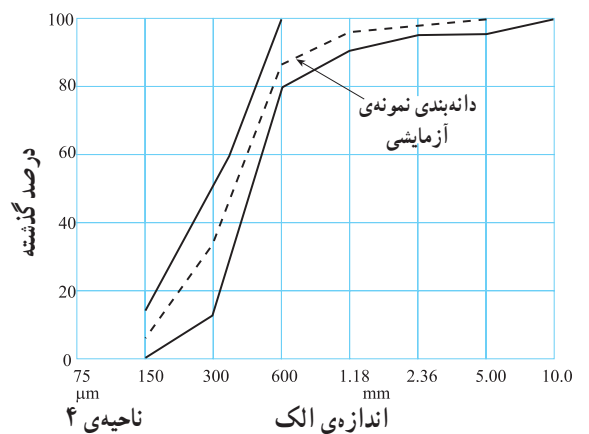
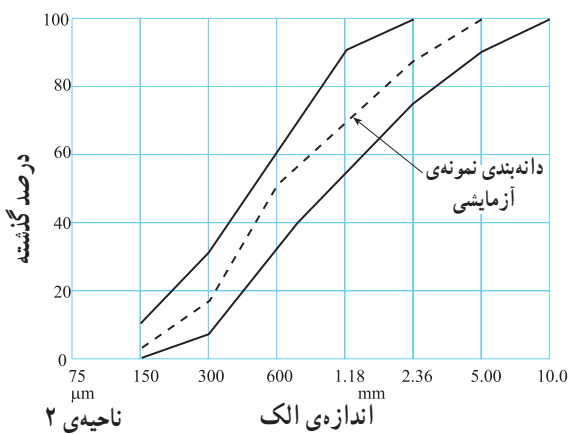
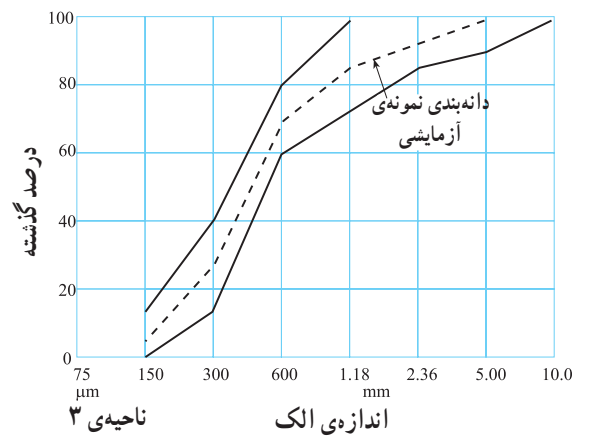
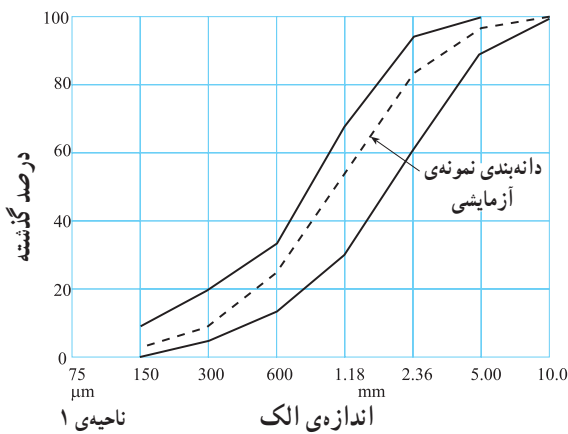
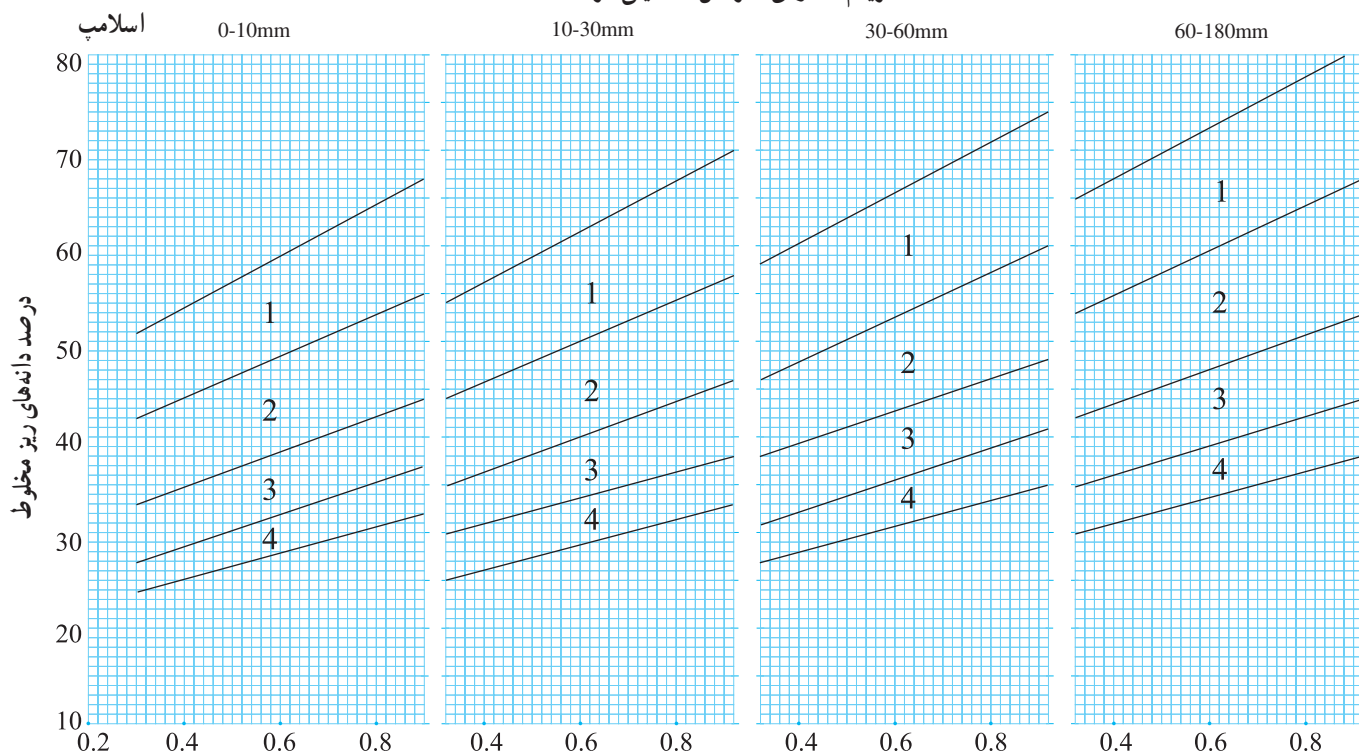


