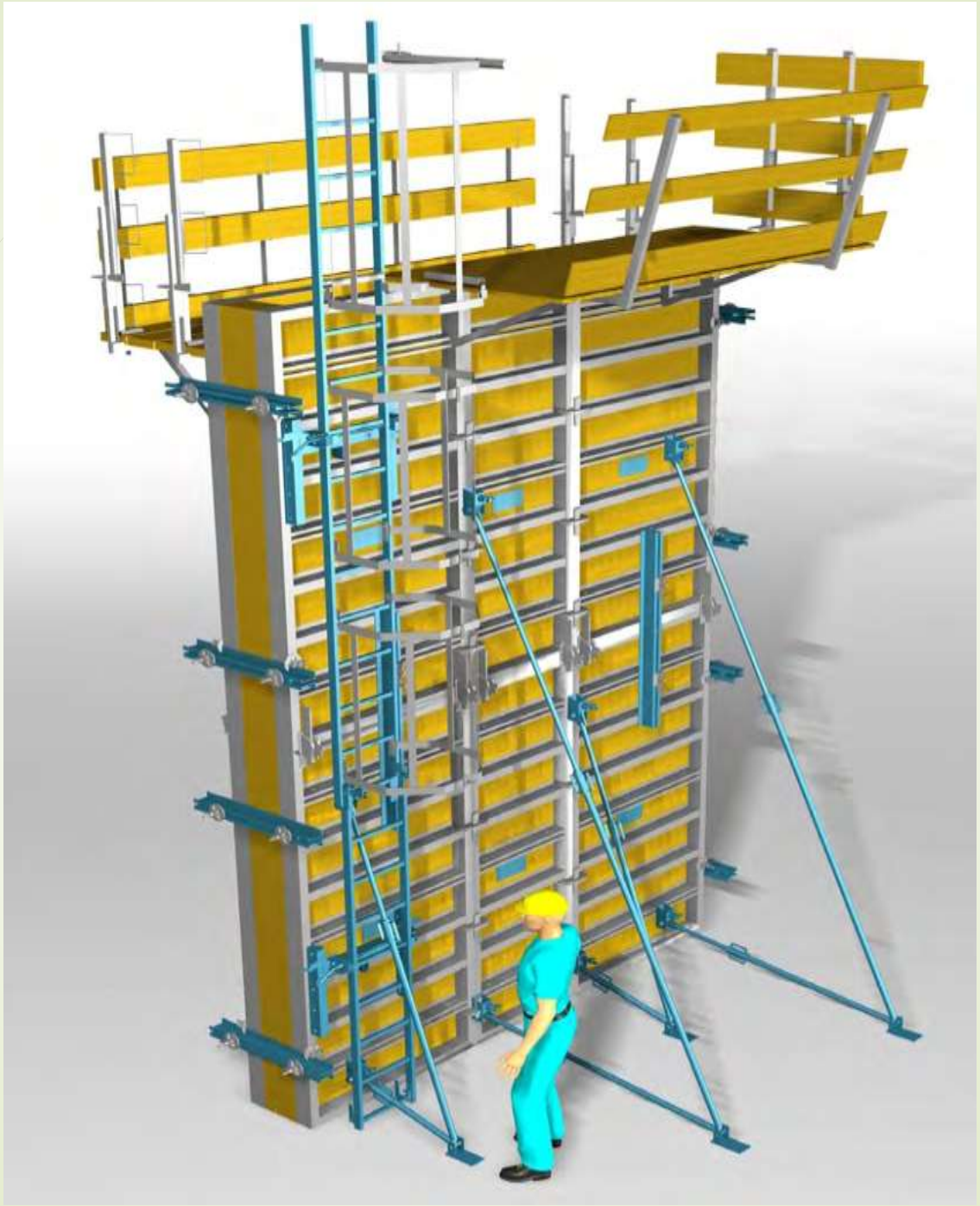
شکل ۳۳ ▲

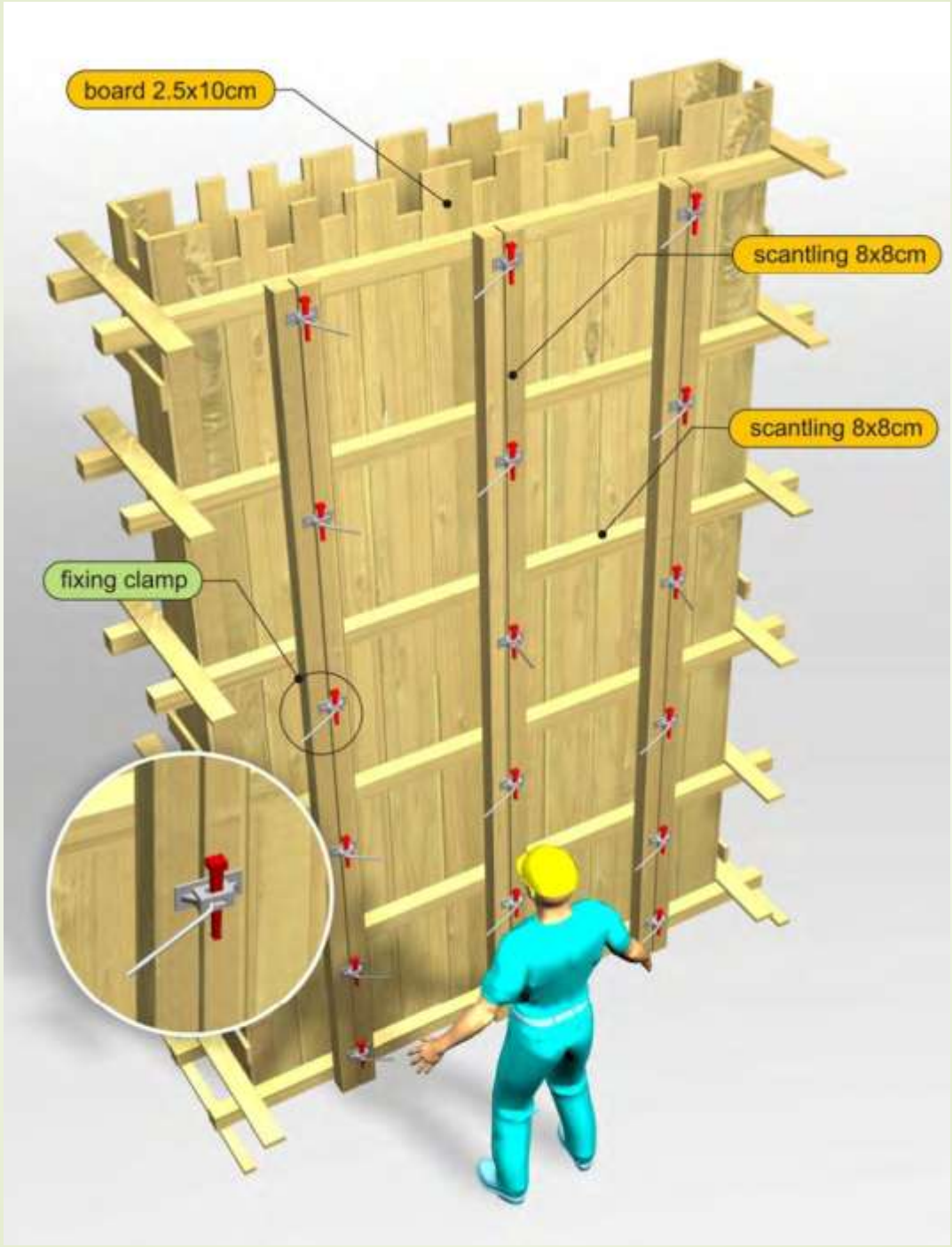
شکل ۳۱ ▲

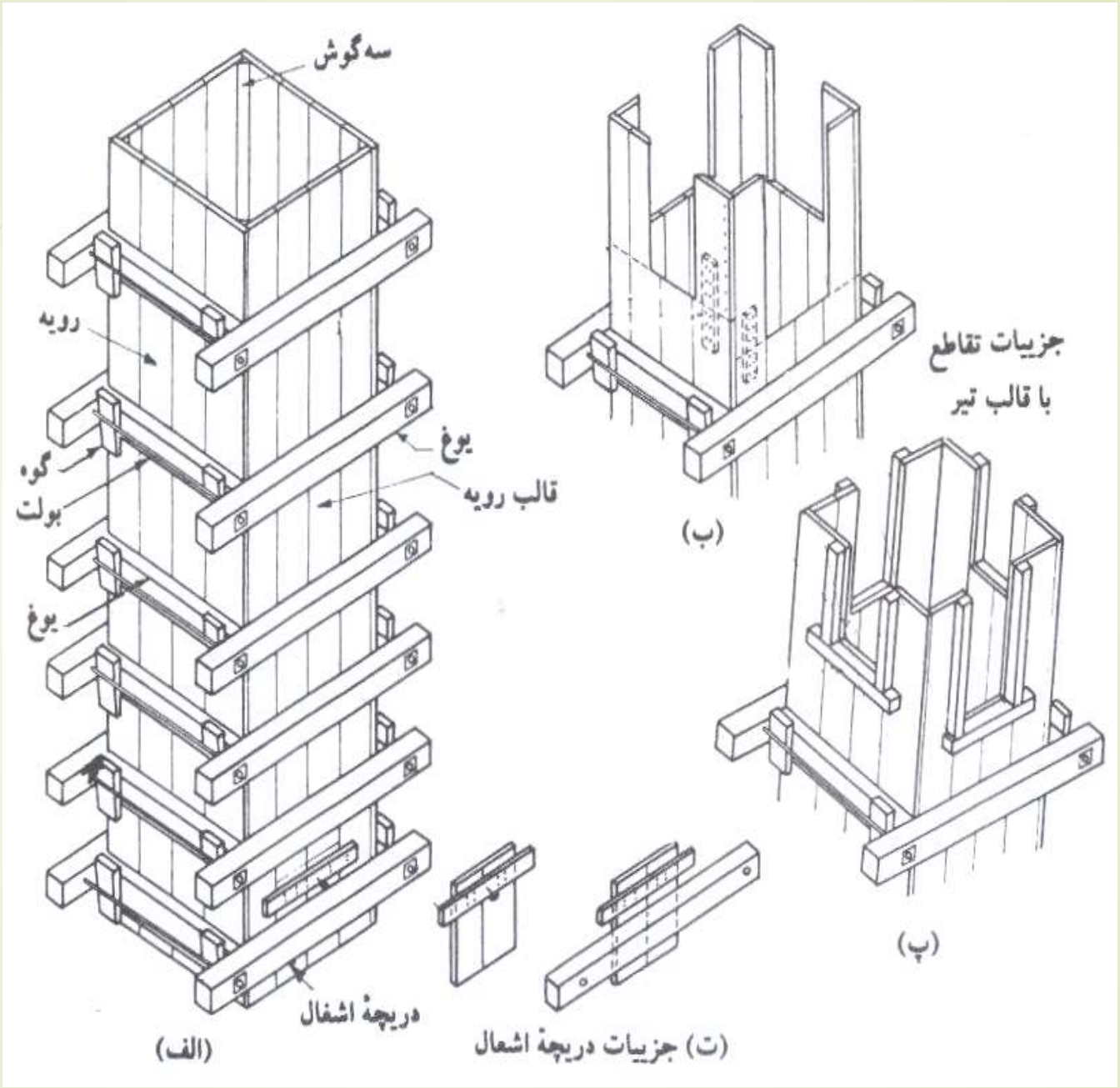


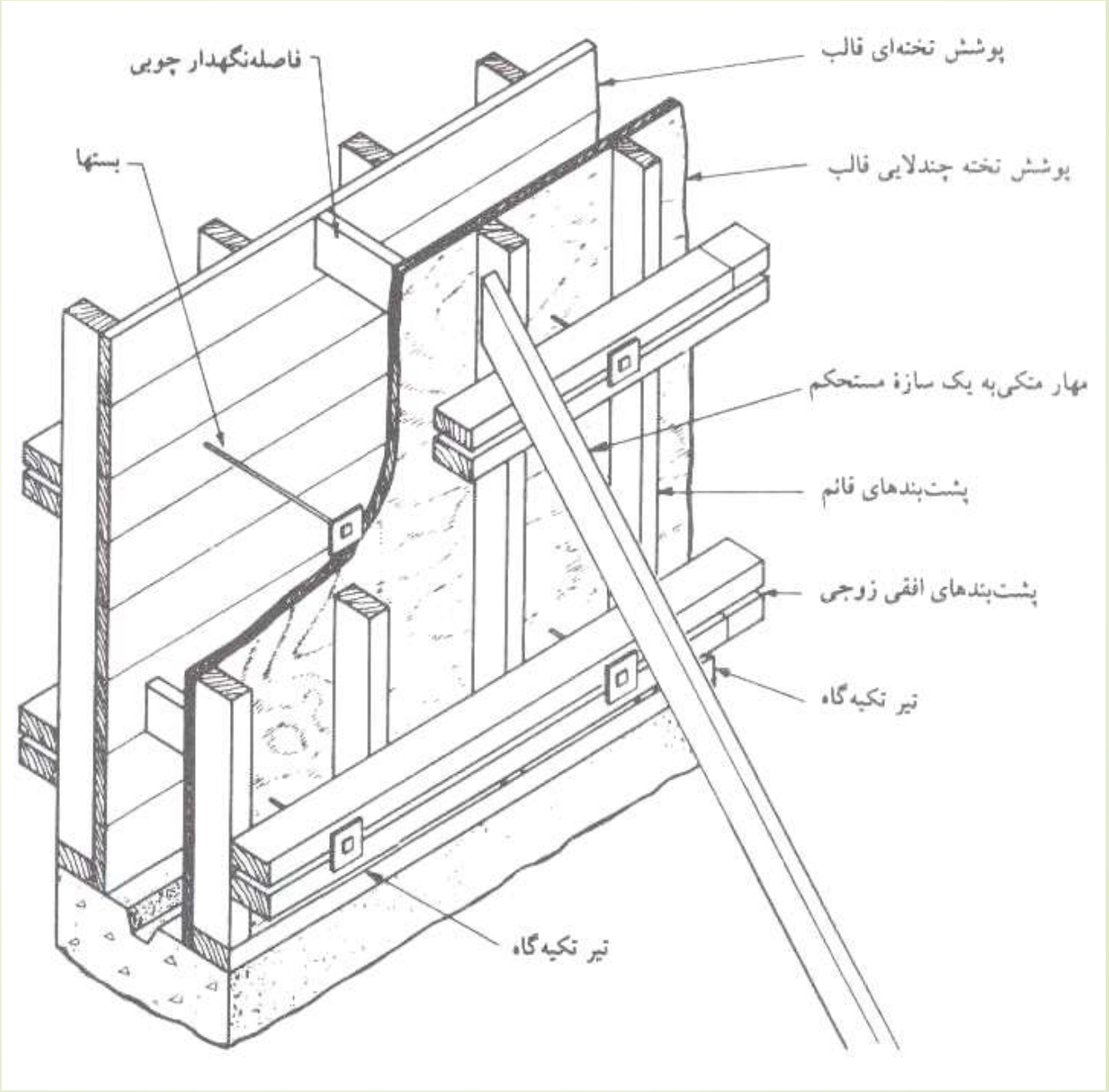
رواداریهای مجاز

ردیف	شرح							رواداری
۱	انحراف از امتداد قائم	الف	در لبه و سطح ستونها، پایه‌ها، دیوارها، نبشها و کنجها.					۶ میلیمتر در هر ۳ متر طول حداکثر ۲۵ میلیمتر در کل طول
		ب	برای گوشه نمایان ستونها، درزهای کنترل، شیارها و دیگر خطوط برجسته، نمایان و مهم.					۶ میلیمتر در هر ۳ متر طول حداکثر ۱۲ میلیمتر در کل طول
۲	انحراف از سطوح یا ترازهای مشخص شده در نقشه‌ها	الف	در سطح زیرین دالها، سقفها، سطح زیرین، تیرها، نبشها و کنجها قبل از برچیدن حایلها.					۶ میلیمتر در هر ۳ متر طول ۹ میلیمتر در هر چشمه یا هر ۶ متر طول حداکثر ۱۹ میلیمتر در کل طول
		ب	در نعل درگاهها، زیرسریها، جان پناههای نمایان شیارهای افقی و دیگر خطوط برجسته، نمایان و مهم					۶ میلیمتر در هر ۶ متر طول حداکثر ۱۲ میلیمتر در کل طول
۳	انحراف ستونها، دیوارها و تیغه‌های جدا کننده از موقعیت مشخص شده در پلان ساختمان			در هر چشمه				۱۲ میلیمتر
				در هر شش متر طول				۱۲ میلیمتر
				حداکثر در کل طول				۲۵ میلیمتر
۴	انحراف از اندازه و موقعیت بازشوهای واقع در کف و دیوار و غلافها							±۶ میلیمتر
۵	اختلاف در ابعاد مقطع عرضی ستونها و تیرها و ضخامت دالها و دیوارها	الف	در جهت نقصانی					۶ میلیمتر
		ب	در جهت اضافی					۱۲ میلیمتر
۶	شالوده‌ها	الف	اختلاف اندازه‌ها در پلان	نقصانی				۱۲ میلیمتر
				اضافی				۵۰ میلیمتر
		ب	جابجایی یا خروج از مرکز					دو درصد عرض شالوده در امتداد طول مورد نظر مشروط بر آنکه بیش از ۵۰ میلیمتر نباشد.
		پ	ضخامت	کاهش ضخامت نسبت به آنچه تعیین شده				۵ درصد
				افزایش ضخامت نسبت به آنچه تعیین شده				محدودیتی ندارد
۷	پله‌ها	الف	در تعداد معدودی پله	ارتفاع پله				±۳ میلیمتر
				کف پله				±۶ میلیمتر
		ب	در پله‌های متوالی	ارتفاع پله				±۱/۵ میلیمتر
				کف پله				±۳ میلیمتر




board 2.5x10cm
scantling 8x8cm
scantling 8x8cm
fixing clamp


سه‌گوش
رویه
یوغ
گوه
بولت
قالب رویه
یوغ
دریچهٔ اشغال
(الف)
(ب)
جزییات تقاطع
با قالب تیر
(پ)
(ت) جزییات دریچهٔ اشعال


پوشش تخته‌ای قالب
فاصله‌نگهدار چوبی
بستها
پوشش تخته چندلایی قالب
مهار منکی‌به یک سازهٔ مستحکم
پشت‌بندهای قائم
پشت‌بندهای افقی زوجی
تیر تکیه‌گاه
تیر تکیه‌گاه

27/01/2016 14:20

جدول ۹-۱۲-۲ حداقل زمان لازم برای قالب‌برداری

نوع قالب بندی / شرح		دمای مجاور سطح بتن(درجه سلسیوس)			
		۲۴ و بیشتر	۱۶	۸	۰
قالب های قائم، ساعت		۹	۱۲	۱۸	۳۰
دال‌ها	قالب زیرین، شبانه روز	۳	۴	۶	۱۰
	پایه‌های اطمینان، شبانه روز	۷	۱۰	۱۵	۲۵
تیرها	قالب زیرین، شبانه روز	۷	۱۰	۱۵	۲۵
	پایه‌های اطمینان، شبانه روز	۱۰	۱۴	۲۱	۳۶

زمان‌های داده شده با رعایت نکات مشروحه زیر معتبرند:

۱) بتن با سیمان پرتلند معمولی نوع یک یا دو یا سایر سیمان‌هایی که روند کسب مقاومت مشابه دارند، ساخته شده باشد.