شکل ۳-۲- وزن مخصوص تخمینی بتن با تراکم کامل

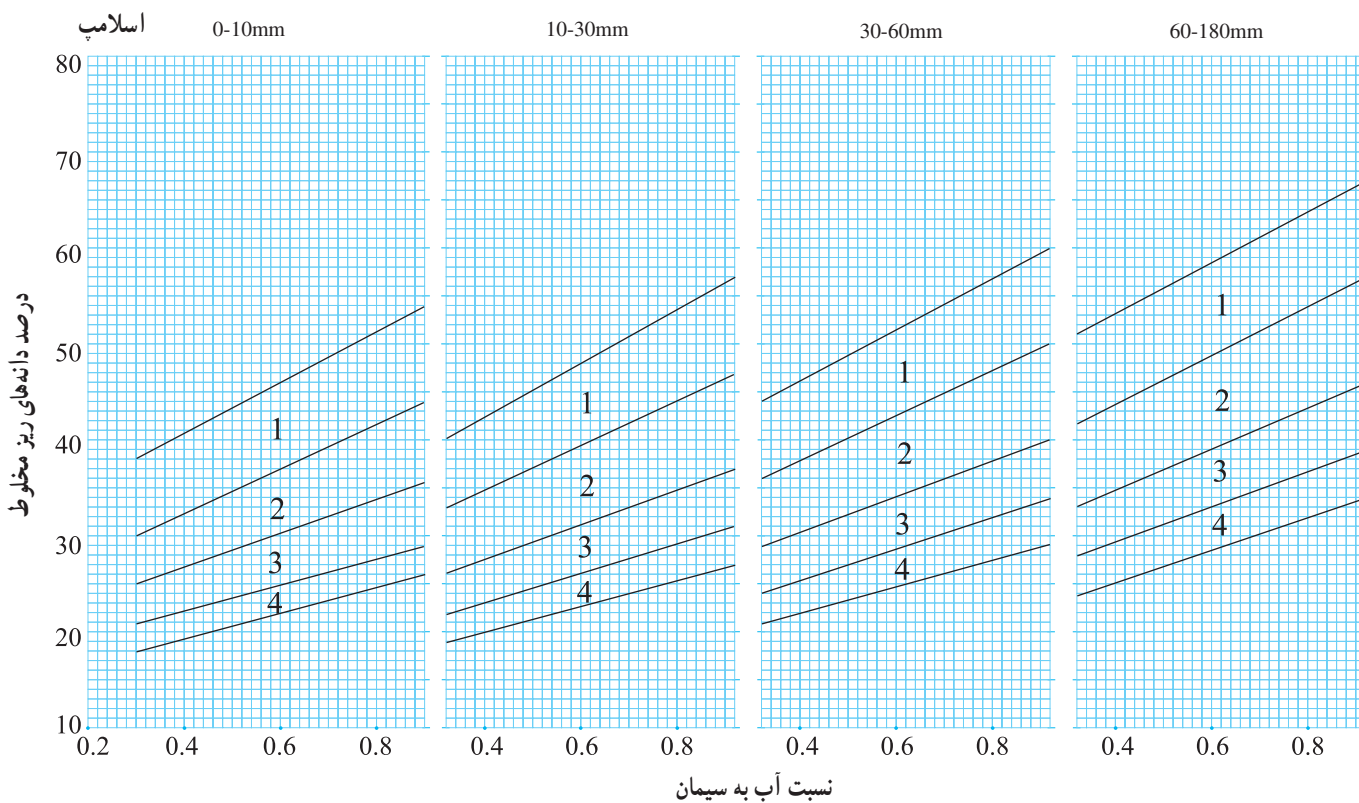


شکل ۳-۳- حدود دانه‌بندی در نواحی ۱ تا ۴ براساس BS ۸۸۲

ماکزیمم اندازه‌ی قطر شن ۱۰ میلی‌متر

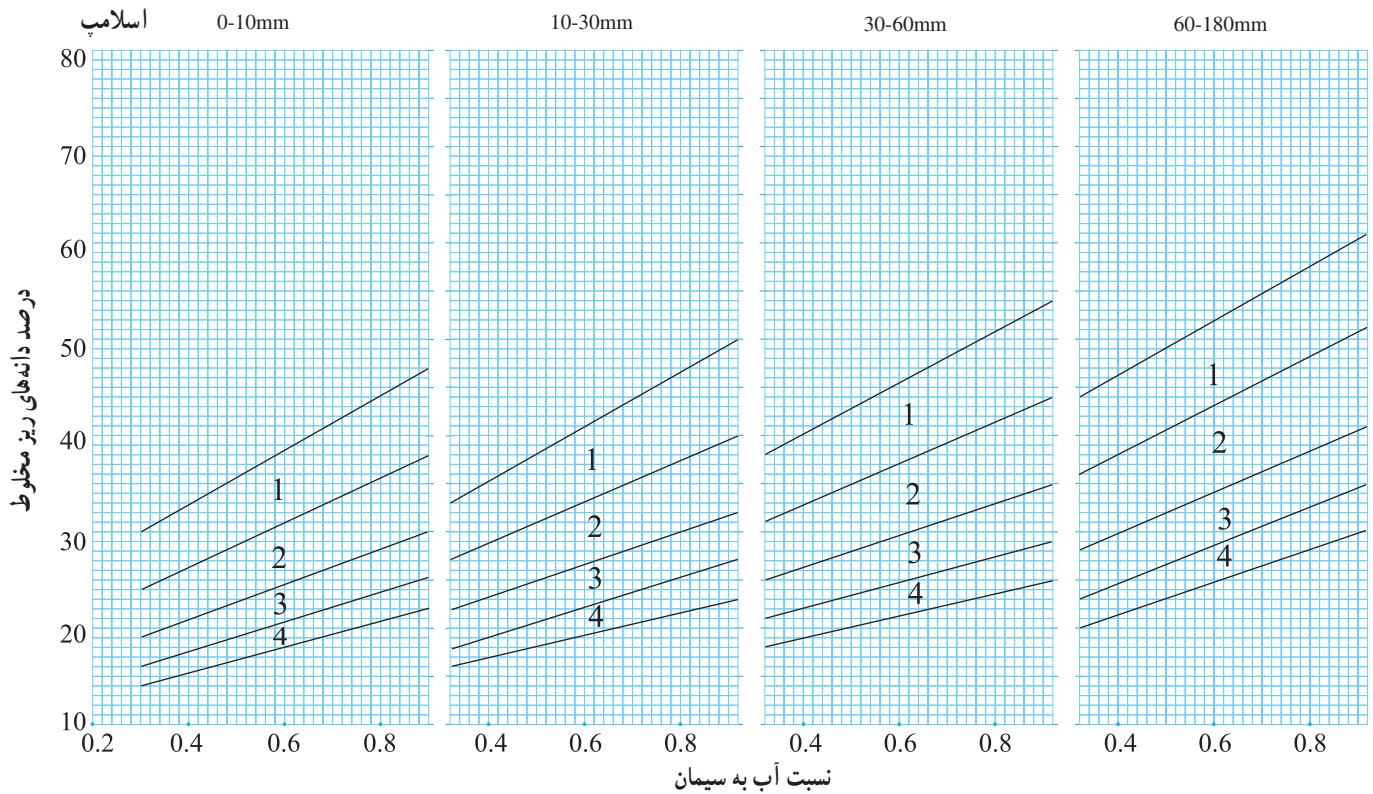


ماکزیمم اندازه‌ی قطر شن ۲۰ میلی‌متر



شکل ۳-۴- نسبت‌های پیشنهادی دانه‌های ریز برای نواحی ۱، ۲، ۳ و ۴

ماکزیم اندازهی قطر شن ۴۰ میلی‌متر



ادامه‌ی شکل ۳-۴ - نسبت‌های پیشنهادی دانه‌های ریز برای نواحی ۱، ۲، ۳ و ۴

مثال ۱: بتنی با مشخصات زیر طرح کنید.

- ۱- مقاومت فشاری مشخصه‌ی ۲۸ روزه برای نمونه‌ی مکعبی برابر با 28 N/mm^2
- ۲- نوع سیمان: پرتلند معمولی
- ۳- شن و ماسه: از نوع شکسته
- ۴- ناحیه‌ی دانه‌بندی ماسه براساس استاندارد BS882: ناحیه‌ی یک.
- ۵- حداکثر اندازه‌ی سنگ‌دانه‌ها: 20 mm
- ۶- اسلامپ خواسته‌شده: 75 mm
- ۷- حداکثر نسبت آب به سیمان برای شرایط محیطی مورد نظر: 0.5
- ۸- مقدار حاشیه‌ی مقاومت براساس اهمیت سازه و درجه‌ی کنترل کیفیت کارگاه و ضوابط آیین‌نامه: $9/3 \text{ N/mm}^2$

حل:

مرحله‌ی اول، تعیین مقاومت متوسط هدف:

$$f_m = f_c + f' = 28 + 9/3 = 37/3 \text{ N/mm}^2$$

مرحله‌ی دوم، تعیین نسبت آب به سیمان:

گام (۱): از جدول ۳-۴ مقاومت فشاری تقریبی بتن برای نسبت فرضی آب به سیمان 0.5

با سیمان پرتلند معمولی، شن شکسته و سن ۲۸ روزه برابر با 47 N/mm^2 می‌باشد.

گام (۲): نقطه‌ی مربوط به مختصات $47^\circ/5$ را بر روی شکل ۳-۱ تعیین و یک منحنی

مشابه به موازات بقیه‌ی منحنی‌های شکل رسم می‌کنیم.

گام (۳): با استفاده از منحنی فوق برای $f_m = 37/3 \text{ N/mm}^2$ مقدار نسبت آب به سیمان برابر با 59° به دست می‌آید.

گام (۴): چون نسبت آب به سیمان 59° از حداکثر تعیین شده در مشخصات طرح بیش تر است، لذا نسبت آب به سیمان نهایی مقدار 5° انتخاب می‌گردد.

مرحله‌ی سوم، تعیین مقدار آب آزاد: با استفاده از جدول ۳-۵ برای اسلامپ 75mm ، حداکثر قطر سنگ دانه‌ها 20mm و دانه‌های سنگی از نوع شکسته، مقدار تقریبی آب آزاد برابر با 225 کیلوگرم در مترمکعب خواهد بود.

مرحله‌ی چهارم، محاسبه‌ی مقدار سیمان:

$$\text{وزن سیمان لازم} = \frac{\text{وزن آب آزاد}}{\text{نسبت آب به سیمان}} = \frac{225}{5^\circ} = 45^\circ \text{ kg/m}^3$$

مرحله‌ی پنجم، تعیین وزن کل سنگ دانه‌ها:

گام (۱): وزن مخصوص بتن تازه با استفاده از شکل ۳-۲ با مقدار آب آزاد 225 kg/m^3 و توده‌ی ویژه‌ی سنگ دانه‌ها برابر با $2/7$ برای دانه‌های شکسته، برابر با 238° kg/m^3 تخمین زده می‌شود.

گام (۲): وزن کل سنگ دانه‌ها عبارت است از:

$$\text{وزن کل سنگ دانه‌ها} = 238^\circ - 225 - 45^\circ = 17^\circ 5 \text{ kg/m}^3$$

مرحله‌ی ششم، تفکیک وزن شن و ماسه:

گام (۱): ناحیه‌ی دانه‌بندی ماسه‌ی ۱ تعیین شده است.

گام (۲): درصد ماسه با استفاده از شکل ۳-۴ برای حداکثر اندازه‌ی قطر شن 20mm ، اسلامپ 75mm ، نسبت آب به سیمان 5° و برای ماسه‌ی ناحیه‌ی ۱، برای حد بالایی 56% و حد پایینی 46% به دست می‌آید. لذا حد متوسط آن‌ها، یعنی 51% را انتخاب می‌کنیم.

گام (۳): تفکیک وزن ماسه و شن:

$$\text{وزن ماسه} = 17^\circ 5 \times 51 = 87^\circ \text{ kg/m}^3$$

$$\text{وزن شن} = 17^\circ 5 - 87^\circ = 835 \text{ kg/m}^3$$

نتیجه‌ی نهایی: برای ساخت یک مترمکعب بتن مقادیر مصالح مورد نیاز عبارت است از:

$$\text{سیمان} = 45^\circ \text{ kg/m}^3$$

$$\text{آب آزاد} = 225 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{ماسه در حالت SSD} = 87^\circ \text{ kg/m}^3$$

$$\text{شن در حالت SSD} = 835 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{مجموع} = 238^\circ \text{ kg/m}^3$$



در کلاف عمودی نشان داده شده در شکل فوق، به علت استفاده از بتن با کیفیت نامناسب، شیوه‌ی تراکم نادرست، عدم اتصال مناسب آجرنما به سطح زیرکار و ... در محل تراز طبقه دچار گسیختگی شده است.



ضعف بتن ریزی در محل اتصال شناژ
قائم به افقی

مثال ۲: اگر میزان جذب آب سنگ‌دانه‌ها جهت رسیدن از حالت کاملاً خشک به حالت اشباع با سطح خشک (SSD) برای شن ۱/۵ درصد و برای ماسه ۲/۵ درصد باشد، مقادیر طرح اختلاط حاصله از مثال ۱ را برای حالت کاملاً خشک سنگ‌دانه‌ها به دست آورید.

$$\text{حل:} \quad \text{وزن ماسه‌ی کاملاً خشک} = ۸۷۰ \times \frac{۱۰۰}{۱۰۰+۲/۵} = ۸۴۹ \text{ kg/m}^3$$

$$\text{وزن شن کاملاً خشک} = ۸۳۵ \times \frac{۱۰۰}{۱۰۰+۱/۵} = ۸۲۳ \text{ kg/m}^3$$

پس مقدار آب جذب شده توسط ماسه برابر با

و مقدار آب جذب شده توسط شن برابر با

است. لذا مقدار آب کل مورد نیاز مخلوط در این حالت، که سنگ‌دانه‌ها کاملاً خشک در نظر گرفته می‌شوند، برابر خواهد بود با:

$$\text{وزن آب کل} = ۲۲۵ + ۲۱ + ۱۲ = ۲۵۸ \text{ kg/m}^3$$

بدیهی است وزن سیمان در این حالت تفاوتی با حالت قبل نخواهد داشت و همان

۴۵۰ kg/m^3 می‌باشد. ضمناً باید توجه داشت که مجموع وزن واحد حجم اجزا باید

همان ۲۳۸۰ kg/m^3 باشد.

مثال ۳: در یکی از روزها که قرار است براساس طرح فوق بتن ساخته شود، سنگ‌دانه‌های

موجود در کارگاه مرطوب هستند. میزان رطوبت دانه‌های شن ۱٪ و دانه‌های ماسه ۱/۵٪ می‌باشد.

در این حالت مقادیر طرح اختلاط مثال‌های ۱ و ۲ را برای ساخت بتن با این شن و ماسه تعیین کنید.

$$\text{حل:} \quad \text{وزن ماسه‌ی موجود} = ۸۴۹ \times \frac{۱۰۰+۱/۵}{۱۰۰} = ۸۶۲ \text{ kg/m}^3$$

$$\text{وزن شن موجود} = ۸۲۳ \times \frac{۱۰۰+۱}{۱۰۰} = ۸۳۱ \text{ kg/m}^3$$

پس مقدار آب موجود در ماسه برابر است با

و مقدار آب موجود در شن برابر است با

و مقدار آب مورد نیاز در این حالت برابر خواهد بود با:

$$\text{وزن آب مورد نیاز} = ۲۵۸ - (۱۳ + ۸) = ۲۳۷ \text{ kg/m}^3$$

بدیهی است که وزن سیمان در این حالت تفاوتی با حالت‌های قبلی نخواهد داشت و همان

۴۵۰ kg/m^3 می‌باشد و مجموع وزن کلیه اجزا نیز باید کماکان برابر با ۲۳۸۰ kg/m^3 باشد.

- ۱- هدف از طرح اختلاط بتن چیست؟ عوامل مؤثر بر آن را شرح دهید.
- ۲- لزوم ساخت مخلوط‌های آزمایشی چیست؟
- ۳- کیفیت بتن در وهله‌ی اول به چه چیزی بستگی دارد؟
- ۴- کارآیی بتن را تعریف کنید و بگویید میزان کارآیی به چه عواملی بستگی دارد.
- ۵- اگر بخواهید یک عضو بتنی را که مقطع آن دارای گوشه‌های متعدد است بتن‌ریزی کنید، میزان کارآیی بتن مصرفی را چقدر انتخاب می‌کنید؟
- ۶- منظور از دوام بتن چیست؟
- ۷- در یک منطقه‌ی سردسیر، مهم‌ترین عامل تخریب بتن چیست و برای جلوگیری از تخریب آن چه مواردی در طرح بتن باید در نظر گرفته شود؟
- ۸- چگونه می‌توان مقاومت بتن را در برابر املاح و مواد مضر در آب و خاک افزایش داد؟
- ۹- مهم‌ترین عامل در طرح بتن باند فرودگاه چه می‌تواند باشد؟
- ۱۰- در طرح بتن یک اسکله‌ی نفتی در خلیج فارس چه عاملی بسیار مهم است و چه تمهیداتی باید به کار برده شود؟
- ۱۱- مراحل طرح اختلاط بتن را بیان کنید.
- ۱۲- آبی که در مخلوط بتن مورد استفاده قرار می‌گیرد، صرف چه مواردی می‌شود؟
- ۱۳- مطلوب است طرح مخلوط بتنی با مشخصات زیر:
- $f_c = 20 \text{ N/mm}^2$ (مقاومت مشخصه ۲۸ روزه بر اساس نمونه‌ی مکعبی)
- نوع سیمان: پرتلند معمولی
- شن و ماسه: از نوع شکسته و کاملاً خشک که برای رسیدن به حالت اشباع با سطح خشک میزان جذب آب شن، ۱/۲ درصد و ماسه، ۲/۶ درصد می‌باشد.
- ناحیه‌ی دانه‌بندی ماسه براساس استاندارد BS882: ناحیه‌ی دو
- حداکثر اندازه‌ی سنگ‌دانه‌ها: ۴۰ mm
- اسلامپ خواسته شده: ۵۰ mm
- حداکثر نسبت آب به سیمان برای شرایط محیطی مورد نظر: ۰/۴۵
- مقدار حاشیه‌ی مقاومت: ۸/۵ N/mm^2



این پل بتنی به مدد طراحی و اجرای مناسب توانسته است، بدون تحمل آسیب‌های سازه‌ای، پایدار بماند و برای سرویس‌دهی پس از زمین‌لرزه مورد استفاده قرار گیرد. خراب شدن این گونه سازه‌ها، می‌تواند امر امداد رسانی پس از وقوع زلزله را دچار اختلال کند و صدمات و تلفات را افزایش دهد.



ترک بتن در اثر کم بودن سطح مقطع آرماتور در ستون.

درست است که ایده‌ی اصلی در ایجاد بتن مسلح، استفاده از بتن برای تحمل فشار و میل‌گردهای فولادی برای تحمل کشش است، اما در بعضی از اعضای بتنی نظیر ستون‌ها که عمدتاً تحت نیروهای فشاری هستند، موجب افزایش مقاومت این عضو می‌شود. در این شکل کم بودن سطح مقطع آرماتورها، موجب کاهش مقاومت ستون شده و ترک‌هایی را در این عضو پدید آورده است.

میل‌گردهای فولادی در بتن مسلح

هدف‌های رفتاری: در پایان این فصل فراگیر باید بتواند:

- ۱- دلایل اصلی مصرف فولاد در بتن را نام ببرد؛
- ۲- مزایای بتن مسلح را نام ببرد؛
- ۳- بتن پیش‌تنیده را توضیح دهد؛
- ۴- انواع فولادهای مصرفی در بتن و روش‌های تولید آن‌ها را نام ببرد؛
- ۵- چگونگی سطح میل‌گردها را بیان کند؛
- ۶- شکل‌های رایج و کاربرد میل‌گردها را در بتن نام ببرد؛
- ۷- براساس آیین‌نامه، خم و قلاب‌های میل‌گردها را بیان کند؛
- ۸- حداقل فاصله‌ی پوشش بتن برای محافظت میل‌گردها را بیان کند؛
- ۹- انواع وصله‌ی میل‌گردها را نام ببرد؛
- ۱۰- روش‌های مختلف حفاظت و انبار کردن میل‌گردهای فلزی را توضیح دهد.

۱-۴- مصرف فولاد در بتن

۱-۴-۱- علت اصلی مصرف فولاد: بتن دارای مقاومت زیادی در فشار است، بنابراین استفاده از آن برای قطعات تحت فشار مانند ستون‌ها و قوس‌ها بسیار مناسب است. ولی به علت مقاومت کششی کم و شکنندگی نسبتاً زیاد بتن، استفاده از آن برای قطعاتی که تماماً یا به‌طور موضعی تحت کشش هستند، محدود می‌شود. برای رفع این محدودیت، اعضای بتنی را با قرار دادن فولاد در آن‌ها تقویت می‌کنند و جسم مرکبی را که بدین ترتیب حاصل می‌شود، بتن آرمه یا بتن مسلح می‌نامند.

بنابراین ایده‌ی اصلی در ایجاد بتن مسلح، استفاده از بتن، برای تحمل فشار و فولاد که معمولاً آرماتور یا میل‌گرد نامیده می‌شود، برای تحمل کشش است. البته سایر اعضای بتنی نظیر ستون‌ها را که عمدتاً تحت نیروهای فشاری هستند، با میل‌گردهای فولادی نیز مسلح می‌کنند. وجود میل‌گرد در چنین اعضای سبب افزایش مقاومت می‌گردد، زیرا فولاد علاوه بر کشش، در فشار نیز مقاومت بالایی دارد.

۱-۴-۲- عوامل اصلی موفقیت بتن مسلح: اساس رفتار مشترک فولاد و بتن، اجتماع دو خاصیت مهم فیزیکی و مکانیکی این دو ماده با یکدیگر است. اول آن که بتن، در اثر سخت شدن، چسبندگی قابل ملاحظه‌ای با آرماتور فولادی پیدا می‌کند. هنگامی که به یک عضو

بتن آرمه، باری وارد می‌شود، این چسبندگی سبب می‌شود که هر دو ماده‌ی فولاد و بتن با هم تغییر شکل دهند. دوم آن‌که، بتن و فولاد دارای ضرایب انبساط حرارتی تقریباً یکسانی می‌باشند (مقدار این ضریب به‌طور متوسط برای بتن برابر با 1×10^{-5} و برای فولاد برابر با $1/2 \times 10^{-5}$ به‌ازای هر درجه‌ی سانتی‌گراد است) و در نتیجه، در اثر تغییرات درجه حرارت، در هیچ یک از دو ماده تنش‌های اولیه‌ی قابل توجهی ایجاد نمی‌شود و لغزشی بین فولاد و بتن رخ نمی‌دهد.