۲) درصورتیکه ضمن سخت شدن بتن دمای محیط به کمتر از صفر درجهٔ سلسیوس تنزل کند زمان‌های داده شده را باید با توجه به شرایط بند ۹-۸-۴ اصلاح کرد.

۳) در صورت استفاده از سیمان پرتلند نوع سه یا مواد زود سخت‌کننده یا عمل‌آوری با بخار می‌توان زمان‌های داده شده را کاهش داد.

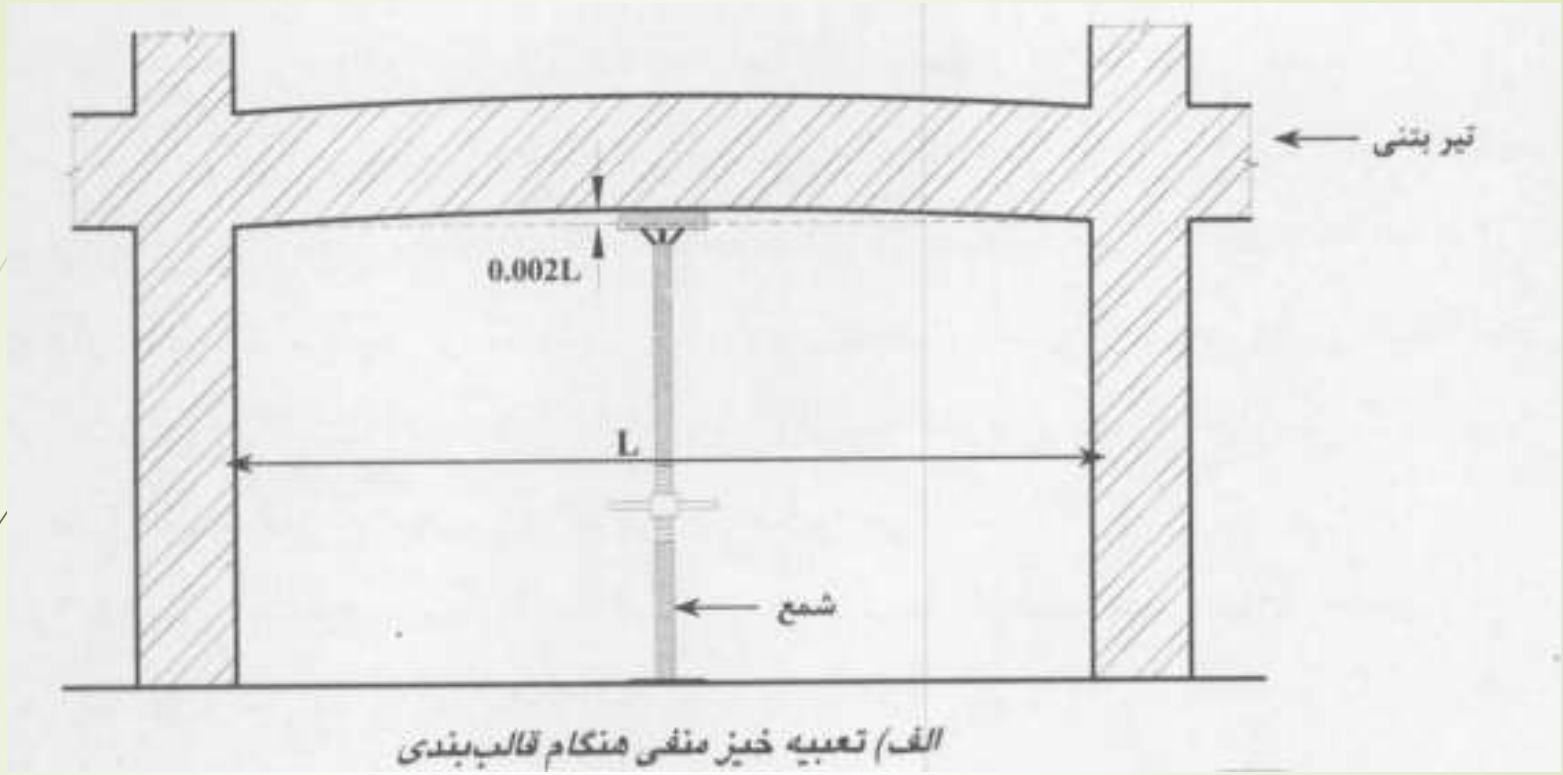
۴) درصورت استفاده از سیمان یا مواد دیر سخت شونده نظیر سیمان پرتلند نوع پنج یا سیمان‌هایی که روند کسب مقاومت مشابه دارند، باید زمان‌های داده شده را افزایش داد.

۵) درصورتیکه ملاحظاتی خاص برای جلوگیری از بروز ترک‌ها (به خصوص در اعضا و قطعات با ضخامت‌های متفاوت یا رویارو با دماهای مختلف)، یا تقلیل تغییر شکل‌های ناشی از وارفتگی مورد نظر باشد، باید زمان‌های داده شده را افزایش داد.

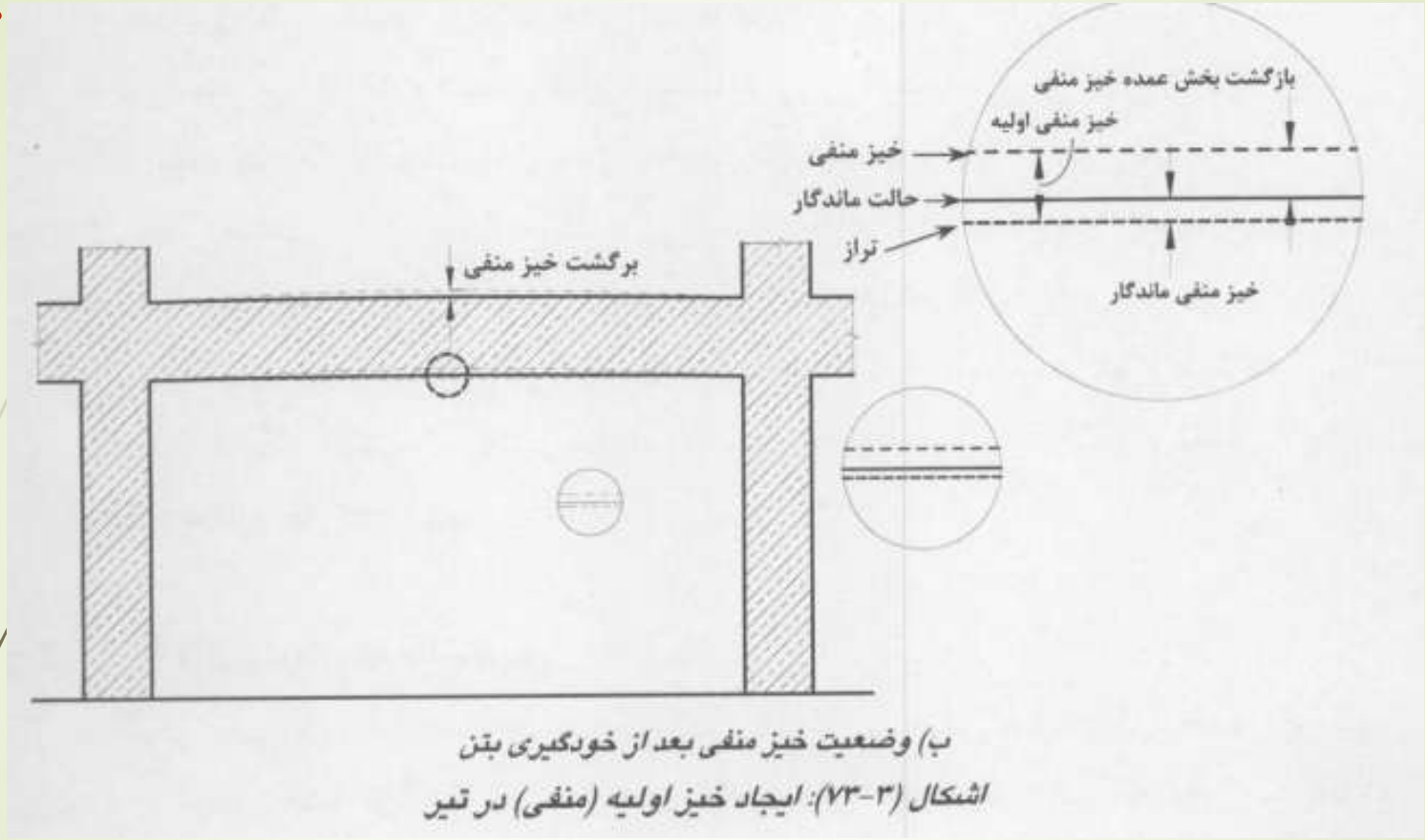
۶) درصورتیکه عمل آوردن تسریع شده یا قالب‌بندی خاصی مورد نظر باشد تقلیل زمان‌های داده شده امکان پذیر است.

ب) برچیدن قالب‌ها و پایه‌ها در مدتی کمتر از زمان‌های داده شده در جدول ۹-۱۲-۲ فقط به شرط آزمایش قبلی میسر است.

درصورتی که آزمایش آزمونه‌های آگاهی (نگهداری شده در کارگاه) حاکی از رسیدن مقاومت بتن به حداقل هفتاد درصد مقاومت مشخصه باشد، می‌توان قالب‌های سطوح زیرین را برداشت ولی برچیدن پایه‌های اطمینان فقط در صورتی مجاز است که علاوه بر مراعات تمامی محدودیت‌ها، بتن به مقاومت بیست و هشت روزهٔ مورد نظر رسیده باشد.



الف) تعبیه خیز منفی هنگام قالب‌بندی



ب) وضعیت خیز منفی بعد از خودگیری بتن

اشکال (۳-۷۳): ایجاد خیز اولیه (منفی) در تیر

۱- کاهش سختی سازه و افزایش تغییر مکان جانبی آن تحت بارهای جانبی

۲- کاهش باربری سازه در برابر بارهای جانبی و..

۳- نیاز به فولاد بیشتر و گسیختگی ترد

٤- افزایش خیز تیرهای بتن آرمه تحت بارهای ثقلی و تشدید مسئله ارتعاش

۵-کاهش باربری تیرها در برابر بارهای ثقلی

٦-سیستم دال و تخت و محدودیت ارتفاع

۷- افزایش نیروی ستون ها و نیاز به مقاوم سازی

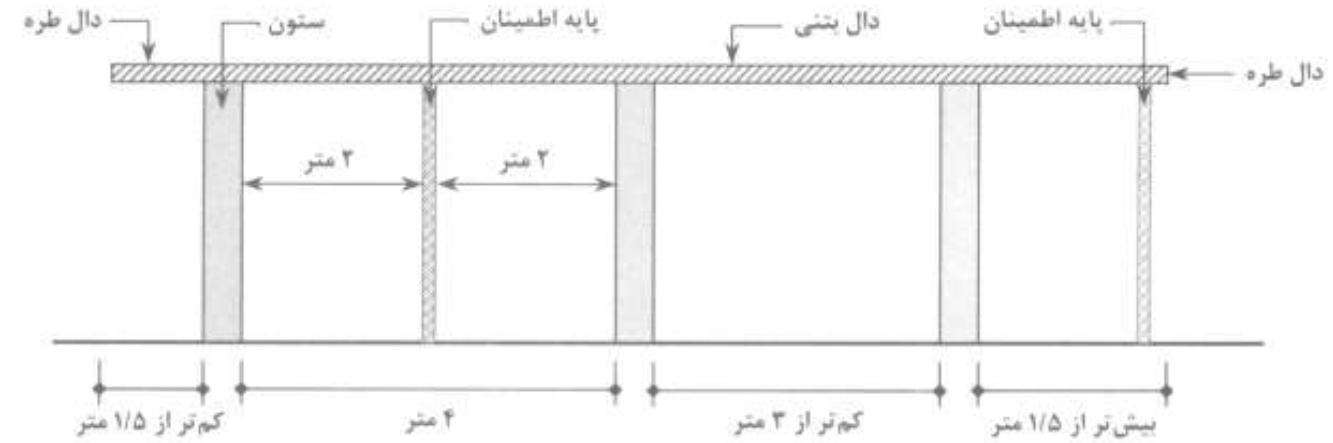
ارتفاع ↓ خیز ↑ تغیرمکان نسبی طبقات ↑

استاندارد ۲۸۰۰

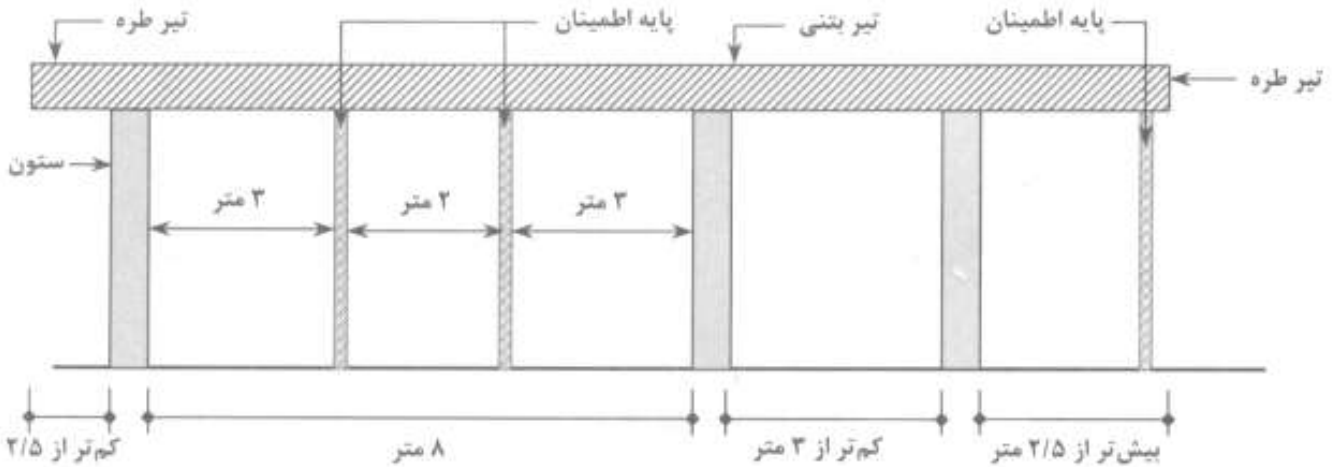
۳-۳-۵-۵ استفاده از دال تخت یا قارچی و ستون به عنوان سیستم قاب خمشی منحصراً در ساختمان‌های سه طبقه و یا کوتاه‌تر از ۱۰ متر مجاز می‌باشد. در صورت تجاوز از این حد، تنها در صورتی استفاده از این سیستم سازه مجاز است که مقابله با نیروی جانبی زلزله توسط دیوارهای برشی و یا قاب‌های مهاربندی‌شده تأمین گردد.

۳-۵-۳ نصب پایه‌های اطمینان

هنگام برداشتن قالب سطوح زیرین قطعات بتن‌آرمه، باید پایه‌هایی به‌عنوان پایه‌های اطمینان در زیر سطح باقی گذاشت، تا از بروز تغییرشکل‌های تابع زمان جلوگیری شود. براساس ضوابط، پیش‌بینی پایه‌های اطمینان برای تیرهای با دهانه‌ی بزرگ‌تر از ۵ متر، تیرهای کنسول به طول بیش‌تر از ۲/۵ متر، دال‌های با دهانه بزرگ‌تر از ۳ متر، و دال‌های کنسول به طول بیش‌تر از ۱/۵ متر اجباری است. تعداد پایه‌های اطمینان باید طوری باشد که فاصله‌ی آن‌ها به هر حال از ۳ متر تجاوز نکند (اشکال ۳-۷۴) [۱- بند ۹-۹-۴-۱-۸].