۴-۱-۳- سایر مزایای بتن مسلح: بتن مسلح علاوه بر این که دارای مقاومت نسبتاً بالایی است، در مقابل شرایط نامساعد محیطی نیز مقاومت خوبی دارد، زیرا پوشش بتنی روی میل‌گردها، آن‌ها را در مقابل خوردگی و اثر مستقیم آتش‌سوزی محافظت می‌نماید. تجربه نشان داده است که در آتش‌سوزی‌های با شدت متوسط، سازه‌های بتن مسلح تنها دچار خسارت‌های سطحی شده، خلی در مقاومت و ظرفیت باربری آن‌ها به وجود نمی‌آید.

ساختمان‌های مرتفع مسکونی و اداری، ساختمان‌های صنعتی، پل‌ها، سیلوها، تونل‌ها، انواع پوسته‌ها، سازه‌های هیدرولیکی و بسیاری از سازه‌های دیگر، از جمله مواردی هستند که اسکلت اصلی و باربر آن‌ها از بتن مسلح تشکیل شده است.

۴-۱-۴- بتن پیش‌تنیده: یکی از جنبه‌های خاص رفتار سازه‌های بتن مسلح تحت اثر بارهای وارده، امکان ایجاد ترک در قسمت‌های کششی مقاطع اعضای بتنی است. البته به وجود آمدن چنین ترک‌هایی تحت بارهای معمولی وارد بر سازه، غالباً به قدری کم اهمیت است که به هیچ‌وجه کاربری سازه را تحت تأثیر قرار نمی‌دهد. اما چنان‌چه در موارد خاصی، با توجه به عملکردی که از سازه انتظار می‌رود، وجود این ترک‌ها به‌عنوان یک نقص تلقی شود و لازم باشد از ایجاد ترک جلوگیری شود و یا میزان بازشدگی آن محدود گردد، از ایده‌ی پیش‌تنیدگی بتن استفاده می‌گردد. در این روش به جای میل‌گرد از فولادهای با مقاومت بالا که به‌صورت مفتول یا کابل می‌باشد، استفاده می‌شود. بدین ترتیب که قبل از بتن‌ریزی، کابل‌ها به میزان قابل ملاحظه‌ای کشیده می‌شوند و پس از بتن‌ریزی و گرفتن بتن و ایجاد چسبندگی کامل بین فولاد و بتن، عامل کشش در فولاد حذف شده و در نتیجه کلیه‌ی نیروی کششی فولاد به‌صورت فشاری به بتن وارد می‌شود. بنابراین بتن قبل از بارگذاری دارای تنش‌های فشاری در تمام نقاط خود می‌باشد. حال وقتی این عضو تحت خمش قرار می‌گیرد، تا مرحله‌ای که تنش‌های فشاری موجود، تنش‌های کششی ناشی از خمش را خنثی می‌نماید، عضو می‌تواند باربری داشته باشد. با استفاده از این شیوه، ترک‌های موجود در ناحیه‌ی کششی بتن معمولی حذف شده و همچنین از تغییر شکل‌های خمشی نیز به مراتب کاسته می‌شود.

۴-۲- انواع فولادهای مصرفی در بتن مسلح

فولادهای مورد استفاده در بتن مسلح شامل میل‌گرد، سیم و شبکه‌های جوش شده از سیم می‌باشند. البته در موارد خاصی، از فولاد ساختمانی مانند نیم‌رخ‌های I شکل، ناودانی یا قوطی نیز برای مسلح کردن بتن استفاده می‌شود.



همان‌طور که طراحی نامناسب و اجرای نادرست اعضای بتنی منجر به وقوع حوادث دلخراشی می‌شود، برعکس، طراحی و اجرای صحیح نیز می‌تواند یک بنا را از خطر تخریب در اثر زلزله محفوظ نگه دارد. عکس بالا، یکی از ستون‌های بنای عظیم مسجد جامع شهر بم می‌باشد که کاملاً سالم مانده است.



پل طره‌ای پیش‌تنیده در حال اجرا، حاکی از عملکرد بسیار عالی پیش‌تنیدگی در قطعات بتنی است.



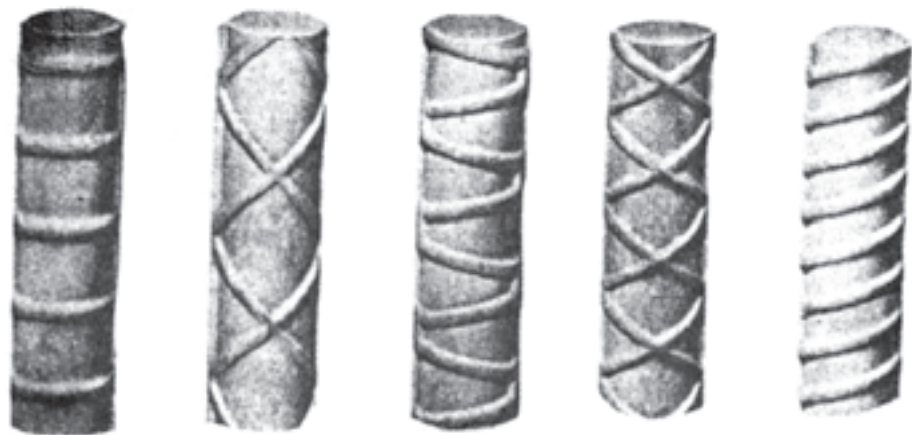
استفاده از تکنیک پیش‌تنیدگی در اجرای یک پل مدرن به شیوه‌ی طره‌ی آزاد



استفاده از میل‌گردهای ساده (بدون آج) به‌عنوان عناصر تسلیح (به‌ویژه عناصر تسلیح طولی) در یک عضو بتن مسلح، عدم وجود خم در یک انتهای خاموت، کامل نبودن حلقه‌ی خاموت و کیفیت نامطلوب بتن مصرفی باعث انهدام این عضو بتن مسلح شده است.

۴-۲-۱- روش‌های تولید: آرماتور فولادی معمولاً به یکی از روش‌های زیر تولید می‌گردد:

- ۱- فولاد نورد شده در حالت گرم (گرم نورد شده)
- ۲- فولاد اصلاح شده در حالت سرد به‌وسیله‌ی عملیات مکانیکی از قبیل پیچاندن، کشیدن، نورد کردن یا گذراندن از حدیده (سرد اصلاح شده)
- ۳- فولاد ویژه که با عملیاتی مانند گرمایش و آب‌دادگی سخت شده است (گرم عمل آمده)
- ۴-۲-۲- چگونگی سطح میل‌گردها: از نظر شکل ظاهری، سطح میل‌گردها و سیم‌ها یا صاف است و یا این که دارای قدری برآمدگی و فرورفتگی می‌باشد، نوع اول را میل‌گرد یا سیم صاف و نوع دوم را میل‌گرد یا سیم آجدار می‌نامند. ناهمواری سطح میل‌گرد یا سیم که برای افزایش چسبندگی فولاد با بتن تعبیه می‌شود، در میل‌گردهای آجدار به‌صورت برآمدگی و در سیم‌های آجدار به‌صورت فرورفتگی می‌باشد. امروزه عموماً آیین‌نامه‌های بتن، فقط استفاده از میل‌گردها و سیم‌های آجدار را مجاز می‌دانند. این توصیه مخصوصاً در ساختمان‌سازی در مناطق زلزله‌خیز قابل تأکید است. در شکل ۴-۱ سطح ظاهری چند نمونه میل‌گرد آجدار نمایش داده شده است. در نقشه‌کشی میل‌گرد ساده را با ϕ و میل‌گرد آجدار را با Φ نشان می‌دهند.



شکل ۴-۱- سطح ظاهری میل‌گردهای آجدار

۴-۲-۳- ابعاد میل‌گردها: قطر میل‌گردها بستگی به استاندارد مورد استفاده در

کشورهای مختلف دارد و معمولاً بین ۶ تا ۶۰ میلی‌متر است. سیم‌ها با قطرهای کوچک‌تر ساخته می‌شوند و بسته به استاندارد مورد استفاده، ممکن است در اندازه‌های ۳ تا ۱۵ میلی‌متر تولید گردند. میل‌گردها در قطرهای ۶ الی ۳۲ میلی‌متر به‌راحتی در بازار یافت می‌شوند ولی برای قطرهای بزرگ‌تر باید سفارش مخصوص داده شود. طول معمول میل‌گردهای تولیدی ۱۲ متر است. برای طول‌های بزرگ‌تر میل‌گردها را به یکدیگر وصله می‌کنند و یا در صورت لزوم در طول‌های بزرگ‌تر به‌طور سفارشی تهیه می‌گردد. در جدول ۴-۱ سطح مقطع و وزن واحد طول میل‌گردها با قطرهای مختلف ارائه شده است.



جدا شدن ستون در محل اتصال به تیرهای سقف به دلیل عدم پیوستگی بتن و آرماتور به شکلی که اتصال قبل از تسلیم شدن آرماتور دچار گسیختگی گردیده است.

جدول ۴-۱- مشخصات میل‌گردهای فولادی

قطر	سطح مقطع (cm ²)	وزن واحد (kg/m)
۶	۰/۲۸۳	۰/۲۲۲
۸	۰/۵۰۳	۰/۳۹۵
۱۰	۰/۷۸۵	۰/۶۱۷
۱۲	۱/۱۳	۰/۸۸۸
۱۴	۱/۵۴	۱/۲۱
۱۶	۲/۰۱	۱/۵۸
۱۸	۲/۵۵	۲
۲۰	۳/۱۴	۲/۴۷
۲۲	۳/۸۰	۲/۹۸
۲۴*	۴/۵۲	۳/۵۵
۲۵	۴/۹۱	۳/۸۵
۲۶*	۵/۳۱	۴/۱۷
۲۸	۶/۱۶	۴/۸۳
۳۰	۷/۰۷	۵/۵۵
۳۲	۸/۰۴	۶/۳۱

* در استانداردهای یونسکو (UNESCO)
میل‌گردهای ۲۴ و ۲۶ وجود ندارد.



خرابی راه‌پله بر اثر خرابی دال شمشیری بتنی، که به نظر می‌رسد به دلیل کیفیت بسیار نامناسب بتن، نمایان بودن میل‌گردهای طولی به دلیل کمبود و یا فروریزی بتن پوشش و عدم پیوستگی آن‌ها با بتن و نیز وصله‌ی نامناسب میل‌گردها بوده است.



علت ظاهری خرابی این ساختمان که متعلق به اورژانس بیمارستان است، نبودن پیوستگی لازم بین میل‌گرد و بتن و نیز جدا شدن آن‌ها از یکدیگر و عدم رعایت فواصل صحیح بین خاموت‌ها بوده است. این قبیل نقص‌ها به دو صورت موجب خرابی می‌شود؛ یکی به دلیل شکسته شدن و یا جدا شدن بتن، که میل‌گرد آزاد و از بتن جدا می‌گردد، و دیگری به علت ضعف چسبندگی و اتصال بین بتن و میل‌گرد، جابه‌جایی و گسیختگی آرماتور رخ می‌دهد. همان‌طور که در عکس فوق مشاهده می‌شود، به‌علت ساده بودن میل‌گرد مصرفی و نبودن پیوستگی کافی بین بتن و میل‌گرد، میل‌گرد به‌سادگی و با تحمل کم‌ترین تنش از بتن جدا شده است.

۴-۲-۴- مشخصات مکانیکی میل‌گردها: از لحاظ مشخصات مکانیکی، طبق استاندارد روسی، در ایران سه نوع میل‌گرد AI، AII و AIII یافت می‌شود، مشخصات مکانیکی این فولادها شامل تنش جاری شدن (تسلیم)، تنش گسیختگی و تغییر شکل نسبی (کرنش) نهایی، در جدول ۴-۲ آمده است. هر سه نوع فولاد نام‌برده از نوع گرم نورد شده هستند.

جدول ۴-۲- مشخصات مکانیکی میل‌گردهای موجود در ایران

نوع فولاد میل‌گرد	تنش جاری شدن (N/mm ²)	تنش گسیختگی (N/mm ²)	تغییر شکل نسبی در هنگام گسیختگی (درصد)
AI	۲۲۰	۳۸۰	۲۵
AII	۳۰۰	۵۰۰	۱۹
AIII	۴۰۰	۶۰۰	۱۴

بدون توجه به محل خرید، میل‌گرد تهیه شده برای ساخت اعضای بتن مسلح باید مورد آزمایش قرار گیرد تا از تطبیق مقاومت آن با مقاومت مورد نظر طراح سازه، اطمینان حاصل شود. در ضمن حداقل تغییر شکل نسبی در هنگام گسیختگی نباید از ۸ درصد کم‌تر باشد.



اجرا و طراحی صحیح ساختمان بتن مسلح، آن را در برابر زلزله ایمن نگه داشته است.

۴-۲-۵- شبکه‌های جوش شده از سیم ۱: این شبکه از دو گونه سیم عمود بر هم تشکیل شده است که به وسیله جوش مقاومتی به یکدیگر متصل شده‌اند. تنش جاری شدن مفتول‌ها مساوی 5000 kg/cm^2 است.

از شبکه‌ها در دال‌ها، دیوارها و پوسته‌های نازکی استفاده می‌شود که امکان عملیات میل‌گرد گذاری در آن‌ها نیست. شبکه‌ها در ابعاد حداکثر ۹ متر در ۲/۵ متر ساخته می‌شوند. مشخصات شبکه‌های جوش شده از مفتول به این صورت بیان می‌گردد:

$$WWF = \frac{t / t_1 / \phi_d / \phi_{d_1}}{B / L}$$

B = عرض شبکه به میلی‌متر،

L = طول شبکه به میلی‌متر،

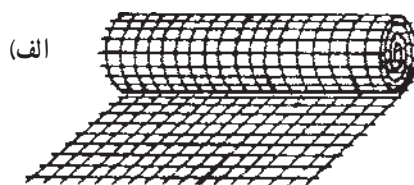
t = فاصله‌ی دو آرماتور طولی به میلی‌متر،

t_1 = فاصله‌ی دو آرماتور عرضی به میلی‌متر،

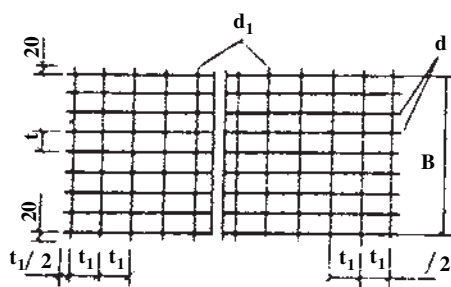
d = قطر آرماتور طولی،

d_1 = قطر آرماتور عرضی.

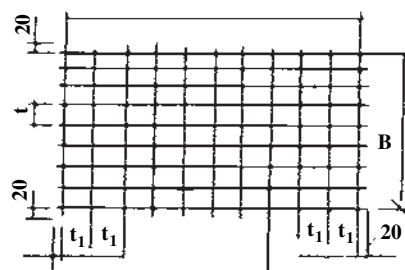
مشخصات یاد شده در شکل ۴-۲ نشان داده شده است.



(ب)



(ج)



شکل ۴-۲- شبکه‌های جوش شده از مفتول (WWF)

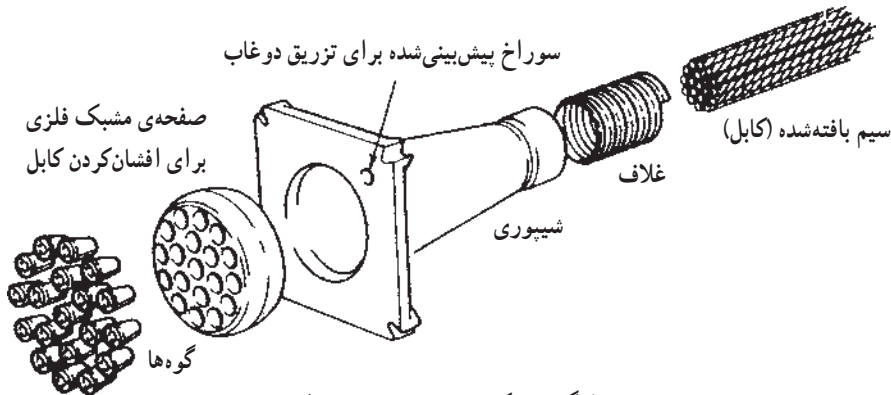
مثال: از طریق رابطه‌ی WWF شبکه‌ای با این مشخصات معرفی کنید: عرض شبکه ۲۳۰۰ میلی‌متر، طول شبکه ۵۹۰۰ میلی‌متر، فاصله‌ی آرماتورهای طولی ۱۵۰ میلی‌متر، فاصله‌ی آرماتورهای عرضی ۱۰۰ میلی‌متر، قطر آرماتورهای طولی ۴ میلی‌متر و قطر آرماتورهای عرضی ۳ میلی‌متر.

$$WWF = \frac{150 / 100 / \phi_4 / \phi_3}{2300 / 5900} \quad \text{چگونگی نمایش شبکه با مشخصات یاد شده:}$$

۴-۲-۶ سیم ها و کابل های پیش تنیده: در اعضای بتنی پیش تنیده، سیم ها به صورت تکی و یا گروهی (که اصطلاحاً به آن ها رشته یا کابل می گویند) مورد استفاده قرار می گیرند (شکل ۴-۳).



الف) کابل ۳، ۷ و ۱۹ سیمی



ب) نحوه ی قرار گرفتن یک دسته سیم بافته شده (کابل در بتن)

شکل ۴-۳

معمول ترین رشته ها، رشته ی ۷ سیمه است که یک سیم مرکزی توسط ۶ سیم محیطی به صورت مارپیچ دورگیر شده است. در هنگام ساخت رشته، سیم ها آجدار می شوند و به طور محکم کنار یکدیگر قرار می گیرند تا هیچ گونه حرکت نسبی نسبت به یکدیگر نداشته باشند. رشته های ۷ سیمه با سیم هایی به قطر ۱/۵ تا ۵ میلی متر تولید می شوند. قطر رشته ی ۷ سیمه سه برابر قطر سیم تشکیل دهنده ی آن است. سطح مارپیچ یک رشته، چسبندگی قابل اعتمادی میان کابل و بتن به دست می دهد. مقاومت نهایی رشته های متداول بین ۱۷۰۰۰ تا ۱۸۵۰۰ کیلوگرم بر سانتی متر مربع است که در کارهای پیش تنیده از ۱۰۰۰۰ تا ۱۱۰۰۰ کیلوگرم بر سانتی متر مربع کشیده می شوند.

۴-۳- شکل های رایج و کاربرد میلگردها در بتن

میلگردها به شکل های مختلف در اعضای بتنی مسلح مورد استفاده قرار می گیرند که معمولاً در نقشه های سازه ای، به طور دقیق ترسیم می گردند. برخی از اشکال مهم در شکل ۴-۴ ارائه شده است که کاربردهای مختلف آن ها در زیر ذکر می گردد:

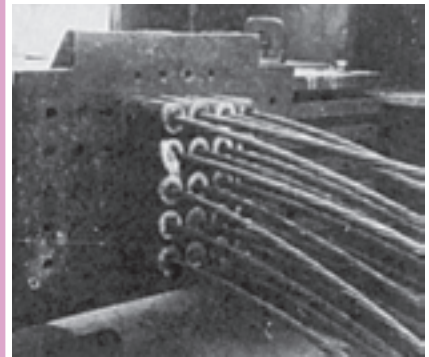
الف) میلگرد راستا: برای افزایش مقاومت کششی بتن.