الف) موقعیت نصب پایه‌های اطمینان در دال‌ها



ب) موقعیت نصب پایه‌های اطمینان در تیرها

اشکال (۳-۷۴): ضوابط نصب پایه‌های اطمینان

استفاده از چوب و پلی استایرن بعنوان بخشی از قالب بندی ستون

قالب بندی نامناسب در محل اتصال تیر به ستون و اجرای نامناسب تغییر مقطع ستون بتنی

ردیف	شرح			رواداری	
۱	انحراف از امتداد قائم	الف	در لبه و سطح ستون‌ها، پایه‌ها، دیوارها، نبش‌ها و کنج‌ها	۶ میلی‌متر و در هر ۳ متر طول	حداکثر ۲۵ میلی‌متر در کل طول
		ب	برای گوشه نمایان ستون‌ها، درزهای کنترل، شیارها و دیگر خطوط برجسته نمایان و مهم	۶ میلی‌متر در هر ۳ متر طول	حداکثر ۱۲ میلی‌متر در کل طول
۲	انحراف سطوح با ترازهای مشخص شده در نقشه‌ها	الف	در سطح زیرین دال‌ها، سطح زیرین تیرها، نبش‌ها و کنج‌ها قبل از برچیدن حایل‌ها	۶ میلی‌متر در هر ۳ متر طول	۹ میلی‌متر در هر چشمه یا هر ۶ متر طول
		ب	در نعل درگاه‌ها، زیرسری‌ها، جان پناه‌های نمایان شیارهای افقی و دیگر خطوط برجسته نمایان و مهم	۶ میلی‌متر در هر ۶ متر طول	حداکثر ۱۲ میلی‌متر در کل طول
۳	انحراف ستون‌ها، دیوارها و تیغه‌های جداکننده از موقعیت مشخص شده در پلان ساختمان		در هر چشمه	۱۲ میلی‌متر	
			در هر ۶ متر طول	۱۲ میلی‌متر	
			حداکثر در کل طول	۲۵ میلی‌متر	
۴	انحراف از اندازه و موقعیت بازشوهای واقع در کف و دیوار و غلاف ها			۶ ± میلی‌متر	
۵	اختلاف در ابعاد ستونها، مقطع عرضی ستون‌ها و تیرها و ضخامت دال‌ها و دیوارها	الف	در جهت نقصانی	۱۲ میلی‌متر	
		ب	در جهت اضافی		
۶	شالوده‌ها	الف	اختلاف اندازه‌های در پلان	نقصانی	۱۲ میلی‌متر
				اضافی	۵۰ میلی‌متر
		ب	جابه جایی یا خروج از مرکز	دو درصد عرض شالوده در امتداد طول مورد نظر مشروط بر آنکه بیش از ۵۰ میلی‌متر نباشد	
		پ	ضخامت	کاهش ضخامت نسبت به آنچه تعیین شده	۵ درصد
				افزایش ضخامت نسبت به آنچه تعیین شده	محدودیتی ندارد
۷	پله‌ها	الف	در تعداد معدودی پله	ارتفاع پله	۱/۵ ± میلی‌متر
		ب	در پله‌های متوالی	کف پله	۳ ± میلی‌متر

mycivil.ir

عدم تراکم کافی بتن و دانه بندی نامناسب

عدم نظافت و کاور نامناسب آرماتور و کرموشدگی

۹-۱۱-۲-۶ حداقل ارتفاع تیر

۹-۱۱-۲-۶-۱ در ساختمان‌های متعارف و تحت بارگذاری‌های معمول، در تیرهایی که ارتفاع آن‌ها از مقادیر مندرج در جدول ۹-۱۱-۱ بیش‌تر است، محاسبه‌ی خیز (افتادگی) الزامی نمی‌باشد؛ به شرط آن که این تیرها به قطعات غیر سازه‌ای مانند تیغه‌ها متصل نباشند و یا آن‌ها را نگه داری نکنند، و خیز زیاد در آن‌ها خسارتی ایجاد نکند.

جدول ۹-۱۱-۱ حداقل ارتفاع تیر

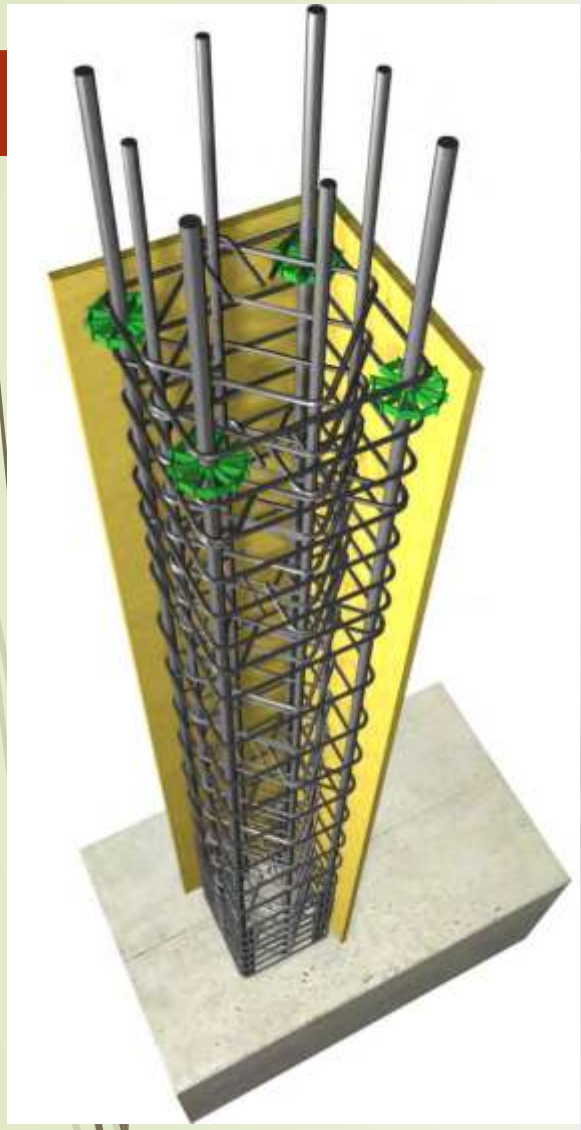
عضو	تکیه‌گاه‌های ساده	تکیه‌گاه‌های پیوسته از یک طرف	تکیه‌گاه‌های پیوسته از دو طرف	کنسول
تیرها یا تیرچه‌ها	$\frac{l}{16}$	$\frac{l}{18.5}$	$\frac{l}{21}$	$\frac{l}{8}$

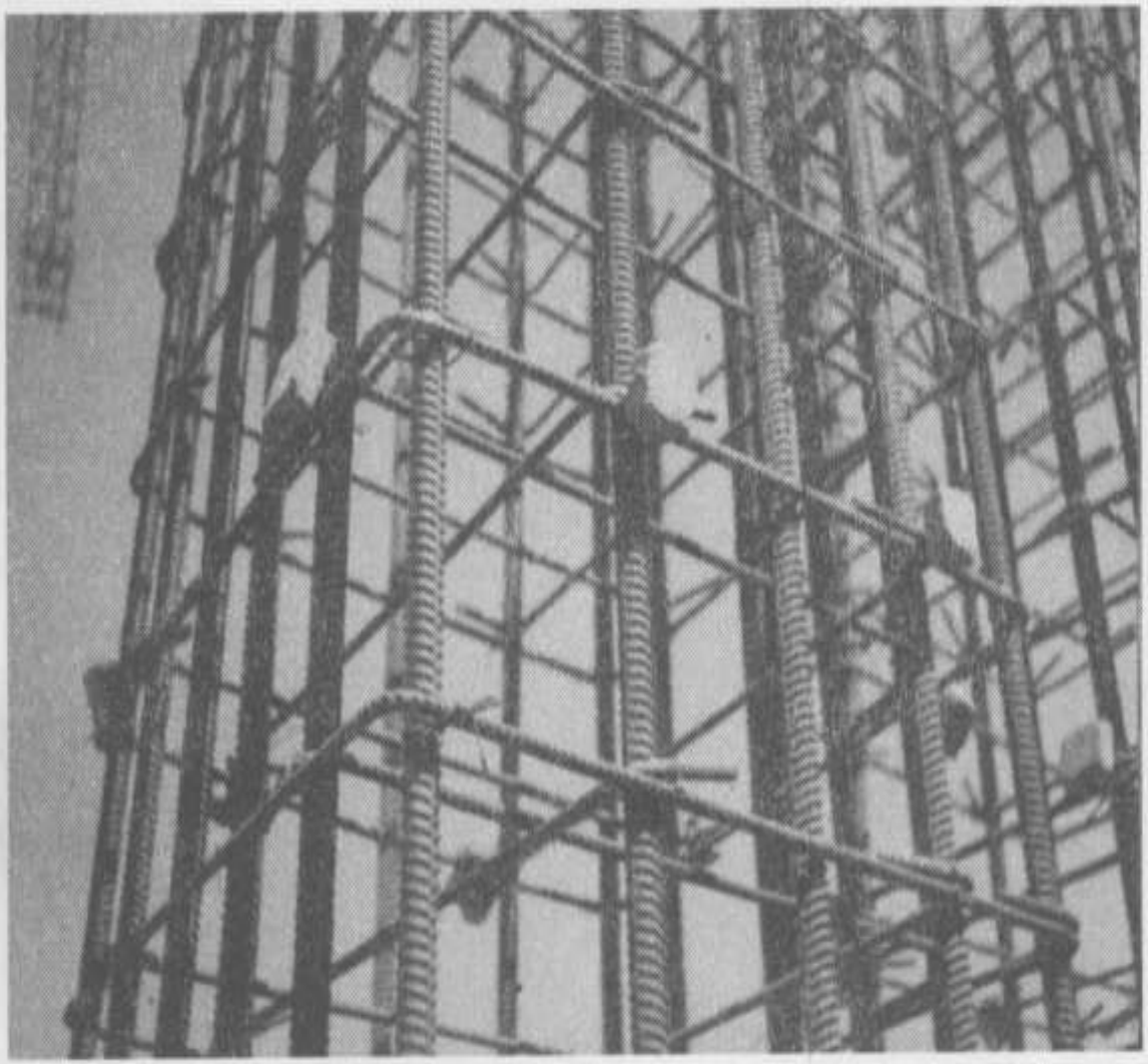
تبصره: l در جدول طول آزاد دهانه‌ی تیر است. مقادیر جدول برای بتن معمولی و آرماتورهای با مقاومت تسلیم ۴۲۰ مگاپاسکال می‌باشند. برای سایر موارد، حداقل ارتفاع باید بر اساس ضوابط ۹-۱۱-۲-۶-۲ و ۹-۱۱-۲-۶-۳ تغییر یابد.

۹-۱۱-۲-۶-۲ برای سایر انواع فولادها، مقادیر جدول ۹-۱۱-۱ باید در ضریب $(0.4 + f_y / 700)$ ضرب شوند.

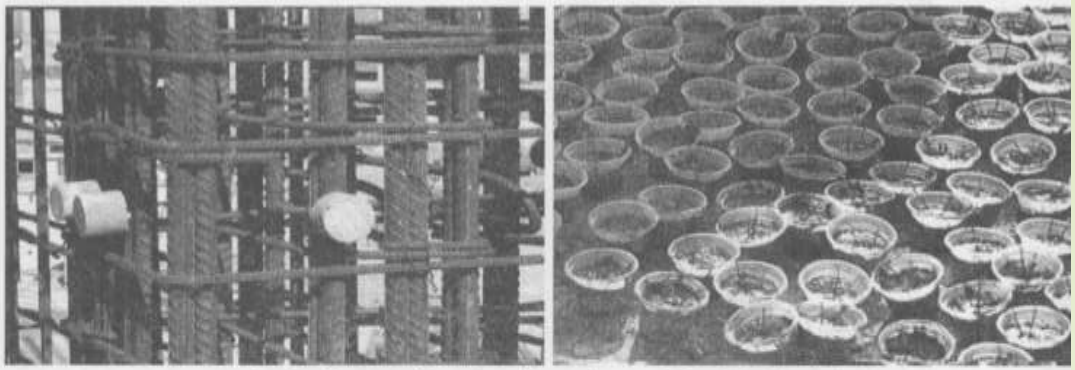
۹-۱۱-۲-۶-۳ برای تیرهای ساخته شده با بتن سبک با وزن مخصوص ۱۴۴۰ تا ۱۸۴۰ کیلو گرم بر متر مکعب، مقادیر جدول ۹-۱۱-۱ باید در $1.65 - 0.0003 w_c \geq 1.09$ ضرب شوند.

پوشش آرماتورها

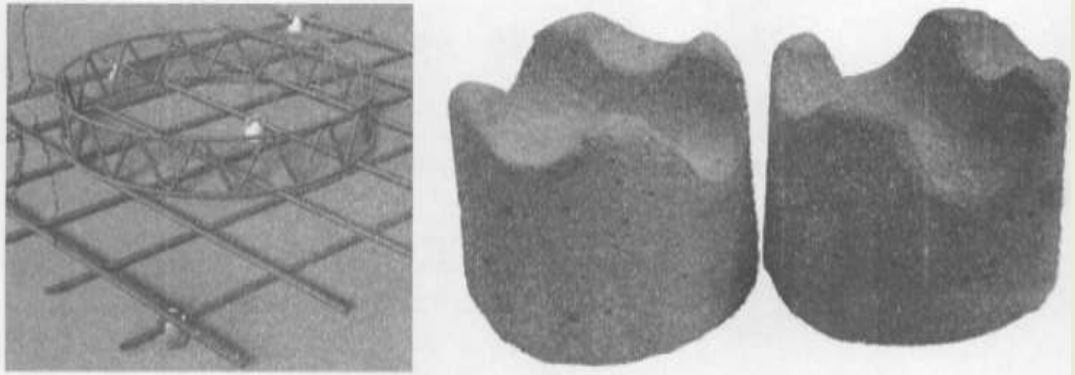




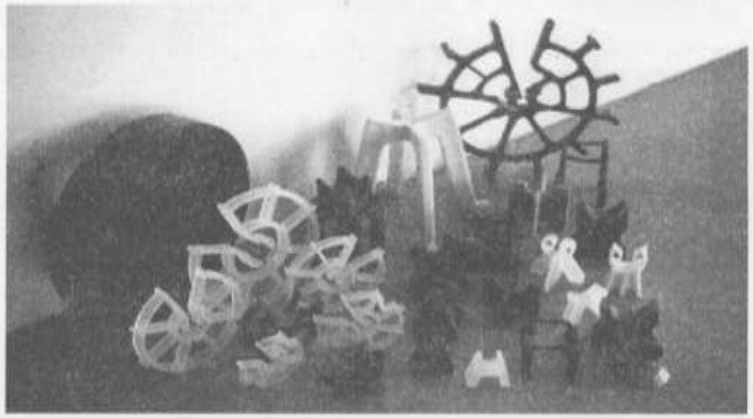
تصویر (۱-۲۴): لقمه‌گذاری روی خاموت وسط (در یک سطح) باعث تضعیف ستون می‌شود



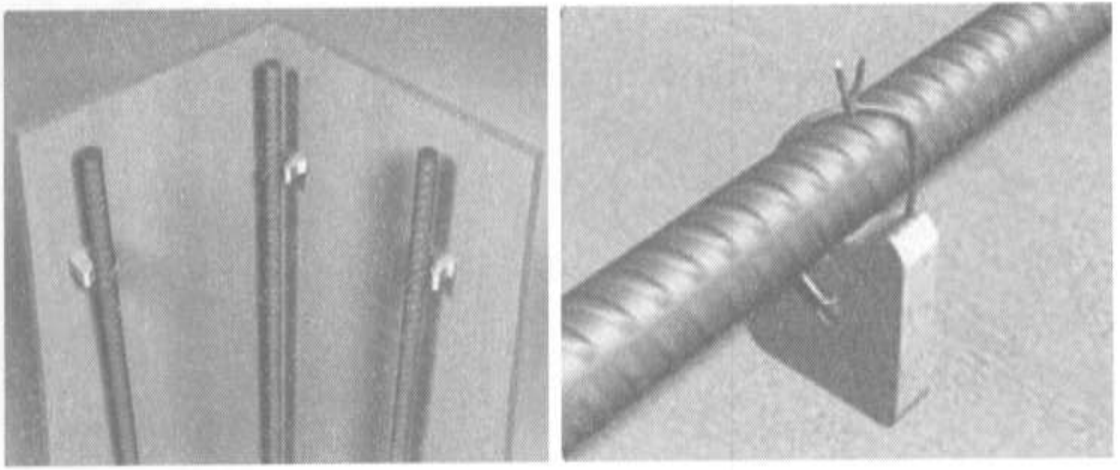
تصاویر (۱-۲۵): ساخت و کاربرد لقمه‌های بتنی سیم‌دار کارگاهی



تصاویر (۱-۲۶): ساخت و کاربرد لقمه‌های بتنی ثقلی



تصویر (۱-۲۷): انواع فاصله نگهدارهای پلاستیکی



تصاویر (۱-۲۸): ساخت و کاربرد لقمه‌های بتنی سوراخ‌دار مهندسی

لقمه‌های ساخته شده از ملات و یا بتن باید دارای ضوابط زیر باشد تا کم‌ترین اثر سوء را بر عضو داشته باشد [۷]:

- نسبت آب به سیمان آن مساوی و یا کم‌تر از بتن اصلی باشد.
- حداکثر اندازه سنگدانه کوچک‌تر یا مساوی $\frac{۱}{۳}$ ضخامت لقمه (پوشش بتنی روی میلگرد) باشد.
- بتن یا ملات مورد نظر باید همچون بتن‌های معمول به خوبی مخلوط، ریخته، متراکم و عمل‌آوری شود، زیرا باید عملکردی مشابه بتن اصلی (به‌ویژه از نظر دوام) داشته باشد.
- در صورتی که در لقمه‌ها از مفتول‌های فولادی برای اتصال آن به شبکه میلگردها استفاده می‌شود باید ضوابط حداقل پوشش بتنی رعایت گردد.

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

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

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

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

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

الف- قطر معادل گروه میلگردها؛

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

۹-۴-۹-۵-۳ برای آرماتورهای برشی سَر دار، ضخامت پوشش بتنی بر روی سر و صفحه‌ی زیر آن‌ها نباید از ضخامت پوشش آرماتورها در عضو کم‌تر باشد.

۹-۴-۹-۶ در محیطهای خورنده و یا در سایر شرایط محیطی غیر متعارف، ضخامت پوشش حداقل روی آرماتورها باید در صورت لزوم افزایش یافته و در هر حال نباید از مقادیر داده شده در پیوست ۹-پ۱ به منظور تامین دوام عضو کمتر باشد.

۹-پ۱-۲-۳ پوشش بتنی روی میلگردها

۹-پ۱-۲-۳-۱ پوشش بتنی روی میلگردها برابر است با حداقل فاصله‌ی بین سطح بتن تا نزدیکترین رویه میلگرد، اعم از طولی یا عرضی و یا سیم آرماتوربندی.

۹-پ۱-۲-۳-۲ ضخامت پوشش بتنی میلگردها متناسب با شرایط محیطی و نوع قطعه‌ی مورد نظر، نباید از مقادیر داده شده در جدول ۹-پ۱-۵ و موارد (الف) و (ب) زیر کم‌تر باشد.