ب) خاموت: برای جلوگیری از بیرون زدگی آرماتورهای طولی در اثر کمانش و تحمل نیروهای برشی و جلوگیری از گسترش ترک.

ج) سنجاقک: برای تقویت مقاومت برشی خاموت ها و اتصال کامل بین میلگردهای طولی و خاموت.



گوه گذاری کابل ها برای پیش تنیدگی بتن



مهاری انتهایی کابل های پیش تنیده برای تیرهای حمل پل های بزرگ. در شکل ۲۰ کابل ۵/۰ اینچ نشان داده شده است.

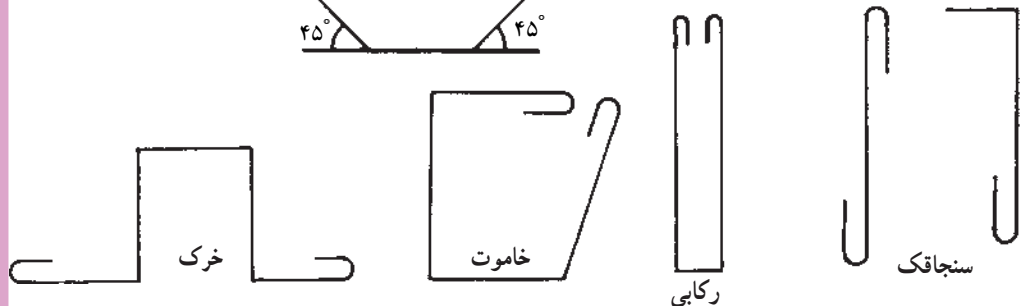
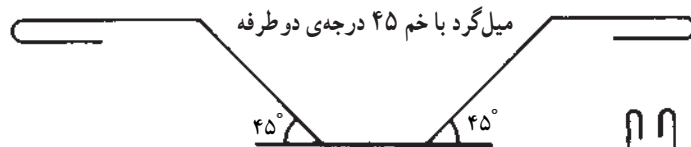
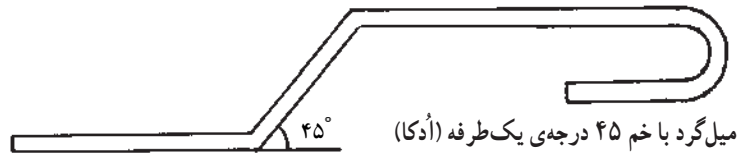
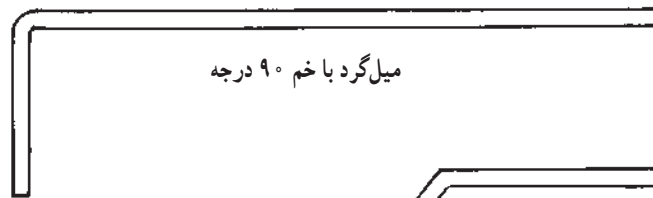
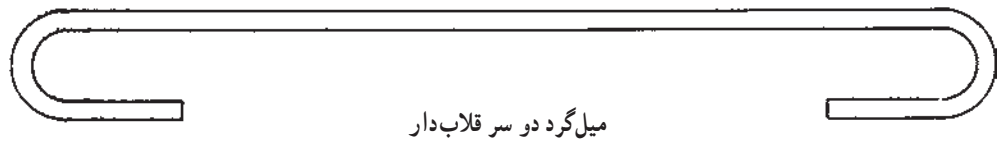
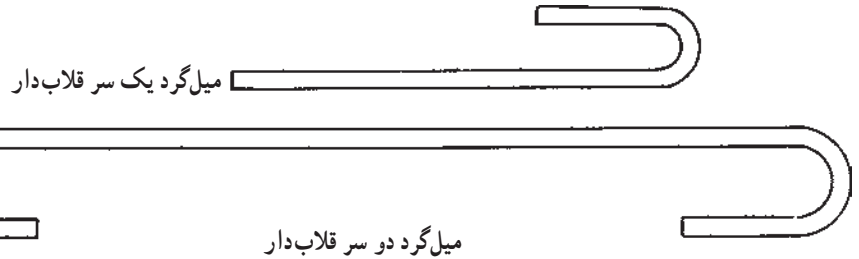


انواع خاموت گذاری ستون ها



در این ساختمان جدید الاحداث کلاف قائم به شکل نامطلوبی اجرا شده است. فاصله‌ی زیاد بین خاموت‌ها، ضخامت کم پوشش بتن محافظ میل‌گردها و کیفیت نامطلوب بتن، از موارد بررسی شده در ساختمان مزبور است.

(د) خرک: برای قرار دادن دو شبکه‌ی متوالی افقی با فاصله‌ی معین در داخل قالب (در بتن ریزی‌های کف و فونداسیون).
 (هـ) رکابی: برای در امتداد نگاه‌داشتن آرماتورهای طولی یا عمودی در بتن‌ریزی دیوارها (به شکل حرف U انگلیسی).
 (و) میل‌گرد ادکا: برای تحمل لنگرهای منفی در تکیه‌گاه‌های تیر (تیرهای یکسره) و برای تحمل نیروهای برشی.

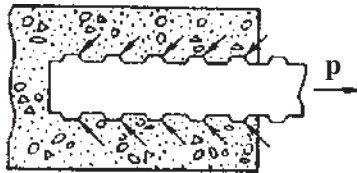


شکل ۴-۴ - شکل‌های مختلف میل‌گردها

۴-۴ پیوستگی و مهار میل گرد در بتن

عامل اصلی در عملکرد یک قطعه بتن مسلح به عنوان یک جسم یکپارچه، پیوستگی و چسبندگی کامل بین میل گرد و بتن است، تا در صورت کشیده شدن میل گرد تا حد پاره شدن، پیوستگی بین میل گرد و بتن قطع نشود.

طبیعت پیوستگی و چسبندگی بین میل گرد و بتن، اصطکاک موجود در سطح تماس آنها می باشد. در میل گردهای صاف، این اصطکاک بسیار ناچیز است. برای بهبود اصطکاک بین میل گرد و بتن، از میل گردهای آجدار استفاده می شود و به همین دلیل است که آیین نامه بتن ایران (آبا)، استفاده از میل گردهای صاف را در اعضای بتن مسلح مجاز نمی داند. در شکل ۴-۵ اصطکاک بین میل گردهای آجدار و بتن نشان داده شده است.



شکل ۴-۵- اصطکاک بین میل گردهای آجدار و بتن

۴-۵ استانداردهای خم قلاب انتهایی میل گردها

در مواردی که براساس نقشه های سازه ای باید انتهای میل گردها دارای خم باشد، برای جلوگیری از خرد شدن یا ترکیدن بتن در اثر فشارهای متمرکز ایجاد شده در داخل خم، حداقل قطر خم باید از ضوابط آیین نامه ای تبعیت نماید. طبق آیین نامه ی بتن ایران (آبا)، ضوابط قلاب ها به شرح زیر می باشد:

۴-۵-۱ قلاب های استاندارد: در این آیین نامه هر یک از خم های مشروح زیر قلاب

استاندارد تلقی می شود:

الف) میل گردهای اصلی

- خم نیم دایره (قلاب انتهایی 180° درجه) به اضافه ی حداقل $4d_b$ طول مستقیم ولی نه کم تر از 60 میلی متر در انتهای آزاد میل گرد (d_b)، قطر اسمی میل گرد یا سیم برحسب میلی متر است).

- خم 90° درجه (گونیا) به اضافه ی طول مستقیم برابر حداقل $12d_b$ در انتهای آزاد میل گرد.

- خم 135° درجه (چنگک) به اضافه ی طول مستقیم $8d_b$ در انتهای آزاد میل گرد.

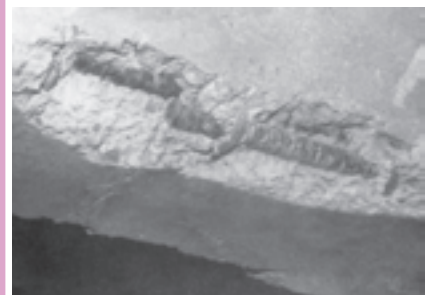
ب) خاموت ها

- خم 90° درجه (گونیا) به اضافه ی حداقل $4d_b$ طول مستقیم ولی نه کم تر از 60 میلی متر در انتهای آزاد میل گرد، برای میل گردهای به قطر 16 میلی متر و کم تر.

- خم 90° درجه (گونیا) به اضافه ی حداقل $12d_b$ طول مستقیم در انتهای آزاد میل گرد، برای میل گردهای به قطر بیش تر از 16 میلی متر و کم تر از 25 میلی متر.



بدون شرح !!!



ترک خمشی ایجاد شده، در اثر میزان کم طول وصله ی میل گردهای کششی اصلی



جدا شدن تیر از ستون بتن مسلح و کیفیت نامناسب بتن در محل اتصال تیر و ستون و اصلاح مجدد سطح آن به وسیله ملات در خور تأمل است. جدا شدن تیر از ستون می تواند ناشی از عدم تأمین طول مهارى لازم برای میلگردهای تیر باشد. همچنین استفاده از مصالح سنگین و سخت با اجرای نامناسب به عنوان میانقاب، از ضعف های عمده ی این سازه است.

– خم ۱۳۵ درجه (چنگک) به اضافه ی حداقل $6d_b$ طول مستقیم ولی نه کم تر از ۶۰ میلی متر در انتهای آزاد میلگرد.

– خم نیم دایره (180° درجه) به اضافه ی حداقل $4d_b$ طول مستقیم ولی نه کم تر از ۶۰ میلی متر در انتهای آزاد میلگرد.

در صورت استفاده از هر نوع قلاب غیراستاندارد، باید جزئیات کامل آن ها در نقشه های اجرایی نشان داده شود.

۴-۵-۲- حداقل قطر خم ها

الف) قطر داخلی خم ها به جز برای خاموت ها نباید از مقادیر مندرج در جدول ۴-۳ کم تر اختیار شود:

جدول ۴-۳- حداقل قطر خم ها

حداقل قطر خم			قطر میلگرد
S400 و S500	S300 و S350	S220	
$6d_b$	$5d_b$	$5d_b$	کم تر از ۲۸ میلی متر
$8d_b$	$6d_b$	$5d_b$	۲۸ تا ۳۴ میلی متر
$10d_b$	$10d_b$	$7d_b$	۳۶ تا ۵۵ میلی متر*

* برای خم کردن میلگردهای به قطر ۳۶ میلی متر و بیش تر و با زاویه ی بیش تر از 90° درجه به روش های خاصی نیاز است.

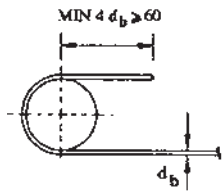
ب) قطر داخلی خم ها برای خاموت های به قطر بیش تر از ۱۶ میلی متر نباید کم تر از مقادیر مندرج در جدول ۴-۳ و برای خاموت های به قطر ۱۶ میلی متر و کم تر، نباید از مقادیر جدول ۴-۴ کم تر اختیار شود.

جدول ۴-۴- حداقل قطر خم ها برای خاموت ها

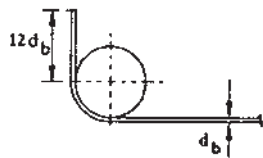
حداقل قطر خم			قطر میلگرد
S400 و S500	S300 و S350	S220	
$4d_b$	$4d_b$	$2.5d_b$	۱۶ میلی متر و کم تر

ج) قطر داخلی خم ها در شبکه های سیمی جوش شده ی صاف یا آجدار، وقتی که به عنوان آرماتور عرضی به کار برده می شوند، نباید کم تر از $4d_b$ برای سیم های آجدار به قطر ۷ میلی متر و بیش تر، و کم تر از $2d_b$ برای سایر سیم ها باشد. خم های با قطر داخلی کم تر از $8d_b$ نباید از نزدیک ترین گره جوش شده فاصله ای کم تر از $4d_b$ داشته باشد. جزئیات ضوابط مذکور در شکل ۴-۶ نیز نشان داده شده است.

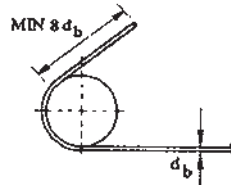
۱- اعداد بعد از S بیانگر حداقل مقاومت مشخصه ی فولاد بر حسب N/mm^2 می باشند. میلگردهای فولادی بر اساس مقاومت مشخصه طبقه بندی می شوند.



خم انتهایی ۱۸° درجه
(قلاب انتهایی)

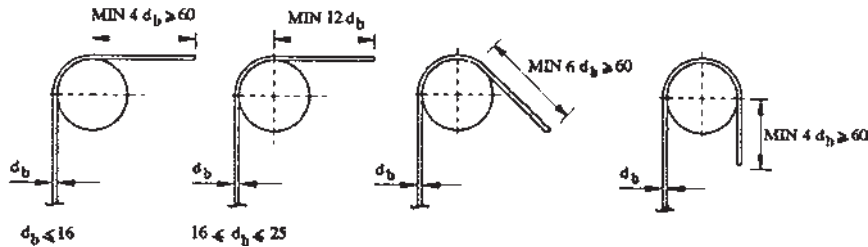


خم انتهایی ۹° درجه
(گونیا)



خم انتهایی ۱۳۵° درجه
(چنگک)

قلاب‌های استاندارد برای میل‌گرد (به جز خاموت‌ها)



قلاب‌های استاندارد برای خاموت‌ها

شکل ۴-۶- قلاب‌های استاندارد



بتن ریزی نامناسب در محل اتصال موجب شده تا آرماتور به حد جاری شدن نرسد و بتن جدا گردد.

۴-۶ پوشش بتنی روی میل‌گردها

پوشش بتنی روی میل‌گردها برابر است با حداقل فاصله‌ی بین رویه‌ی میل‌گردها، اعم از طولی یا عرضی تا نزدیک‌ترین سطح آزاد بتن.

طبق آیین‌نامه‌ی بتن ایران، ضخامت پوشش بتنی روی میل‌گردها برحسب وضعیت محیطی مطابق جدول ۴-۵ است. در این جدول وضعیت محیطی در حالات مختلف بدین گونه تعریف می‌شود.

۱- وضعیت محیطی ملایم: به وضعیتی اطلاق می‌شود که در آن هیچ نوع عامل مهاجم از قبیل رطوبت، تعریق، تر و خشک شدن متناوب، یخ‌زدگی، تماس با خاک‌های مهاجم، مواد خورنده، فرسایش شدید، عبور وسایل نقلیه و خطر ضربه موجود نباشد.

۲- وضعیت محیطی متوسط: به وضعیتی اطلاق می‌شود که در آن قطعات بتنی در معرض رطوبت و گاهی تعریق قرار می‌گیرند.

۳- شرایط محیطی شدید: وضعیتی است که در آن قطعات بتنی در معرض رطوبت یا تعریق شدید، تر و خشک شدن متناوب و یا یخ‌زدگی سطحی قرار می‌گیرند.

۴- وضعیت محیطی بسیار شدید: به وضعیتی اطلاق می‌شود که در آن قطعات بتنی در معرض گازها، مایعات، مواد خورنده و یا رطوبت همراه با یخ‌زدگی شدید قرار می‌گیرند.

۵- وضعیت محیطی فوق‌العاده شدید: وضعیتی است که در آن قطعات بتنی در معرض فرسایش شدید، عبور وسایل نقلیه و یا آب جاری با pH حداکثر ۴/۵ قرار می‌گیرند.



در صورتی می‌توان از یک عضو باربر انتظار عملکرد مناسبی داشت، که در ساخت آن ضمن رعایت اصول فنی از قبیل محاسبه‌ی ابعاد، قطر و تعداد میل‌گردها، مقاومت بتن و ... در طی مراحل اجرایی نیز کلیه‌ی الزامات تأمین گردند.

در این شکل، همان گونه که مشاهده می‌شود، به علت رعایت نکردن حداقل پوشش روی میل‌گرد، و همچنین حداکثر فاصله‌ی خاموت‌ها، میل‌گرد طولی بر اثر نیروی جانبی زلزله بیرون زده است.

ضخامت پوشش بتن برای محافظت میل‌گردها متناسب با نوع وضعیت محیطی یا کیفیت بتن و نوع قطعه‌ی مورد نظر نباید از مقادیر مندرج در جدول ۴-۵ کم‌تر باشد.

جدول ۴-۵- مقادیر حداقل پوشش بتنی روی میل‌گرد به میلی‌متر

نوع وضعیت محیطی	نوع قطعه				
	ملاپم	متوسط	شدید	بسیار شدید	فوق‌العاده شدید
تیرها و ستون‌ها	۳۵	۴۵	۵۰	۶۵	۷۵
دال‌ها - دیوارها - تیرچه‌ها	۲۰	۳۰	۳۵	۵۰	۶۰
پوسته‌ها و صفحات پلیسه‌ای	۱۵	۲۵	۳۰	۴۵	۵۵

این مقادیر برای میل‌گردهای با قطر بیش‌تر از ۳۶ میلی‌متر به اندازه‌ی ۱۰ میلی‌متر افزایش داده می‌شود. این مقادیر را برای بتن‌های با رده‌های C35^۱ و C40 می‌توان به اندازه‌ی ۵ میلی‌متر و برای بتن‌های با رده‌های بالاتر تا ۱۰ میلی‌متر کاهش داد.

در صورتی که بتن روی خاک ریخته شود و دائم با آن در تماس باشد ضخامت پوشش نباید کم‌تر از ۷۵ میلی‌متر انتخاب شود.

۴-۷- وصله‌ی میل‌گردها

به علت محدودیت طول میل‌گردهای موجود در بازار و همچنین به خاطر جلوگیری از دورریز آن‌ها اغلب مجبور به استفاده از وصله در میل‌گردها می‌شویم. به‌عنوان یک دستور کلی باید از وصله‌ی میل‌گردها در نواحی حداکثر تنش، خودداری نماییم و در صورتی که مجبور به این عمل شدیم، بهتر است که همه‌ی میل‌گردها را در یک مقطع وصله نکنیم و به صورت یک درمیان یا پله‌ای انجام دهیم. روش‌های متداول برای وصله‌ی میل‌گردها عبارت است از:

۱- وصله‌های پوششی (تماسی یا غیرتماسی)

۲- وصله‌های اتکایی (فقط برای میل‌گردهای فشاری مجاز است)