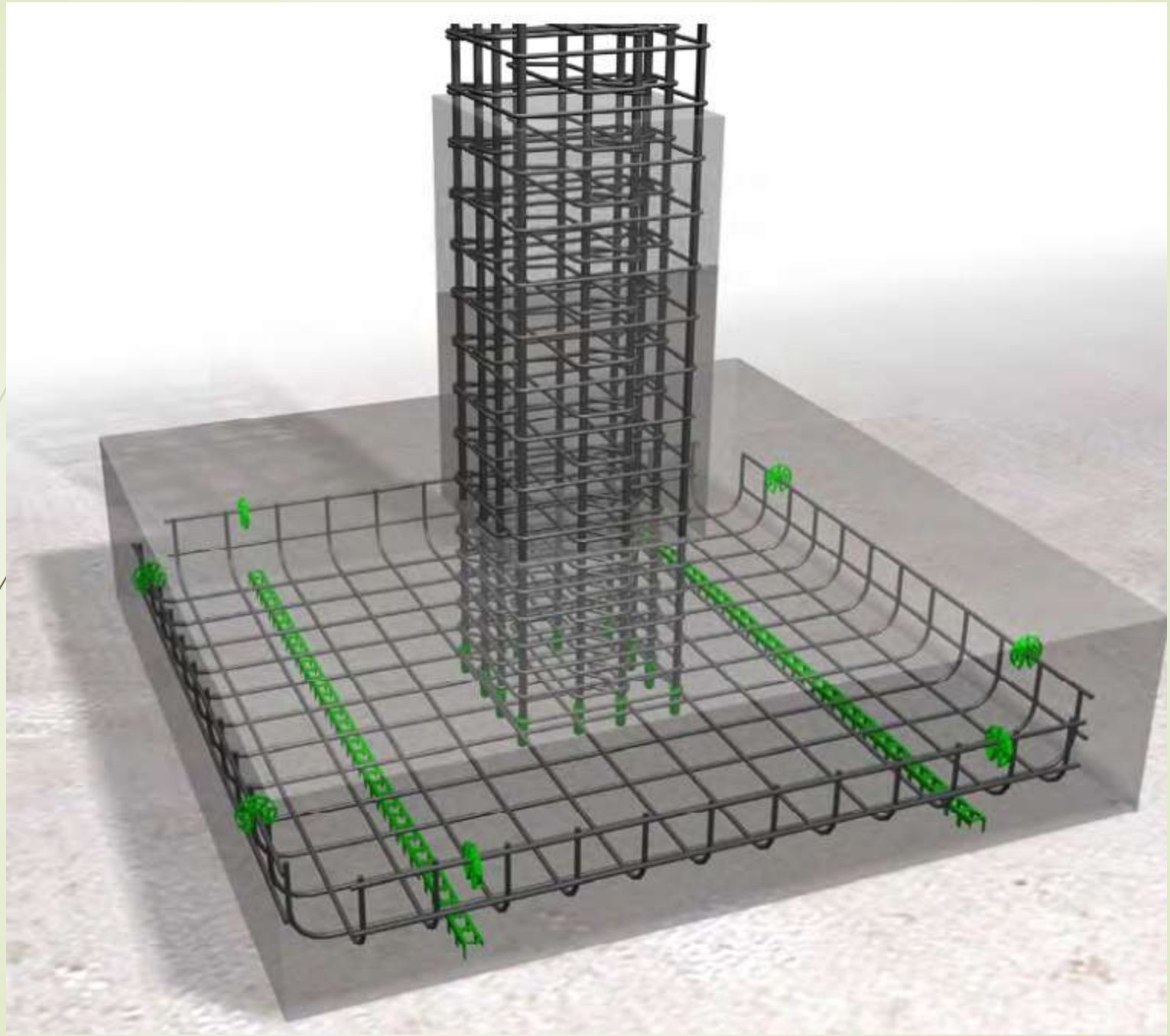
الف) قطر میلگردها؛

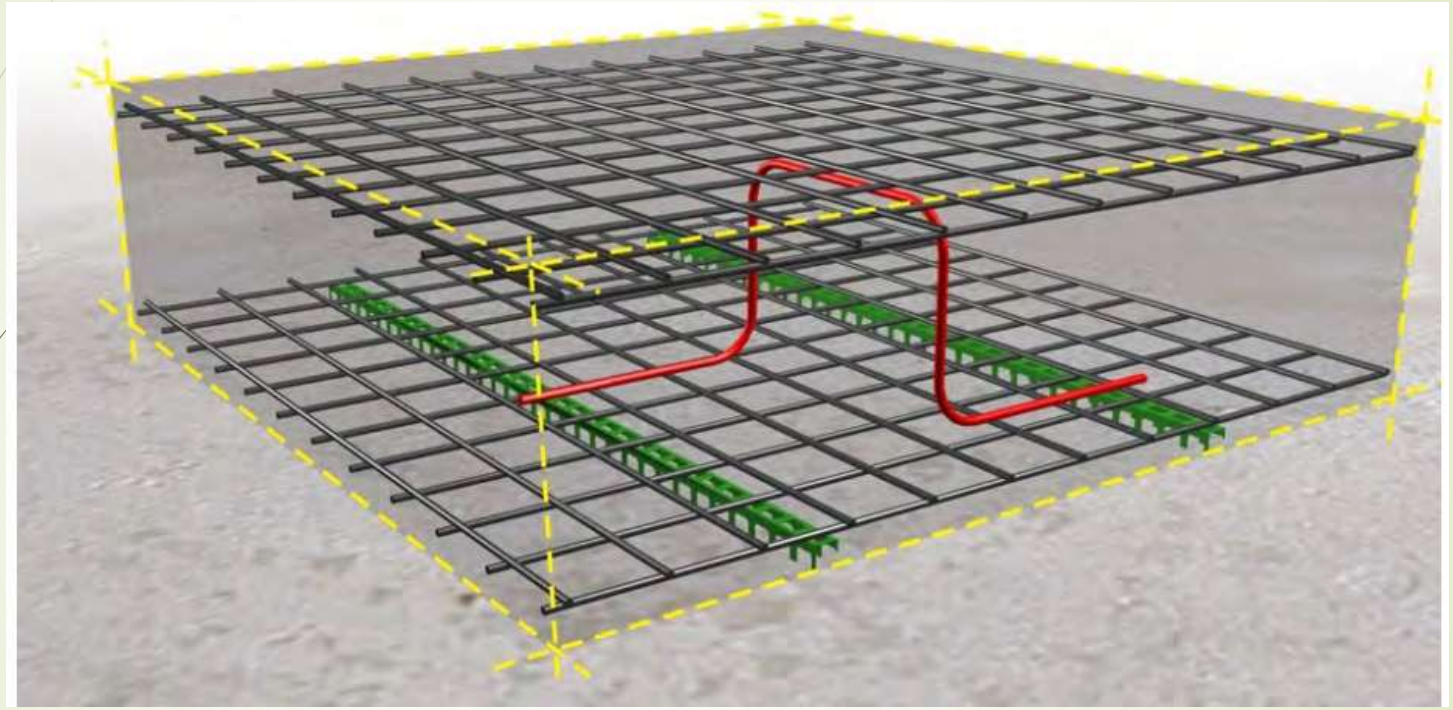
ب) چهار سوم بزرگ‌ترین اندازه‌ی اسمی سنگ دانه‌ها.

جدول ۹-پ۱-۵ مقادیر حداقل ضخامت پوشش بتن روی میلگردها در شرایط محیطی خورنده کلریدی به میلیمتر

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

- رواداری منفی مجاز ضخامت پوشش بتنی روی میلگردها حداکثر (۱۰-) میلی متر است
- در صورتی که حفاظتهای سطحی بتن با مواد مناسب اعمال شوند، مقادیر پوشش بتنی را می‌توان کاهش داد. میزان کاهش باید براساس نوع پوشش و نتایج مطالعات آزمایشگاهی بدست آید.
- اگر رده‌ی بتن (مقاومت مشخصه) بیشتر از حداقل رده‌ی مندرج در جدول ۹پ۱-۲ باشد، و رده‌ی بتن به اندازه‌ی ۵ مگاپاسکال بالاتر از حداقل رده باشد، میتوان ۵ میلی متر مقدار پوشش را کاهش داد.
- برای میلگرد با قطر بیش از ۳۶ میلی متر، مقادیر پوشش باید ۱۵ درصد اضافه شود.
- حداکثر مقدار پوشش روی میلگرد نباید از ۱/۱۵ برابر مقدار "حداقل" بیشتر شود.





۹-۲۰-۵-۲ تیرها در قاب‌های با شکل پذیری متوسط

۹-۲۰-۵-۲-۱ محدودیت‌های هندسی

۹-۲۰-۵-۲-۱-۱ در این تیرها 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 میلی متر باشد.

پ- عرض مقطع نباید بیش‌تر از دو مقدار زیر باشد:

- عرض عضو تکیه‌گاهی در صفحه‌ی عمود بر محور طولی تیر، به اضافه‌ی سه چهارم ارتفاع تیر در هر طرف عضو تکیه‌گاهی؛
- عرض عضو تکیه‌گاهی به اضافه‌ی یک چهارم بعد دیگر مقطع در هر طرف عضو تکیه‌گاهی.

۹-۲۰-۵-۲-۱-۲ برون محوری هر تیر نسبت به ستونی که با آن قاب تشکیل می‌دهد، یعنی فاصله‌ی محورهای هندسی دو عضو از یک دیگر، نباید بیش‌تر از یک چهارم عرض مقطع ستون باشد.

۹-۲۰-۵-۲-۲ آرماتورهای طولی

۹-۲۰-۵-۲-۲-۱ در هر یک از دو وجه فوقانی و تحتانی تیرها باید حداقل از دو آرماتور سراسری استفاده شود. سطح مقطع آرماتورهای سراسری وجه تحتانی نباید در هیچ مقطع، از یک چهارم بیش‌ترین مقدار سطح مقطع آرماتورهای تحتانی در طول دهانه‌ی تیر کم‌تر باشد. این آرماتورها باید با فرض تامین تنش تسلیم کششی در بر تکیه گاه مهار شوند.

۹-۲۰-۵-۲-۳ آرماتورهای عرضی

۹-۲۰-۵-۲-۳-۱ در تیرها در طول ناحیه‌های بحرانی در دو انتهای تیر که معادل دو برابر ارتفاع مقطع می‌باشد، باید دورگیر مطابق ضوابط بند ۹-۲۰-۵-۲-۳-۲ به کار برده شود؛ مگر آن که طراحی برای برش و یا پیچش، نیاز به آرماتور بیش‌تری را ایجاب کند.

۹-۲۰-۵-۲-۳-۲ دورگیرها و فواصل آن‌ها از یک دیگر باید دارای شرایط زیر باشند:

الف - قطر دورگیرها کم‌تر از ۸ میلی متر نباشد.

ب - فاصله‌ی دورگیرها از یک دیگر بیش‌تر از یک چهارم ارتفاع مؤثر مقطع، ۸ برابر قطر کوچک‌ترین آرماتور طولی، ۲۴ برابر قطر دورگیر و ۳۰۰ میلی متر اختیار نشود.

پ - فاصله‌ی اولین دورگیر از بر تکیه‌گاه بیش‌تر از ۵۰ میلی متر نباشد.

۹-۲۰-۵-۲-۳-۳ در سرتاسر طول تیرها، فاصله‌ی آرماتورهای عرضی از یک دیگر نباید بیش‌تر از نصف ارتفاع مؤثر مقطع اختیار شود.

۹-۲۰-۵-۳ ستون‌ها در قاب‌های با شکل پذیری متوسط

۹-۲۰-۵-۳-۱ محدودیت‌های هندسی

۹-۲۰-۵-۳-۱-۱ در ستون‌ها محدودیت‌های هندسی (الف) و (ب) این بند باید رعایت شوند:

الف- عرض مقطع نباید کم‌تر از سه دهم بعد دیگر آن، و نیز نباید کم‌تر از ۲۵۰ میلی متر باشد.

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

۹-۲۰-۵-۳-۲ آرماتورهای طولی

۹-۲۰-۵-۳-۲-۱ در ستون‌ها نسبت سطح مقطع میلگردهای طولی به کل سطح مقطع ستون نباید کم‌تر از یک درصد و بیش‌تر از هشت درصد در نظر گرفته شود. این محدودیت باید در محل وصله‌ها نیز رعایت شود.

۹-۲۰-۵-۳-۲-۲ محل وصله‌ی آرماتورهای طولی ستون باید در خارج از ناحیه‌ی اتصال تیر به ستون باشد.

۹-۲۰-۵-۳-۳ آرماتورهای عرضی

۹-۲۰-۵-۳-۳-۱ آرماتورهای عرضی در ستون‌ها باید یا به صورت دورپیچ، مطابق ضوابط فصل ۹-۱۲، و یا به صورت دورگیرهایی مطابق ضوابط بندهای ۹-۲۰-۵-۳-۳-۲ تا ۹-۲۰-۵-۳-۳-۳، در نظر گرفته شوند؛ مگر آن که طراحی برای برش و یا پیچش نیاز به آرماتور بیش‌تری را ایجاب کند. در ضمن رعایت ضابطه‌ی بند ۹-۲۰-۵-۳-۳-۵ برای کلیه‌ی ستون‌هایی که برای تحمل بارهای اعضای سخت ناپیوسته به کار برده می‌شوند، الزامی است.

۹-۲۰-۵-۳-۳-۲ در دو انتهای ستون‌ها در طول l_0 باید دورگیر مطابق بند ۹-۲۰-۵-۳-۳-۳ به کار برده شود. طول l_0، ناحیه‌ی بحرانی، که از بر اتصال به اعضای جانبی اندازه گیری می‌شود، نباید کم‌تر از مقادیر (الف) تا (پ) زیر در نظر گرفته شود:

الف- یک ششم ارتفاع آزاد ستون؛

ب- بزرگ‌ترین بعد مقطع ستون یا قطر مقطع دایره‌ای شکل آن؛

پ- ۴۵۰ میلی متر.

۹-۲۰-۵-۳-۳-۳ آرماتورهای عرضی مورد نیاز در طول l_o باید دارای قطر حداقل ۱۰ میلی متر بوده، و فواصل آن‌ها از یک دیگر در مواردی که به صورت دورپیچ به کار گرفته می‌شوند مطابق ضوابط فصل ۹-۱۲، و در مواردی که به صورت دورگیر به کار برده می‌شوند فاصله‌ی آن‌ها، s_o، باید برابر کم‌ترین از مقادیر (الف) تا (پ) در نظر گرفته شوند:

الف- برای فولادهای با مقاومت تسلیم ۴۲۰ مگاپاسکال و کم‌تر، ۸ برابر قطر کوچک‌ترین میلگرد طولی ستون، ولی نه بیش‌تر از ۲۰۰ میلی متر؛

ب- برای فولادهای با مقاومت تسلیم ۵۲۰ مگاپاسکال و بیش‌تر، ۶ برابر قطر کوچک‌ترین میلگرد طولی، ولی نه بیش‌تر از ۱۵۰ میلی متر؛

پ- نصف کوچک‌ترین بعد مقطع ستون.

هم‌چنین فاصله‌ی اولین دورگیر از بر اتصال، نباید بیش‌تر از نصف مقادیر فوق، $s_o/2$، در نظر گرفته شود.

۹-۲۰-۵-۴ ناحیه‌ی اتصال تیر به ستون در قاب‌های متوسط

۹-۲۰-۵-۴-۱ در نواحی اتصال تیر به ستون باید جزئیات بندهای ۹-۱۶-۳-۱-۲، ۹-۱۶-۳-۱-۳، و ۹-۲۰-۵-۴-۲ تا ۹-۲۰-۵-۴-۵ رعایت شوند.

۹-۲۰-۵-۴-۴ فاصله‌ی آرماتورهای عرضی ناحیه‌ی اتصال تیر به ستون از یک دیگر، s، در ارتفاع عمیق‌ترین تیر متصل به گره، نباید از کوچک‌ترین مقدار محاسبه شده مطابق بندهای ۹-۲۰-۵-۳-۳-۳ (الف) تا (پ) بیش‌تر باشد.

۹-۲۰-۶-۲ تیرها در قاب‌های با شکل پذیری زیاد

۹-۲۰-۶-۲-۱ محدودیت‌های هندسی

۹-۲۰-۶-۲-۱-۱ در این تیرها محدودیت‌های هندسی (الف) تا (پ) این بند باید رعایت شوند:

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

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

پ- عرض مقطع نباید بیش‌تر از عرض عضو تکیه‌گاهی، در صفحه‌ی عمود بر محور طولی عضو خمشی، به اضافه‌ی کوچک‌ترین c_2 و $0.75c_1$ در هر طرف عضو تکیه‌گاهی باشد.

c_1	بُعد ستون مستطیلی یا معادل مستطیلی، سر ستون یا دستک در راستای دهانه‌ای که در آن لنگرها تعیین می‌شوند.	میلی متر
c_2	بُعد ستون مستطیلی یا معادل مستطیلی، سر ستون یا دستک اندازه گیری شده در راستای عمود بر c_1.	میلی متر

۹-۲۰-۶-۲-۲ آرماتورهای طولی

۹-۲۰-۶-۲-۲-۱ در تمامی مقاطع تیر نسبت سطح مقطع آرماتور به مقطع موثر بتن، هم در پایین و هم در بالا، نباید کم‌تر از مقادیر مقرر شده در بند ۹-۱۱-۵-۱-۲ بوده، و نسبت آرماتور کششی برای فولادهای با حد تسلیم ۴۲۰ مگاپاسکال و کم‌تر نباید بیش‌تر از ۰/۰۲۵، و برای فولادهای با حد تسلیم ۵۲۰ مگاپاسکال بیش‌تر از ۰/۰۲۰ اختیار شود. حداقل دو میلگرد با قطر ۱۲ میلی متر باید هم در پایین و هم در بالای مقطع در سراسر طول پیش بینی شوند.

۹-۲۰-۶-۲-۲-۲ در بر تکیه‌گاه های تیر، مقاومت خمشی مثبت مقطع در هر تکیه‌گاه باید حداقل برابر نصف مقاومت خمشی منفی همان مقطع باشد.

۹-۲۰-۶-۲-۲-۳ مقاومت خمشی مثبت و منفی هر مقطع در سراسر طول تیر نباید کم‌تر از یک چهارم حداکثر مقاومت خمشی در مقاطع بَر تکیه گاهی در دو انتهای عضو باشد.

۹-۲۰-۶-۲-۲-۴ استفاده از وصله‌ی پوششی در میلگردهای طولی خمشی فقط در شرایطی مجاز است که در تمام طول وصله، آرماتور عرضی از نوع دورگیر یا دورپیچ موجود باشد. فاصله‌ی

Activate Wind
Go to Settings to a

سفره‌های آرماتور عرضی در بر گیرنده‌ی وصله از یک دیگر، نباید از کوچک‌ترین مقادیر یک چهارم ارتفاع مؤثر مقطع و ۱۰۰ میلی متر بیش‌تر باشد.

۹-۲۰-۶-۲-۲-۵ استفاده از وصله‌ی پوششی در محل‌های زیر مجاز نیست:

الف- در اتصالات تیرها به ستون‌ها؛

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

پ- در طولی معادل دو برابر ارتفاع مقطع تیر از مقاطع بحرانی که در آن‌ها، در اثر تغییر مکان جانبی غیر الاستیک، امکان وقوع تسلیم آرماتور وجود دارد.

۹-۲۰-۶-۲-۳ آرماتورهای عرضی

۹-۲۰-۶-۲-۳-۱ در تیرها در طول قسمت‌های بحرانی که در زیر مشخص شده‌اند، آرماتور عرضی باید از نوع دورگیر بوده و شرایط بند ۹-۲۰-۶-۲-۳-۲ را تامین نمایند:

الف- در طولی معادل دو برابر ارتفاع مقطع از بر هر 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 غیر الاستیک وجود داشته باشد.

۹-۲۰-۶-۲-۳-۲ دورگیرها در تیر و فاصله‌ی آن‌ها از یک دیگر، باید دارای شرایط (الف) تا (پ) زیر باشند:

الف- قطر دورگیرها مطابق بند ۹-۲۱-۶-۲-۲ باشد.

ب- فاصله‌ی دورگیرها از یک دیگر نباید بیش‌تر از یک چهارم ارتفاع مؤثر مقطع، ۶ برابر قطر کوچک‌ترین میلگرد طولی برای میلگردهای با مقاومت تسلیم ۴۲۰ مگاپاسکال و کم‌تر، و ۵ برابر قطر کوچک‌ترین میلگرد طولی برای میلگردهای با مقاومت تسلیم ۵۲۰ مگاپاسکال (به جز میلگرد طولی جلدی) و ۱۵۰ میلی متر اختیار شود.

پ- فاصله‌ی اولین دورگیر از بر تکیه‌گاه بیش‌تر از ۵۰ میلی متر نباشد.

۹-۲۰-۶-۳ ستون‌ها در قاب‌های با شکل پذیری زیاد

۹-۲۰-۶-۳-۱ محدودیت‌های هندسی

۹-۲۰-۶-۳-۱-۱ در ستونها محدودیتهای هندسی (الف) و (ب) این بند باید رعایت شوند:

الف- کوچکترین بعد مقطع که در امتداد هر خط مستقیم گذرنده از مرکز هندسی مقطع تعیین میشود، نباید از ۳۰۰ میلی متر کمتر باشد.

ب- نسبت کوچکترین بعد مقطع به بعد عمود بر آن نباید از ۰/۴ کم‌تر باشد.

۹-۲۰-۶-۳-۲ آرماتورهای طولی

۹-۲۰-۶-۳-۲-۱ در ستون‌ها نسبت سطح مقطع آرماتور طولی به سطح مقطع کل ستون 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.

۹-۲۰-۶-۳-۲-۲ در ستون‌هایی که در آن‌ها از دورگیرهای دایره‌ای استفاده شده است، تعداد آرماتورهای طولی مقطع باید حداقل ۶ عدد باشد.

۹-۲۲-۱۳-۲ گزارش‌های نظارت

۹-۲۲-۱۳-۲-۱ گزارش‌های نظارت باید کلیه‌ی موارد نظارت شده در هر مرحله از ساخت را در برگیرند. این گزارش‌ها باید تا مدت حداقل ۱۰ سال از پایان کار نگه داری شوند.

۹-۲۲-۱۳-۲-۲ گزارشهای نظارت، باید موارد (الف) تا (ت) را شامل شوند:

الف- پیشرفت کلی کار.

ب- هر نوع بار قابل ملاحظه حین ساخت که بر کف‌ها، دیوارها یا اعضای دیگر وارد شده است.

پ- زمان و تاریخ مخلوط بتن، مقادیر و نسبت‌های مواد استفاده شده در مخلوط، موقعیت تقریبی بتن ریزی در سازه و نتایج آزمایش‌های خواص بتن تازه و سخت شده، برای انواع مخلوط بتن‌هایی که به کار رفته اند.

ت- دمای بتن و محافظت در نظر گرفته شده برای بتن در هنگام جای دادن و عمل آوردن آن در مواقعی که دمای محیط کم‌تر از ۵ درجه و یا بیش‌تر از ۳۵ درجه‌ی سلسیوس می‌باشد.

۹-۲۲-۱۳-۲-۳ گزارش‌های آزمایش میلگردهای مصرفی برای مقابله با خمش، نیروی محوری یا هر دوی آن‌ها در قاب‌های خمشی ویژه، دیوارهای سازه‌ای ویژه و تیرهای هم‌بند و دیوار پایه‌ها که در فصل ۹-۲۰ مورد اشاره قرار گرفته‌اند، باید بررسی و کفایت آن ها تایید شوند.

درعمل آوردن بتن ۲هدف زیر مد نظرقراردارد:

- کنترل دمای بتن
- جلوگیری از هدررفتن آب بتن یا فراهم نمودن آب مورد نیاز

۹-۲۲-۵-۳ عمل اوری بتن

۹-۲۲-۵-۳-۱ اطلاعات طراحی

در مواردی که آزمایش‌های تکمیلی بر روی نمونه‌های عمل آمده‌ی کارگاهی به منظور تایید کفایت عمل آوری بتن لازم باشند، روش انجام آن‌ها باید مشخص شود.

۹-۲۲-۵-۳-۲ الزامات اجرایی

الف- مدت عمل آوری بتن بسته به شرایط محیطی حاکم پس از دوره‌ی عمل آوری، دمای محیط، روند کسب مقاومت بتن و هم‌چنین دوام بتن است. در این رابطه ضوابط بندهای (ب) تا (ج) زیر باید رعایت شوند.

ب- بتن با روند کسب مقاومت متوسط، در دمای حداقل ۱۰ درجه و محیط مرطوب، باید به مدت معمولاً ۷ روز پس از بتن ریزی نگه داری شود؛ مگر در مواردی که از روش عمل آوری سریع استفاده شده باشد.

پ- بتن با روند کسب مقاومت سریع، باید در دمای حداقل ۱۰ درجه و در محیط مرطوب به مدت معمولاً ۳ روز پس از بتن ریزی نگه داری شود؛ مگر در مواردی که از روش عمل آوری سریع استفاده شده باشد.

ت- بتن با روند کسب مقاومت کند، باید در دمای حداقل ۱۰ درجه و در محیط مرطوب به مدت معمولاً ۱۴ روز پس از بتن ریزی نگه داری شود؛ مگر در مواردی که از روش عمل آوری سریع استفاده شده باشد.

ث- در مواردی که دوام بتن از اهمیت برخوردار باشد، مدت عمل آوری بتن باید حداقل تا رسیدن به ۷۰ درصد مقاومت مشخصه ادامه یابد.

ج- روش عمل آوری سریع، به منظورکسب سریع مقاومت و کاهش زمان عمل آوری، با بخار در فشار معمولی، گرما و رطوبت و دیگر روش‌های قابل قبول از نظر مهندس ناظر، می‌تواند به کار گرفته شود. در صورت استفاده از روش عمل آوری سریع، بندهای (۱) و (۲) زیر باید رعایت شوند.

۱- مقاومت فشاری در مرحله‌ی بارگذاری مورد نظر باید حداقل به میزان مقاومت فشاری تعیین شده باشد.

۲- روش عمل آوری سریع نباید بر دوام بتن تاثیر نامطلوب بگذارد.

چ- در مواردی که مقام قانونی مسئول یا مهندس ناظر لازم بداند، قبل از عملیات اجرایی، نتایج آزمایش نمونه‌های استوانه‌ای کارگاهی که مطابق بندهای (۱) و (۲) زیر ساخته و عمل آوری شده باشند، علاوه بر نتایج آزمایش مقاومت نمونه‌ی عمل آمده به صورت استاندارد، باید ارائه گردند.

۱- حداقل دو آزمونه‌ی استوانه‌ای ۱۵۰ ×۳۰۰ میلی متر یا سه آزمونه‌ی استوانه‌ی ۱۰۰ ×۲۰۰ میلی متر عمل آوری شده در کارگاه

۲- آزمونه‌های کارگاهی باید مطابق دستور العمل آئین نامه بتن ایران (آبا) عمل آوری شده و در سن مقاومت مشخصه آزمایش شوند.

ح- روش‌های نگه داری و عمل آوری بتن هنگامی مناسب تلقی می‌شوند که شرایط بندهای (۱) یا (۲) زیر تامین شده باشند:

۱- میانگین مقاومت استوانه‌های عمل آمده در کارگاه، در سن مشخص شده برای تعیین f_c'، باید حداقل ۸۵ درصد میانگین مقاومت استوانه‌های عمل آوری در شرایط استاندارد باشد.

۲- میانگین مقاومت استوانه‌های عمل آوری شده‌ی در کارگاه در سن مورد نظر، ۳/۵ مگاپاسکال بیش از f_c' باشد.

۹-۲۲-۵-۴ بتن ریزی در هوای سرد

۹-۲۲-۵-۴-۱ بتن ریزی در هوای سرد به مواردی اطلاق می‌شود که بتن در دمای محیطی کم‌تر از ۵ درجه‌ی سلسیوس ریخته و نگه داری می‌شود. در این موارد باید تمهیدات خاص، هم برای ریختن و هم برای عمل آوردن، به کار گرفته شوند؛ تا از شرایط یخ زدگی جلوگیری شده و شرایط مناسب

۹-۲۲ مدارک طرح، الزامات ساخت و نظارت

۱- مقاومت فشاری در مرحله‌ی بارگذاری مورد نظر باید حداقل به میزان مقاومت فشاری تعیین شده باشد.

۲- روش عمل آوری سریع نباید بر دوام بتن تاثیر نامطلوب بگذارد.

چ- در مواردی که مقام قانونی مسئول یا مهندس ناظر لازم بداند، قبل از عملیات اجرایی، نتایج آزمایش نمونه‌های استوانه‌ای کارگاهی که مطابق بندهای (۱) و (۲) زیر ساخته و عمل آوری شده باشند، علاوه بر نتایج آزمایش مقاومت نمونه‌ی عمل آمده به صورت استاندارد، باید ارائه گردند.

۱- حداقل دو آزمونه‌ی استوانه‌ای ۱۵۰ ×۳۰۰ میلی متر یا سه آزمونه‌ی استوانه‌ی ۱۰۰ ×۲۰۰ میلی متر عمل آوری شده در کارگاه

۲- آزمونه‌های کارگاهی باید مطابق دستور العمل آئین نامه بتن ایران (آبا) عمل آوری شده و در سن مقاومت مشخصه آزمایش شوند.

ح- روش‌های نگه داری و عمل آوری بتن هنگامی مناسب تلقی می‌شوند که شرایط بندهای (۱) یا (۲) زیر تامین شده باشند:

۱- میانگین مقاومت استوانه‌های عمل آمده در کارگاه، در سن مشخص شده برای تعیین f'_c، باید حداقل ۸۵ درصد میانگین مقاومت استوانه‌های عمل آوری در شرایط استاندارد باشد.

۲- میانگین مقاومت استوانه‌های عمل آوری شده‌ی در کارگاه در سن مورد نظر، ۳/۵ مگاپاسکال بیش از f'_c باشد.

۹-۲۲-۵-۴ بتن ریزی در هوای سرد

۹-۲۲-۵-۴-۱ بتن ریزی در هوای سرد به مواردی اطلاق می‌شود که بتن در دمای محیطی کم‌تر از ۵ درجه‌ی سلسیوس ریخته و نگه داری می‌شود. در این موارد باید تمهیدات خاص، هم برای ریختن و هم برای عمل آوردن، به کار گرفته شوند؛ تا از شرایط یخ زدگی جلوگیری شده و شرایط مناسب برای کسب مقاومت مطلوب تامین شوند.

۹-۲۲-۵-۵ بتن ریزی در هوای گرم

۹-۲۲-۵-۵-۱ بتن ریزی در هوای گرم به مواردی اطلاق می‌شود که بتن با دمای بیش‌تر از ۳۲ درجه‌ی سلسیوس ریخته می‌شود. در این موارد باید تمهیدات خاص، برای کاهش دمای بتن در زمان ریختن، به کار گرفته شوند؛ تا از ایجاد اختلال در کسب مقاومت و دوام مطلوب، و افزایش ترک خوردگی‌های ناشی از جمع شدگی خمیری، حرارتی و خشک شدگی، جلوگیری گردند.

۹-۲۲-۵-۵-۲ ضوابط و الزامات بتن ریزی در هوای گرم در آئین نامه بتن ایران (آبا) ارائه شده و باید رعایت گردند.

جدول(۶-۱) دمای بتن برحسب درجه سلسیوس(سانتیگراد)در مراحل مختلف کار با توجه به دمای محیط و اندازهٔ اعضا و قطعات[۱]

ردیف	شرح	دمای محیط	ابعاد اعضا و قطعات (به‌میلیمتر)			
			کمتراز ۳۰۰	۳۰۰ تا ۹۰۰	۹۰۰ تا ۱۸۰۰	بیش‌از ۱۸۰۰
۱	حداقل دمای بتن هنگام اختلاط	بیش از ۱ـ	۱۶	۱۳	۱۰	۷
۲		۱۸ـ تا ۱ـ	۱۸	۱۶	۱۳	۱۰
۳		کمتر از ۱۸ـ*	۲۱	۱۸	۱۶	۱۳
۴	حداقل دمای بتن هنگام ریختن و نگهداری	به هر میزان	۱۳	۱۰	۷	۵
۵	حداکثر مجاز افت تدریجی دمای بتن در ۲۴ ساعت اولیه پس از خاتمه حفاظت از بتن	به هر میزان	۲۸	۲۲	۱۷	۱۱

* چنانچه تدابیری ویژه برای اختلاط و بتن‌ریزی فراهم نگردد، ریختن بتن در دمای ۲۰ـ درجه سلسیوس و کمتر از آن ممنوع است.

عمل‌آوردن در خصوصیات بتن سخت شده مانند:مقاومت فشاری، دوام، مقاومت سایشی و مقاومت در مقابل یخبندان تأثیر قابل ملاحظه‌ای دارد.

عمل‌آوری به سه شکل برای بتن ریخته شده درقالب ضروری است:

- محافظت
- مراقبت (عمل‌آوری)
- پروراندن (عمل‌آوری حرارتی)

هنگامی که سیمان پرتلند با آب مخلوط می‌شود، فعل و انفعال شیمیایی که به آن هیدراتاسیون می‌گویند، آغاز می‌گردد. پیشرفت و وسعت این واکنش شیمیایی در دوام، مقاومت و وزن مخصوص بتن اثر می‌گذارد. معمولاً مقدار آب موجود در مخلوط‌های بتن، بیش از آب مورد نیاز برای تکمیل هیدراتاسیون است، اما به هر حال کاهش آب به علت تبخیر، باعث تأخیر و یا توقف فرآیند هیدراتاسیون می‌گردد.

در چند روز اول، پس از جاگذاری بتون و در درجه حرارت مناسب، هیدراتاسیون نسبتاً سریع است. بنابراین حفظ آب بتن، درطول این زمان بسیار با اهمیت است. هنگامی که عمل‌آوردن متوقف شود، کسب مقاومت بتن برای مدت کوتاهی ادامه می‌یابد، ولی پس از آنکه درجه اشباع حفره‌های موئینه داخل بتن به ۸۰ درصد می‌رسد، کسب مقاومت بتن شروع می گردد.

روش های عمل آوری

روش‌های عمل آوری به دو گروه به شرح زیر تقسیم می‌شوند:

الف- روش آب‌رسانی: این روش شامل ایجاد حوضچه بر سطح افقی بتن و پوشش‌های خیس مانند چتایی است.

ب- روش عایقی: در این روش، رطوبت بتن حفظ می‌شود و از تبخیر آب بتن جلوگیری می‌گردد. این روش شامل پوشش‌ها مانند پلاستیک، قالب‌ها و مواد شیمیایی غشایی عمل‌آوری است.

چنانچه از روش آب‌رسانی برای عمل‌آوری استفاده می‌شود، باید روند عمل‌آوری به طور مستمر انجام گردد و در مدت عمل آوری نباید سطح بتن خشک باقی بماند. به خصوص اگر از چتایی خیس استفاده می‌شود، باید به طور دائم مرطوب نگاه داشته شود.

روشهای مختلف عمل‌آوری با آب به شرح زیر است:

۱) ایجاد حوضچه و غوطه‌ورسازی:

ایجاد حوضچه برای سطوح افقی مانند دالها مناسب است. در پیرامون دال، لبه‌هایی ساخته می‌شود و در درون این حوضچه آب قرار می‌گیرد. آب درون حوضچه نباید بیش از ۱۲ درجه سانتیگراد سردتر از بتن باشد.همچنین می توان (قطعات پیش ساخته) را درون آب غوطه‌ور کرد، که در این حالت، ضوابط دمای آب باید رعایت شود.

که البته باتوجه به بحران آب باید دراین روش عمل آوری با آب تجدید نظرشود.

۲)افشاندن آب :

در دمای بیش از ۵ درجه سانتیگراد روش افشاندن آب برای عمل آوردن بتن بسیار مناسب است. روند افشاندن آب باید پیوسته باشد، در صورتی که افشاندن با وقفه انجام پذیرد، باعث تروخشک شدن می‌گردد و در نتیجه عارضه پوسته شدن در سطح بتن بروز می‌کند. آب افشانی معمول در برخی از کارگا ههای کشور ما، علاوه بر ایجاد تر و خشک شدن، باعث شوک حرارتی نیز می‌گردد، زیرا با خشک شدن سطح در زیر آفتاب دمای سطح بتن بالا رفته و با پاشیدن آب خنک، مشکل ترک خوردگی وجود خواهد داشت.

البته این روش نیزمصرف آب زیادی دارد وتوصیه نمی گردد.

۳) پوشش‌های خیس :

در صورتی که نتوان به طور مداوم با افشاندن آب، سطح بتون را مرطوب نگه داشت، استفاده از پوشش‌های جاذب آب از قبیل چتایی، گونی، گلیم و حصیر برای عمل آوردن بتن توصیه می‌شود. چتایی نو باید قبل از مصرف کاملاً شسته شود تا مواد قابل حل آن پاک شده و قابلیت جذب آن بیشتر گردد. همچنین در صورت استفاده از گونی، که قبلاً حاوی مواد شیمیایی یا شکر و غیره بوده ، لازم است قبل از مصرف، گونی کاملاً شسته شود، زیرا برخی از مواد شیمیایی می‌توانند همراه آب عمل‌آوری، در بتن جوان نفوذ نموده و ضمن اختلال در گیرش بتن ، مقاومت و دوام آن را کاهش دهند.