۳- وصله‌های جوشی

۴- وصله‌های مکانیکی

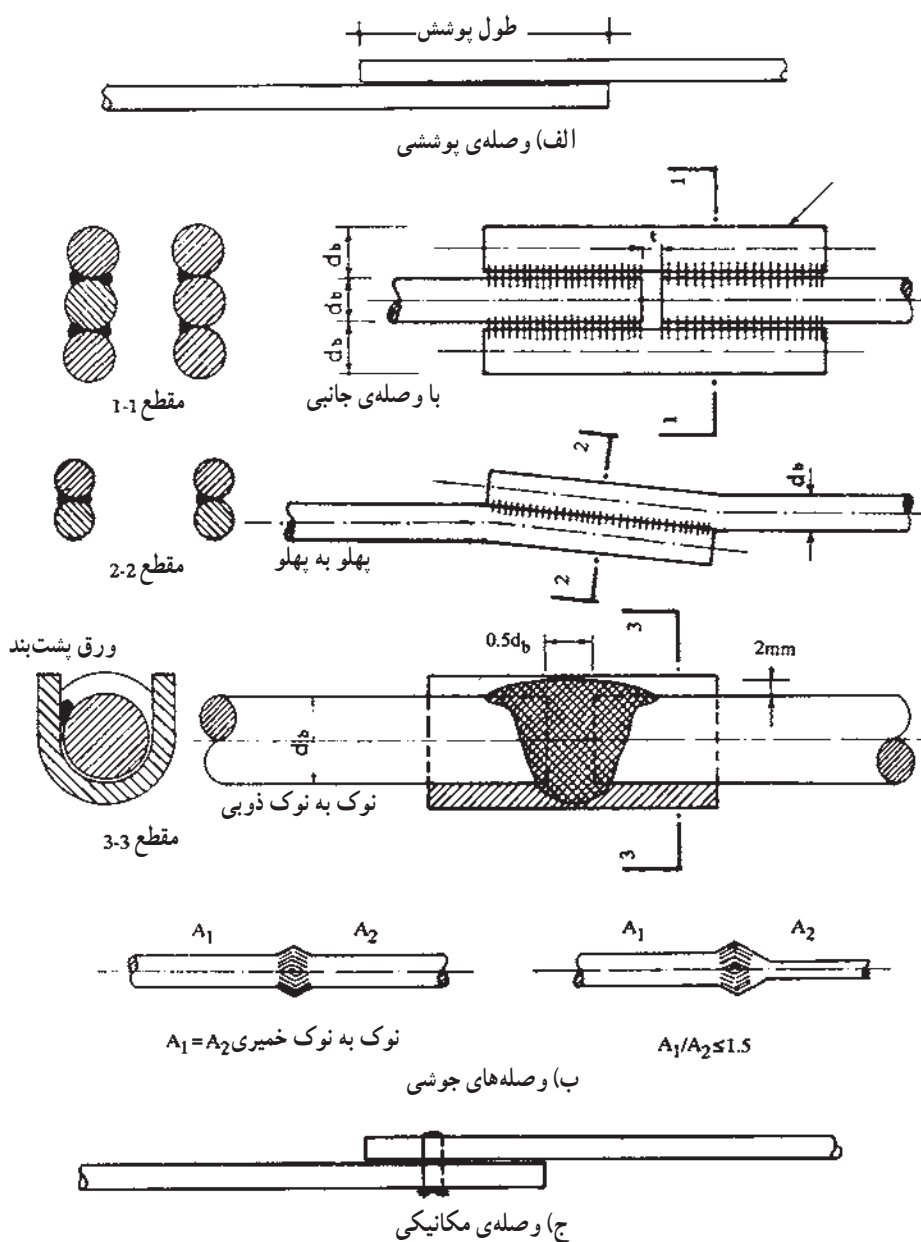
۵- وصله‌های مرکب

در صورت استفاده از هر کدام از انواع فوق باید ضوابط دقیق آیین‌نامه رعایت شود. در

شکل ۴-۶ انواع روش‌های متداول برای وصله‌ی میل‌گردها نشان داده شده است.

۱- آیین‌نامه‌ی بتن ایران رده‌های مختلفی را برای بتن در نظر گرفته است. اعداد بعد از C بیانگر مقاومت فشاری

مشخصه‌ی بتن بر حسب N/mm^2 می‌باشد.



شکل ۴-۷- انواع روش های وصله ی میل گرد ها

۴-۸- نمونه برداری و پذیرش میل گرد

مقاومت و سایر مشخصه های میل گرد براساس نتایج آزمایش روی نمونه های آن تعیین می شود. در هر نمونه برداری باید قطعه ای به طول یک متر بریده شود و نمونه های آزمایشی از این قطعه جدا شوند. تعداد و تواتر نمونه ها باید طوری باشد که ارزیابی کیفیت کل میل گرد مصرفی ممکن شود. برای این منظور باید از هر پنجاه تن و کسر آن، از هر قطر و هر نوع فولاد حداقل پنج نمونه برداشته شود.



عدم رعایت طول مهاري مناسب در آرماتورهای فوقانی باعث شکست اتصال گردیده است.



همان طور که در عکس بالا می بینید، وصله ی میل گرد های طولی کم تر از حد مجاز است. این امر موجب جابه جایی کلاف و شکستن بتن کلاف قائم در این قسمت شده است. محل ایجاد وصله ها نباید در یک تراز واحد تعبیه شود. بهترین مکان برای اجرای وصله ها، تقریباً یک متر بالاتر یا دورتر از تقاطع اعضای افقی و عمودی (محل اتصال) می باشد.



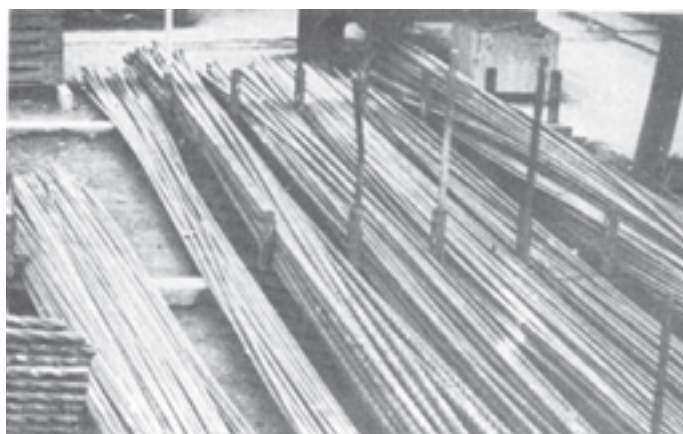
عکس بالا نحوه‌ی اشتباه در آرماتوربندی تیر را نشان می‌دهد. تیر و ستون باید در محل مرکز هندسی شان به هم متصل شوند تا از ایجاد نیروی خارج از مرکز آن‌ها و به تبع آن ممان خمشی اضافی جلوگیری شود. از آن‌جا که ستون برای این ممان خمشی اضافی طرح نمی‌شود، در هنگام وقوع زلزله می‌تواند عامل خرابی گردد.

مقاومت مشخصه‌ی میل‌گرد وقتی قابل قبول تلقی و منطبق بر طبقه‌ی مورد نظر شناخته می‌شود که علاوه بر حد جاری شدن، شکل‌پذیری لازم را هم داشته باشد. آزمایشات مربوط به میل‌گردها در آیین‌نامه‌ی آبا ذکر شده است.

۹-۴- حفاظت و انبار کردن میل‌گردها

به علت جذب رطوبت محیط به وسیله‌ی میل‌گردهای فلزی و اکسید شدن فلز آهن و همچنین کم‌تر شدن قطر مؤثر میل‌گرد فولادی که باعث کاهش مقاومت سازه‌ی بتنی می‌شود، لازم است میل‌گردهای فولادی در محیطی خشک و سربوشیده عاری از رطوبت و گل و خاک نگهداری شوند. قبل از مصرف لازم است از طریق برس‌زدن یا پاک‌کردن مکانیکی، سطح فلز از زنگ پاک شود تا چسبندگی بتن و فولاد در حد مطلوب صورت گیرد. زنگ‌زدایی میل‌گرد ممکن است به طریق «سندبلاست»^۱ (ماسه‌پاشی روی فلز) نیز انجام شود.

انبار کردن میل‌گردها باید براساس قطر و اندازه‌ی آن‌ها و به‌صورت منظم و مجزا باشد (شکل ۸-۴) این روش موجب تسریع در کار می‌شود، زیرا گروه برشکار و آرماتوربند به راحتی می‌توانند میل‌گردهای مورد نیاز را انتخاب کنند. برای جلوگیری از نفوذ رطوبت زمین سعی می‌کنند میل‌گرد را در ارتفاع مناسبی از سطح زمین قرار دهند؛ به‌گونه‌ای که با گل و روغن و سایر آلودگی‌ها در تماس نباشد. افزون بر آن، تمیزی محل انبار کردن، سبب جلوگیری از زنگ‌زدگی میل‌گردها می‌شود. میل‌گردها باید به روشی حمل و انبار شوند که دچار خمیدگی بیش از حد نشوند.

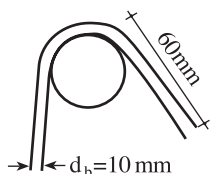


شکل ۸-۴- نحوه‌ی صحیح نگهداری میل‌گردها

^۱ Sand blast

پرسش

- ۱- علل مصرف فولاد در بتن چیست؟
- ۲- کاه گل، یکی از مصالح رایج در ساختمان‌های قدیمی بوده است، به نظر شما چرا از کاه استفاده می‌شده است؟
- ۳- انواع فولادهای مصرفی در بتن مسلح را نام ببرید و روش‌های تولید آن‌ها را شرح دهید.
- ۴- یکی از دلایل ضعف تیرهای بتنی در بعضی از ساختمان‌های بتنی آسیب‌دیده در زلزله‌ی بم، استفاده از میل‌گردهای ساده به جای میل‌گردهای آجدار بوده است، به نظر شما چرا آیین‌نامه‌ها، فقط استفاده از میل‌گردهای آجدار را برای میل‌گردهای اصلی، مجاز می‌دانند؟
- ۵- شبکه‌های جوش شده از سیم را تعریف کرده و کاربرد آن‌ها را بیان کنید.
- ۶- انواع شکل‌های رایج میل‌گردها و کاربرد آن‌ها را در بتن شرح دهید.
- ۷- در سازه‌های بتنی، در اغلب موارد باید انتهای میل‌گردها، دارای خم باشد، دلیل این کار چیست؟
- ۸- در نقشه‌ی یک سازه‌ی بتنی، قلابی به شکل زیر ارائه شده است. به نظر شما این قلاب در کجا مورد استفاده قرار می‌گیرد؟



- ۹- پوشش بتنی روی میل‌گردها و دلیل وجود آن چیست و ضخامت آن چقدر باید باشد؟
- ۱۰- انواع روش‌های متداول را برای وصله‌ی میل‌گردها نام ببرید.
- ۱۱- چرا باید از میل‌گردها حفاظت شود؟ اگر شما وظیفه‌ی انبار کردن میل‌گردها را برعهده داشتید، چه نکاتی را در انبار کردن آن‌ها رعایت می‌کردید؟