ترکیبات عمل‌آوری

ترکیبات عمل‌آوری به صورت مایع است که بر روی سطح بتن پاشیده یا مالیده می‌شود و با ایجاد یک غشاء از تبخیر آب بتن جلوگیری می‌کند. این محلولها از اختلاط رزینهای مصنوعی و طبیعی با حلال تشکیل شده‌اند. پس از اعمال ترکیبات عمل‌آوری بر سطح بتن، حلال تبخیر شده و رزین بر سطح باقی می‌ماند. غشای رزین برای مدت حدود یک تا چهار هفته باقی مانده و بر اثر هوازدگی و نور آفتاب، ترد و شکننده می‌گردد و از سطح بتن جدا می‌شود.

۱) عمل آوردن بتن به وسیله قالبها

قالبها خود محافظ مناسبی هستند و از خروج آب از بتن جلوگیری می کنند. البته در چنین مواردی، سطح افقی بتون باید مرطوب نگاه داشته شود. قالب‌های چوبی باید با آب افشانی مرطوب شوند، به خصوص در هوای گرم و خشک این عمل حایز اهمیت است. اگرمرطوب نگاه داشتن قالب‌های چوبی امکان پذیر نیست، باید بلافاصله قالب‌برداری شده و روش دیگری جهت عمل آوردن بتون به کار گرفته شود. در صورتی که امکان برداشتن سریع قالبها بویژه در سطوح و یا دیوار و یا تیرها وجود ندارد، توصیه می‌شود با شل کردن قالبها، امکان عمل آوری با ریختن آب در درزهای موجود فراهم شود.

۲) عمل‌آوری حفاظتی (محافظت)

لازم است در طول عمل‌آوری بتن جوان و پس از ریختن بتن، از بتن به خوبی محافظت شود تا آسیب نبیند. بارش باران و تگرگ، لرزش‌های شدید ماشین آلات ثابت و متحرک موجود، یخبندان، اعمال ضربه به قالب می‌تواند به بتن جوان و نارس آسیب رساند و به ظاهر بتن و مقاومت و دوام آن لطمه بزند.

۳) عمل‌آوری حرارتی (پروراندن)

برای افزایش مقاومت بتون در روزهای اول و محافظت آن، در هوای سرد و جلوگیری از یخ زدن آن می‌توان دمای بتن داخل قطعه را بالا برد. بهترین روش برای این کار، به کارگیری بخار آب می‌باشد و دمای محیط و بتن بهتر است از حدود ۶۵ درجه سانتیگراد بیشتر نشود و عمل بخاردهی پس از گیرش بتن آغاز گردد. روشهای حرارت رسانی خشک با سوزاندن مواد سوختی، نیروی برق و غیره، امکان پذیر است.

مدت زمان عمل آوری:

جدول (۶-۳)حداقل زمان عمل آوردن بتن[۱]

نوع سیمان	شرایط محیطی پس از ریختن بتن در قالب*	دمای متوسط سطح بتن**		
		۵ تا ۱۰ درجه سلسیوس	۱۱ تا ۲۰ درجه سلسیوس	۲۱ درجه‌سلسیوس و بیشتر
نوع ۱ و ۲ و ۳ و ۵	متوسط	۴ روز	۳ روز	۲ روز
	ضعیف	۶ روز	۴ روز	۵ روز
همه سیمان‌ها به جز نوع ۱ و ۲ و ۳ و ۵ و همه سیمان‌های حاوی مواد پوزولانی یا روباره‌ای	متوسط			
	ضعیف	۱۰ روز	۷ روز	۵ روز
همه سیمان‌ها	خوب	اقدامی خاص ضرورت ندارد		

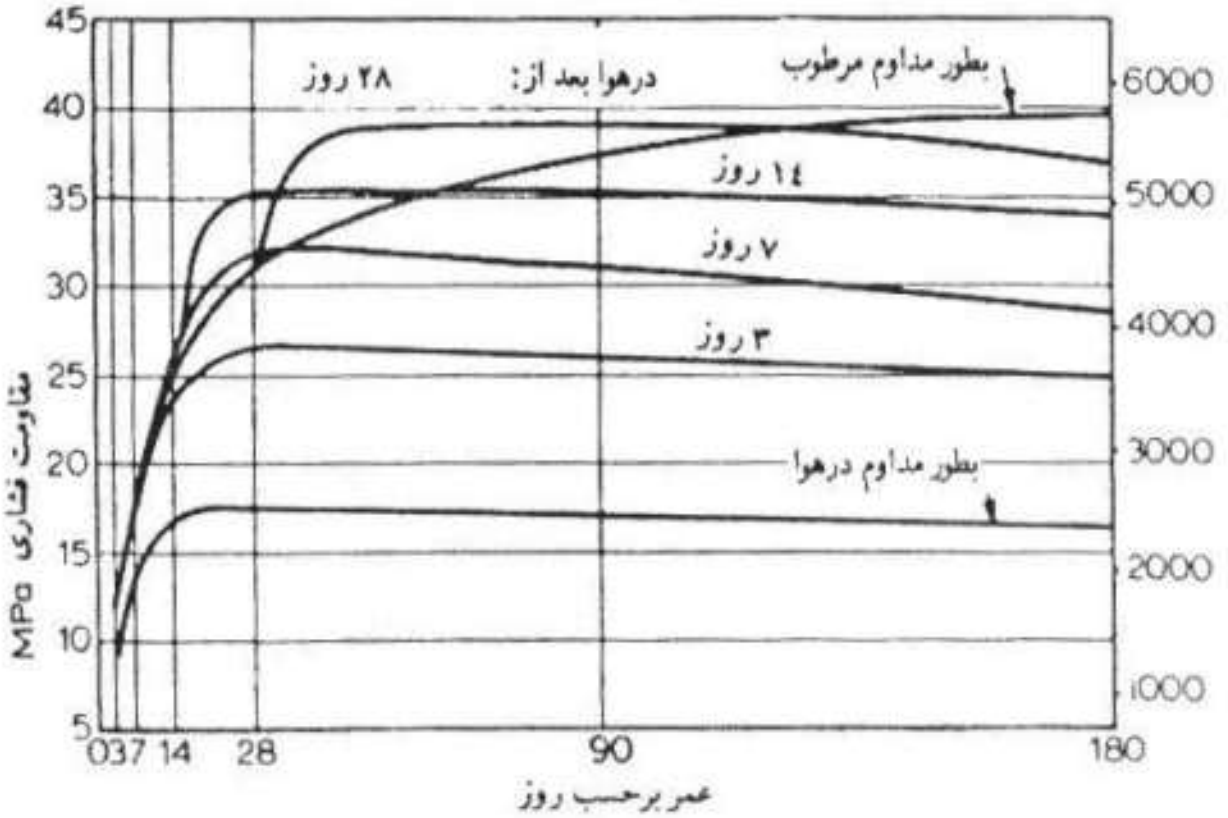
* شرایط محیطی مندرج در این ستون به شرح زیر تعریف می‌شوند:

خوب: محیط مربوط و محافظت شده (رطوبت نسبی بیشتر از ۸۰ درصد و محافظت شده در برابر تابش مستقیم خورشید و باد).

ضعیف: محیط خشک و محافظت نشده (رطوبت نسبی کمتر از ۵۰ درصد و محافظت نشده در برابر تابش مستقیم خورشید و باد).

متوسط: شرایطی بین دو حد خوب و ضعیف.

** در صورتی که دمای سطح بتن اندازه‌گیری یا محاسبه نشود، می‌توان آن را معادل دمای هوای مجاور سطح بتن فرض کرد.



نمودار(۷-۸) تأثیرعمل آوردن در رطوبت بر مقاومت بتن با $\frac{w}{c}=۰/۵$ [۱]

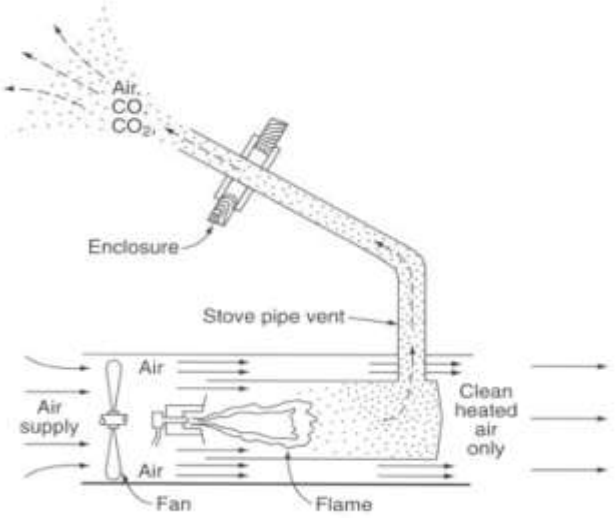
مراقبت بتن در مناطق دارای هوای گرم و سرد:

مراقبت بتن در مناطق دارای هوای گرم و خشک:

همانطورکه می‌دانیم هوای گرم همراه با تابش آفتاب، وزش باد در زمان بتن‌ریزی باعث تسریع در تبخیر آب بتن شده و عملیات هیدراسیون کامل نشده و موجب تشدید در جمع‌شدگی و ترک در بتن می‌شود. با مرطوب نگهداشتن سطح بتن با آب‌پاشی یا غرقاب‌کردن کامل بتن و یا با پوشاندن گونی، کاه و حصیر مرطوب سطح بتن را نمناک کرد تا از تبخیر سریع آب جلوگیری به عمل آید. قابل ذکر است، دمای بتن در هنگام بتن‌ریزی نباید بیش از ۳۲ درجه سانتیگراد برای بتن معمولی و۱۵ درجه سانتیگراد برای بتن حجیم باشد. [۱]

مراقبت بتن در مناطق دارای هوای سرد:

مناطقی که دمای هوا در نیمی از روز برای سه روز متوالی بیش از نصف روز از ۱۰ درجه سانتیگراد بیشتر نباشد و دمای متوسط هوا در شبانه روز کمتر از ۵ درجه سانتیگراد باشد، دارای هوای سرد است. در چنین حالتی لازم است تدابیر احتیاطی را در هنگام بتن‌ریزی از قبیل : گرم نگهداشتن محیط کار با ورقه‌های پلاستیکی (پوششهای عایق)، بالابردن دمای آب یا دانه‌های سنگی، استفاده از ضدیخ و یا روش‌هایی که به تأیید دستگاه نظارت رسیده باشد، لحاظ گردد. [۱]



شکل (۶-۱۲) عمل آوری حرارتی بتن[۱۵]

جدول(۷-۱۷) تأثیر نوع سیمان و سن بتن بر روی مقاومت فشاری نسبی بتن[۱]

نوع سیمان	مقاومت فشاری (به صورت نسبی)			
	یک روزه	۷ روزه	۲۸ روزه	۹۰ روزه
سیمان نوع I	۰/۳۰	۰/۶۶	۱/۰۰	۱/۲۰
سیمان نوع II	۰/۲۳	۰/۵۶	۰/۹۰	۱/۲۰
سیمان نوع III	۰/۵۷	۰/۷۹	۱/۱۰	۱/۲۰
سیمان نوع IV	۰/۱۷	۰/۴۳	۰/۷۵	۱/۲۰
سیمان نوع V	۰/۲۰	۰/۵۰	۰/۸۵	۱/۲۰

توضیح: در صورت مصرف سیمان‌های پرتلند پوزولانی استاندارد به جای سایر سیمان‌های پرتلند در بتن، با توجه به دیرتر سخت شدن این نوع سیمان‌ها، مهندس ناظر می‌تواند با توجه به زمان بارگذاری بر روی سازه یا عضو سازه‌ای، مقاومت مشخصهٔ بتن را به جای سن ۲۸ روزگی در سن ۹۰ روزگی درنظر بگیرد.

برخی از مشکلات
اجرایی سازه های بتنی

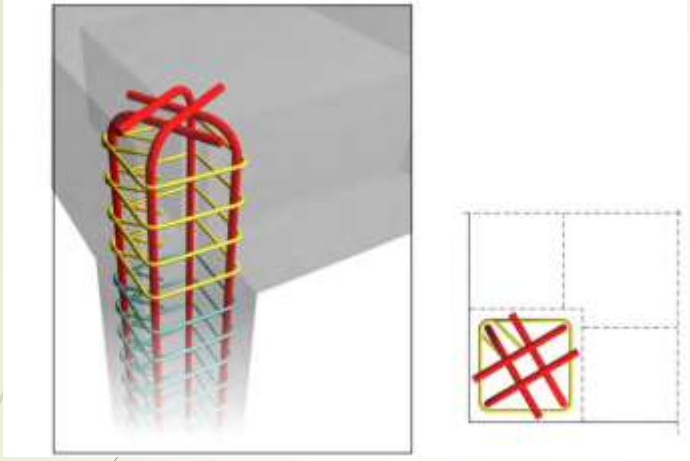
میلگرد طولی در ستونهای بتونی:

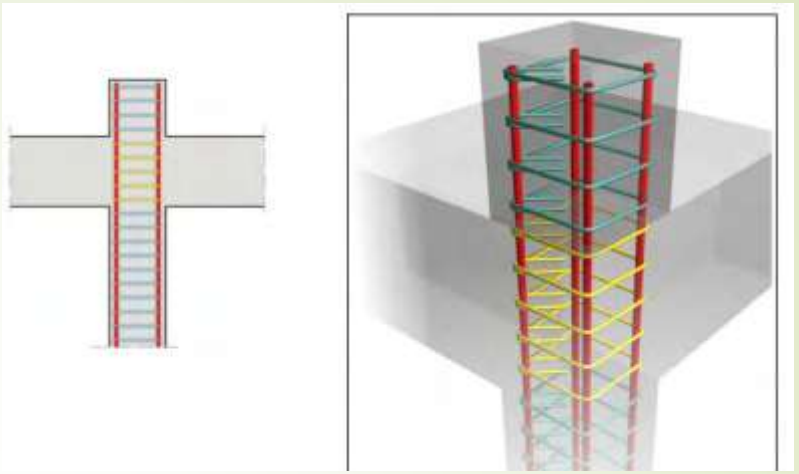
WWW.STS-WELD.COM

شکل ۱. عدم مهار مناسب آرماتور طولی ستون در سقف آخر

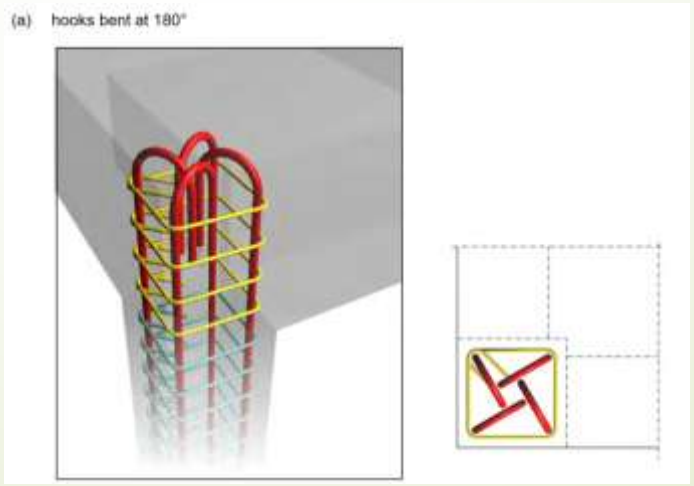
(این عکس نشان میدهد که خم ۹۰ درجه آرماتور طولی انتهای ستون اجرا نشده و یا آرماتور طولی ستون فاقد طول مهاری لازم در داخل بتن است.)

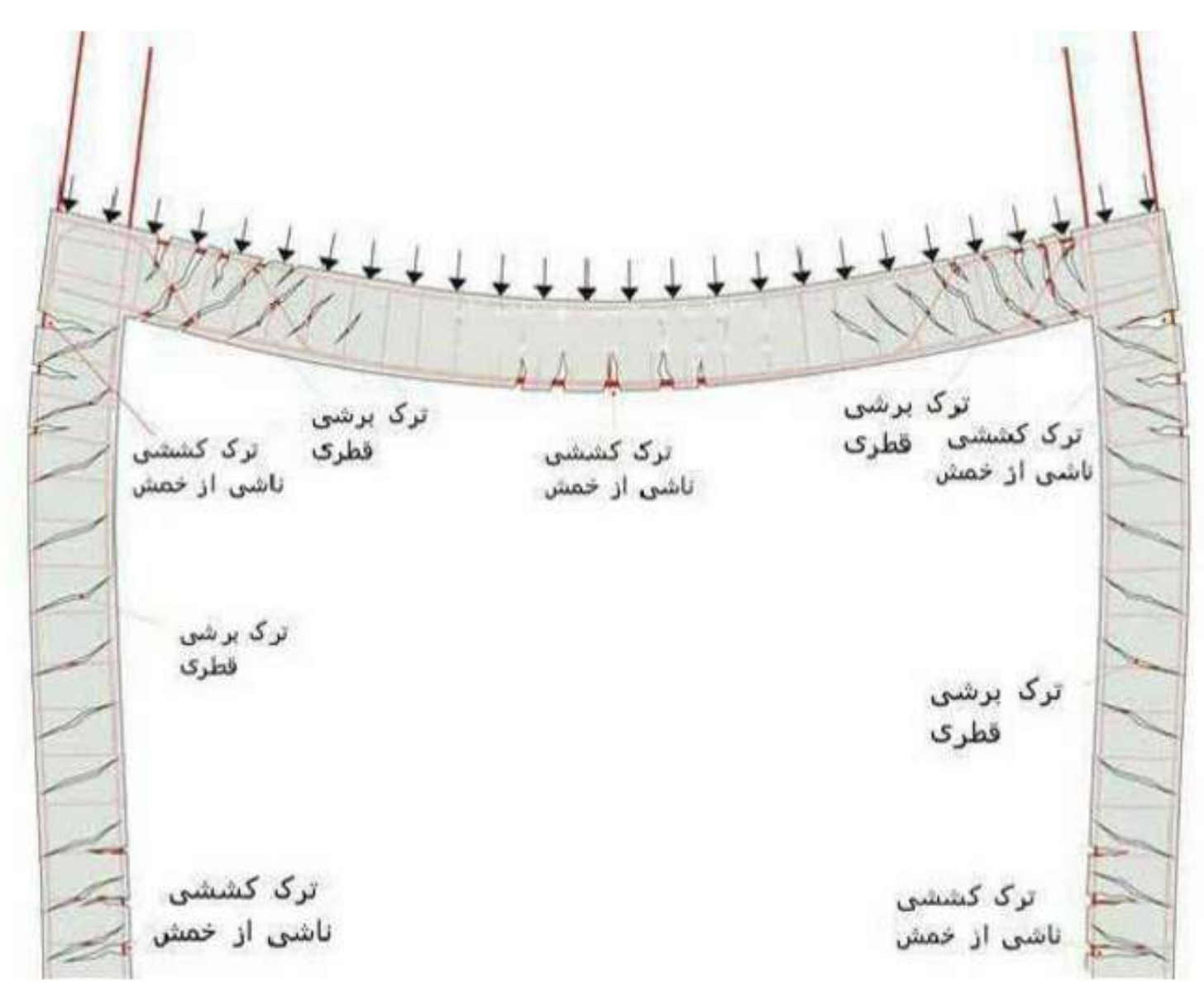
(b) hooks bend at 90° (A case)

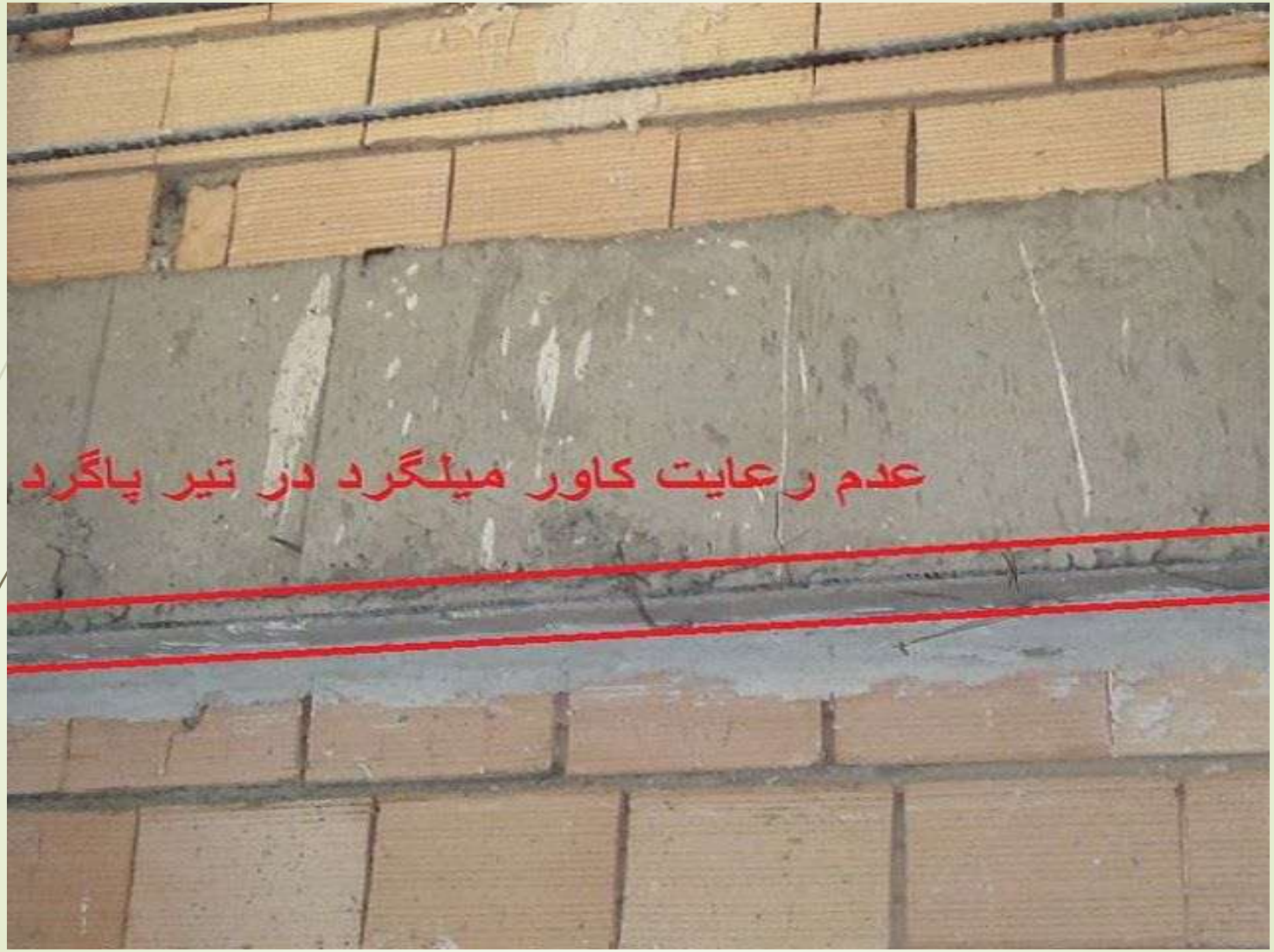


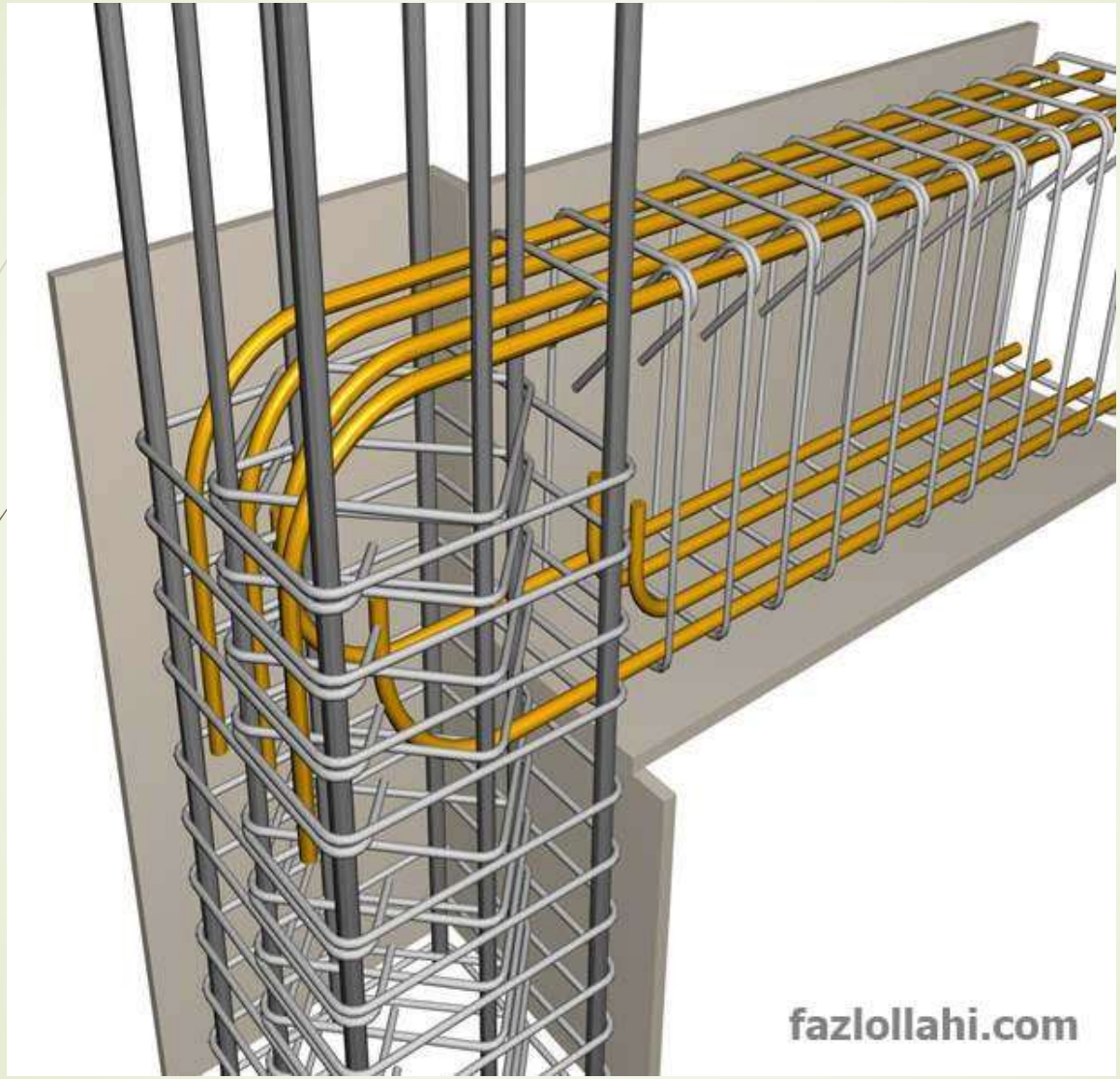


(a) hooks bent at 180°

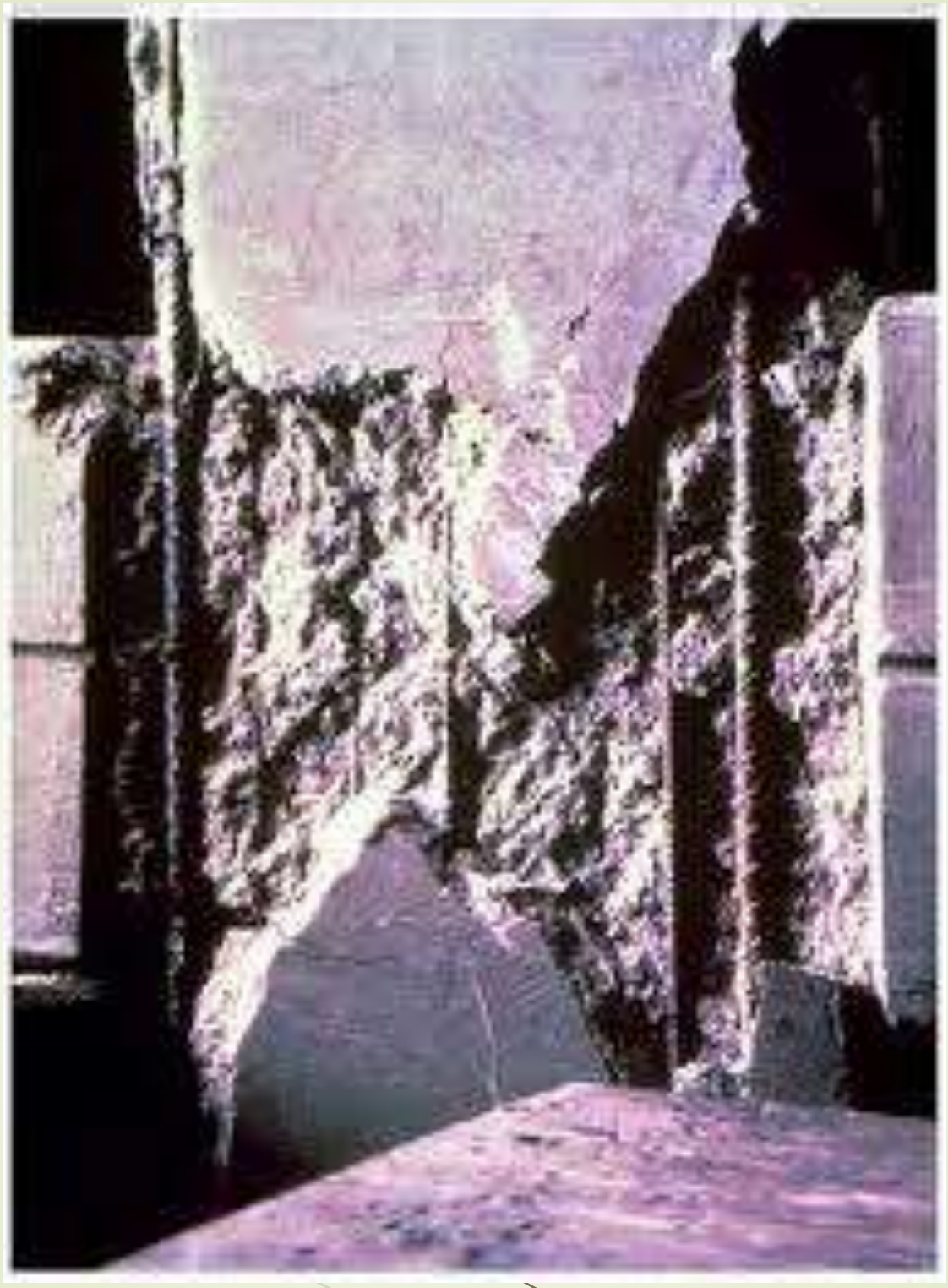



ترک برشی
قطری
ترک کششی
ناشی از خمش
ترک کششی
ناشی از خمش
ترک برشی
قطری
ترک کششی
ناشی از خمش
ترک برشی
قطری
ترک برشی
قطری
ترک کششی
ناشی از خمش
ترک کششی
ناشی از خمش


عدم رعایت کاور میلگرد در تیر پاگرد


fazlollahi.com

وضعیت نامناسب اتصال تیر به ستون (عدم اجرای خاموتهای محل اتصال تیر به ستون)



mycivil.ir

۹-۲۰-۶-۵ اتصالات تیر به ستون در قاب‌های ویژه

۹-۲۰-۶-۵-۱ ضوابط این بند برای طراحی نواحی اتصال تیر به ستون در قاب‌های ویژه که بخشی از سیستم باربر جانبی محسوب می‌شوند، به کار برده می‌شوند.

۹-۲۰-۶-۵-۲ کلیات

۹-۲۰-۶-۵-۲-۱ نیروهای آرماتورهای طولی تیرها در بر ناحیه‌ی اتصال باید با فرض تنش کششی $1.25f_y$ محاسبه شوند.

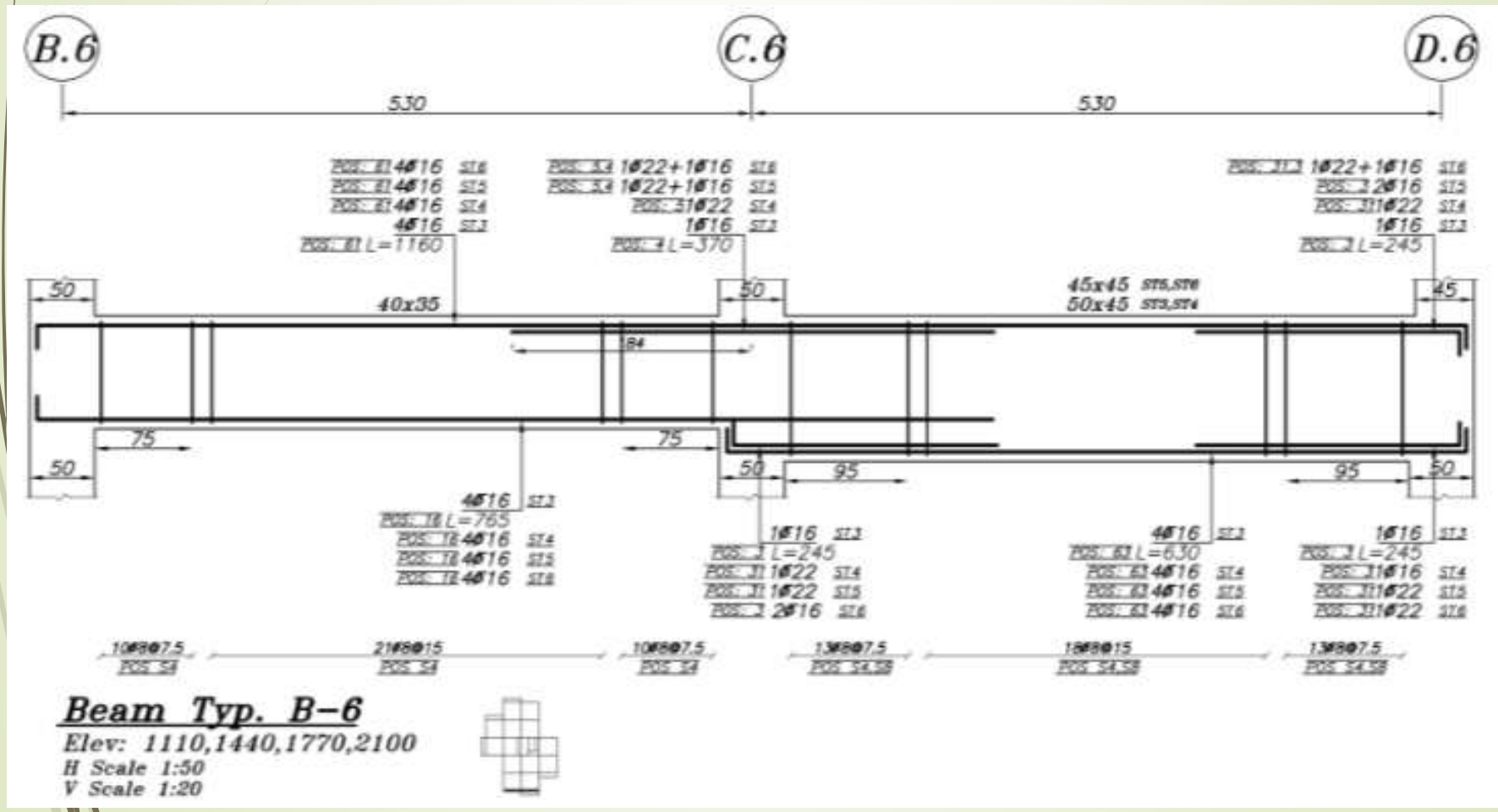
۹-۲۰-۶-۵-۲-۲ آرماتورهای طولی تیرها که در ناحیه‌ی اتصال تیر به ستون ختم می‌شوند، باید تا وجه مقابل هسته‌ی محصور شده در این ناحیه ادامه یابند؛ و در صورت ایجاد نیروی کششی در آن‌ها مطابق بند ۹-۲۰-۶-۵-۵، و در صورت ایجاد نیروی فشاری در آن‌ها مطابق بند ۹-۲۱-۳-۸، مهار شوند.

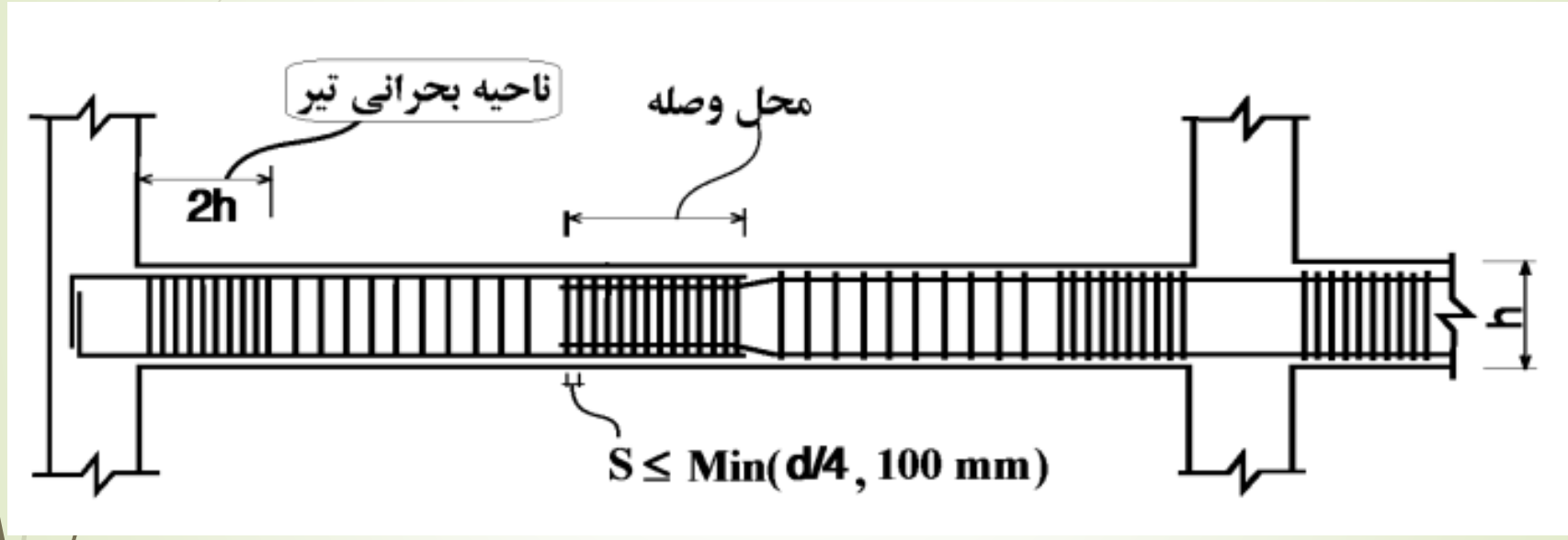
۹-۲۰-۶-۵-۲-۳ در مواردی که آرماتورهای طولی تیر از ناحیه‌ی اتصال تیر به ستون عبور می‌کنند، بعد گره، h، به موازات آرماتورهای طولی تیر باید بیش‌ترین مقدار به دست آمده از (الف) تا (پ) باشد.

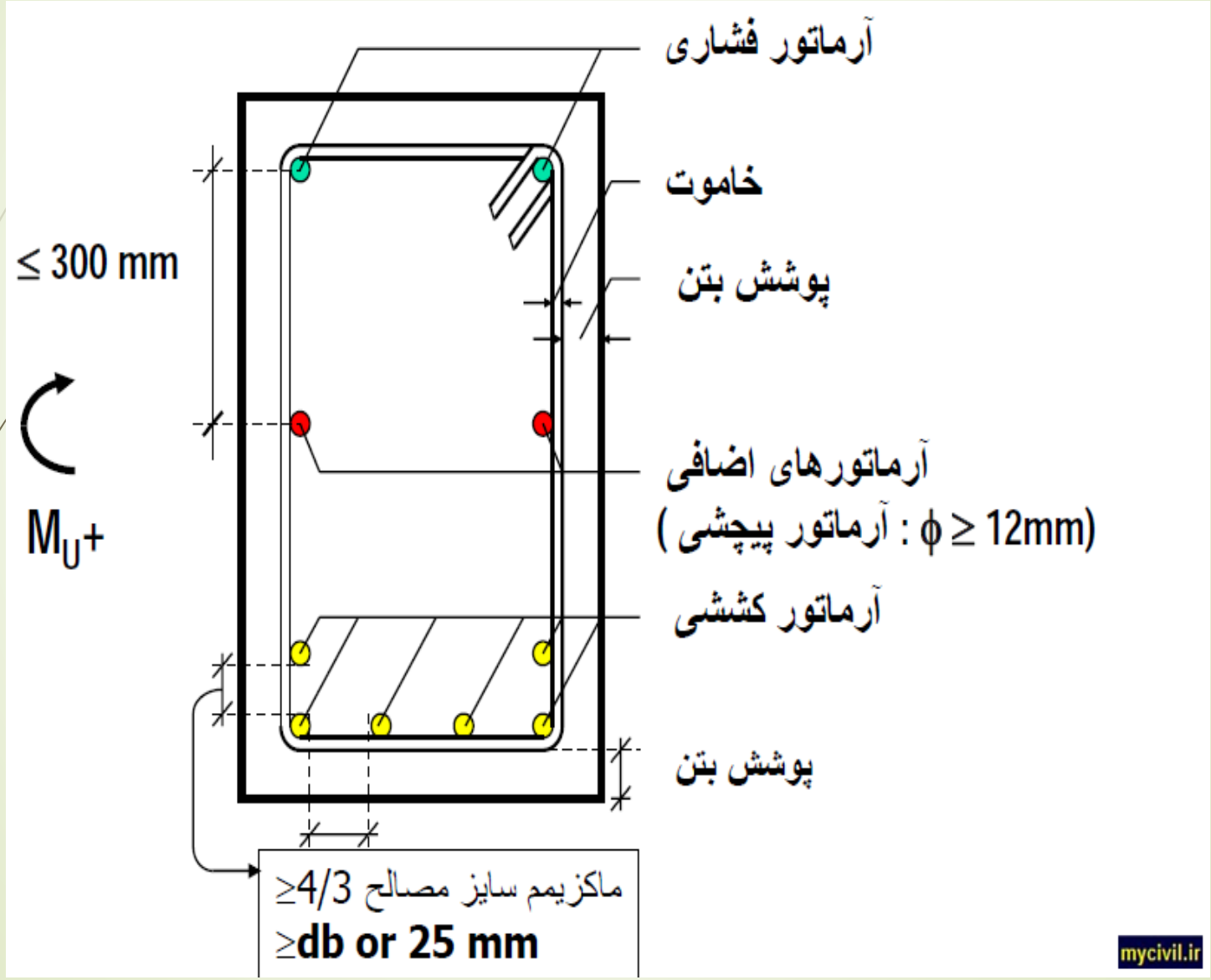
الف- برای میلگردهای با مقاومت تسلیم ۴۲۰ مگاپاسکال و کم‌تر برابر با $\frac{20}{\lambda}d_b$، که d_b قطر بزرگ‌ترین میلگرد است.

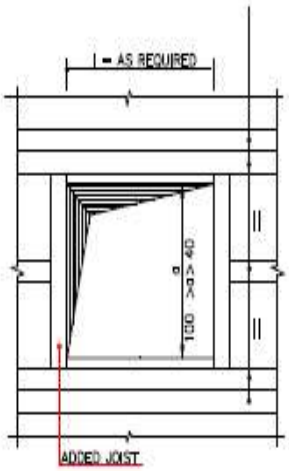
ب- برای میلگردهای با مقاومت تسلیم ۵۲۰ مگاپاسکال برابر با $26d_b$ بر اساس قطر بزرگ‌ترین

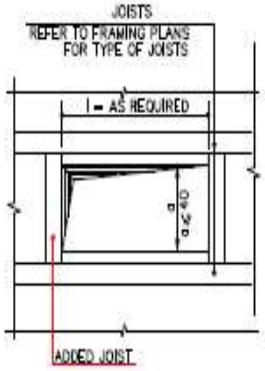
جزئیا ت کاهش ابعاد تیر:



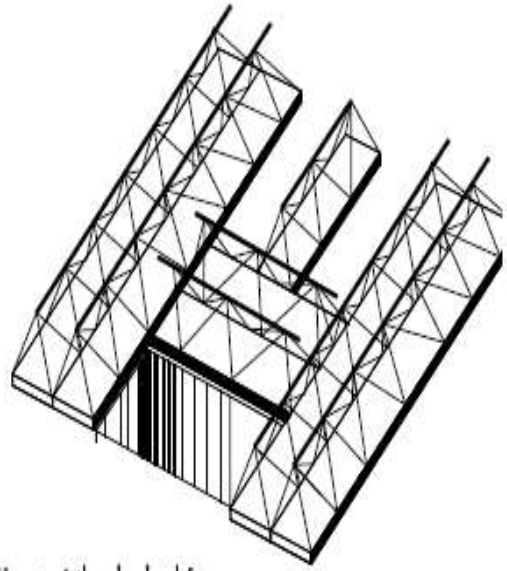

ناحیه بحرانی تیر
محل وصله
2h
h
S ≤ Min(d/4 , 100 mm)


آرماتور فشاری
خاموت
پوشش بتن
≤ 300 mm
M_U+
آرماتورهای اضافی
(آرماتور پیچشی : $\phi \geq 12mm$)
آرماتور کششی
پوشش بتن
ماکزیمم سایز مصالح 4/3≥
≥db or 25 mm
mycivil.ir

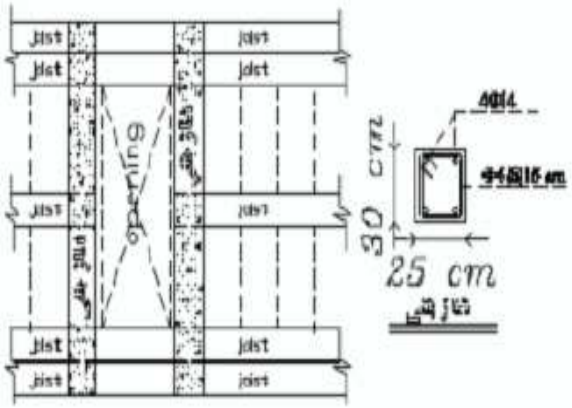




جزئیات بازشو در سقف تیرچه بلوک پلی‌اتیلنی



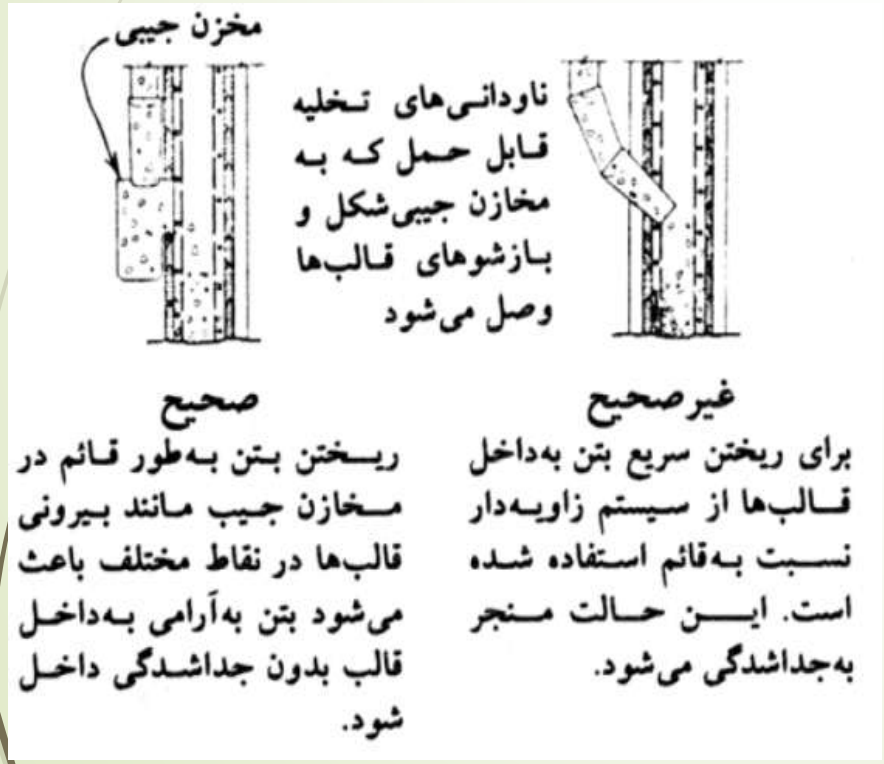
جزئیات اجرای بازشودر سقف



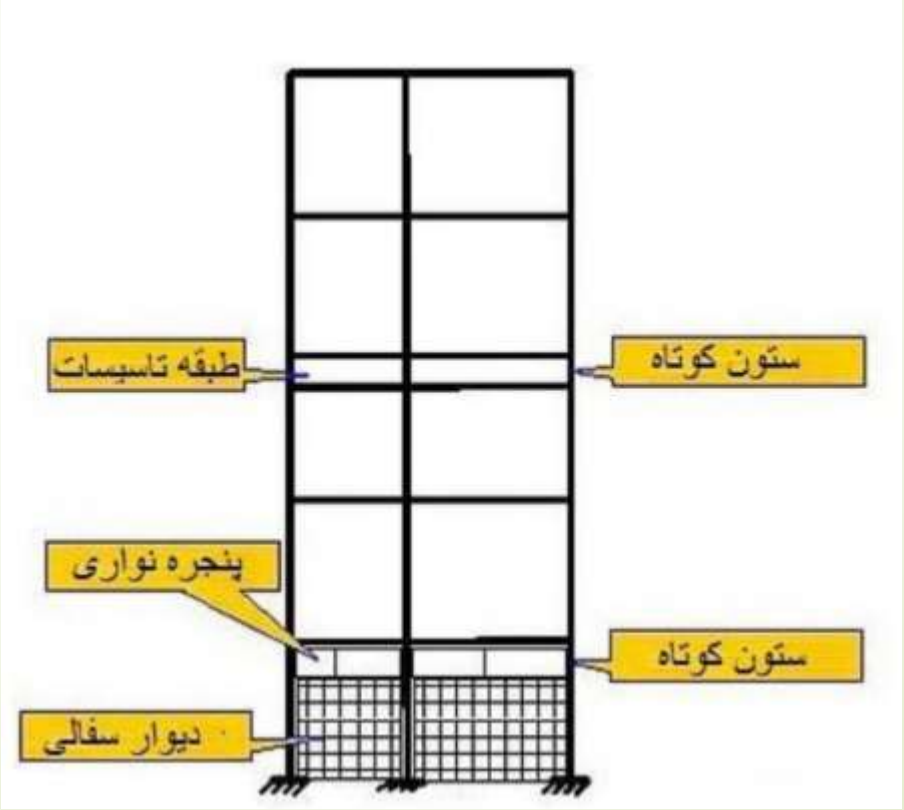
دتایل اجرایی مربوط به بازشوهای قابل‌توجه

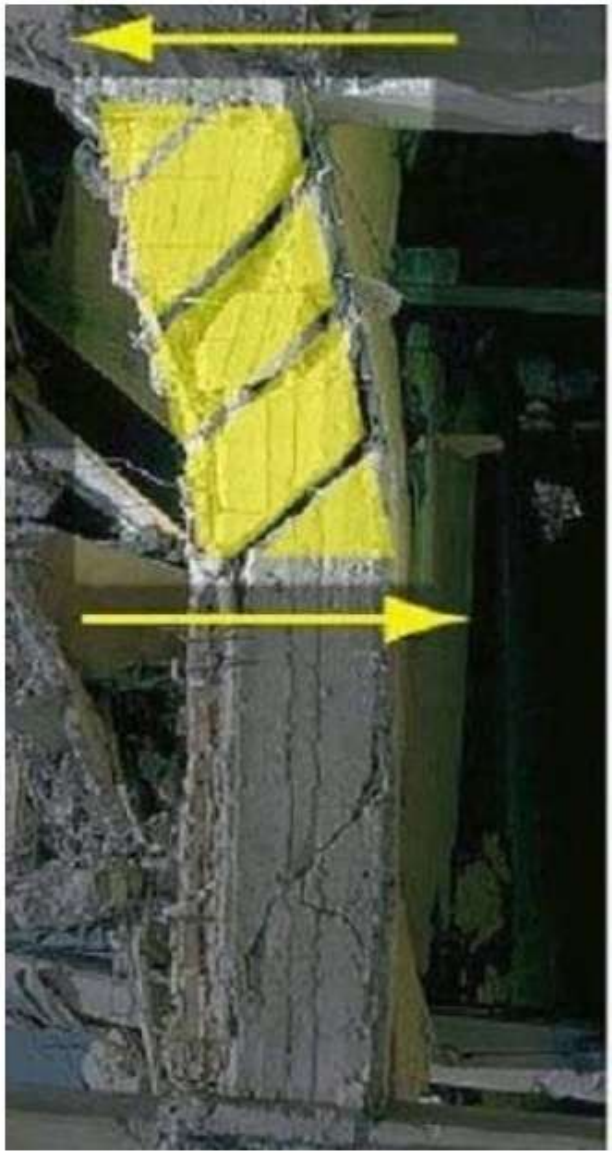
در صورت نیاز به قطع تیرچه

تراز نبودن ارتفاع و ناپیوستگی ستون
7civil.com
سایت عمران و معماری


مخزن جیبی
ناودانی‌های تخلیه قابل حمل که به مخازن جیبی‌شکل و بازشوهای قالب‌ها وصل می‌شود
غیرصحیح
برای ریختن سریع بتن به‌داخل قالب‌ها از سیستم زاویه‌دار نسبت به‌قائم استفاده شده است. این حالت منجر به‌جداشدگی می‌شود.
صحیح
ریختن بتن به‌طور قائم در مخازن جیب مانند بیرونی قالب‌ها در نقاط مختلف باعث می‌شود بتن به‌آرامی به‌داخل قالب بدون جداشدگی داخل شود.

42 پدیده ستون کوتاه که در زمان زلزله منشا اصلی آسیب به ساختمان می باشد که به این صورت می توان شرح داد ؛به ستون هایی گفته می شود که ابعاد مقطع آن ها نسبت به طولشان بسیار بزرگ تر می باشد (به عبارتی مقاطع کلفت با ارتفاع کم) این امر می تواند به صورت عمدی یا غیر عمدی ایجاد شود در حالت غیر عمدی ممکن است ستون ها مقاطع کلفت اما به دلیل مهار ستون ها توسط دیوارها . دست انداز ها . پنجره ها و... نسبت مقطع به طول مهار نشده ستون های بزرگ باشد . لذا در این حالت نیز ستون کوتاه ایجاد شده است . در ستون های کوتاه با کاهش طول مهار نشده ستون سختی به شدت افزایش می یابد و لذا نیروهای جانبی زلزله بیشتری جذب می نماید و در نتیجه قبل از رسیدن به مفصل پلاستیکی دچار شکسته گی می شود.





اجرای صحیح آویز برای سقف کاذب قبل از بتن ریزی سقف

شکستن کاور تیرچه و گرفتن آویز برای سقف کاذب

مراجع:

۱- مبحث ۹ مقررات ملی ساختمان (ویرایش پنجم سال ۱۳۹۹)

۲- آیین نامه بتن ایران

۳- طراحی سازه های بتنی (ویرایش سوم) مولف : مسعود حسین زاده اصل

٤- اصول و مبانی کاربردی بتن (ویرایش دوم) مولف: سید احسان وکیلی-سید امین وکیلی

٥- ACI-318-2019

با تشکر از حضور شما مهندسین گرامی