آرماتوربندی

هدف‌های رفتاری: در پایان این فصل، هنرجو باید بتواند :

۱ــ هدف از به‌کار بردن فولاد را در قطعات بتنی بیان کرده و موارد کاربرد را نیز شرح دهد.

۲ــ شناخت خود را از انواع میل‌گردهای مورد مصرف، از نظر جنس و مقاومت، بیان کند.

۳ــ انواع میل‌گردهای فشاری، برشی، کششی و فرم‌های آن‌ها را تعریف کرده، فرم‌های مختلف آن‌ها را بسازد.

۴ــ روش‌های نظافت و محافظت میل‌گردها را بیان کند.

۵ــ درباره‌ی پوشش بتن روی میل‌گرد، انواع فاصله نگه‌دار و چگونگی کاربرد آن‌ها توضیح دهد و در عمل نیز آن‌ها را به‌کار گیرد.

۶ــ ضوابط مربوط به انواع قلاب‌های انتهایی میل‌گردها را بیان کند و این قلاب‌ها را بسازد.

۷ــ ضوابط مونتاژ کردن میل‌گردها را بیان کرده در کارهای اجرایی به آن‌ها عمل کند.

۸ــ انواع گره‌ها و موارد کاربرد آن‌ها را بیان کرده اجرا کند.

۹ــ روش‌های وصله کردن میل‌گرد را بیان کرده روش پوششی میل‌گردها را اجرا کند.

۱۰ــ ابزار و وسایل میل‌گرد خم‌کنی را معرفی کرده با آن‌ها کار کند.

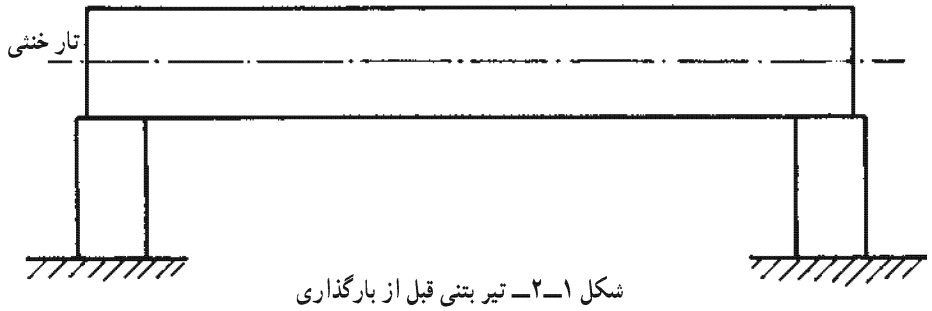
۲ــ هدف از به‌کار بردن فولاد در قطعات بتنی

بتن جسمی شکننده است که در مقابل نیروهای فشاری، مقاومتی قابل توجه دارد، امّا مقاومت آن در مقابل نیروهای کششی ناچیز است ؛ به همین دلیل، در محاسبات بتن‌آرمه این مقاومت درنظر گرفته نمی‌شود. مقاومت بتن در مقابل نیروهای برشی، تقریباً $\frac{۱}{۱۰}$ مقاومت فشاری آن درنظر گرفته می‌شود. با توجه به این که قطعات بتنی، توأماً تحت تأثیر انواع نیروهای فشاری، برشی و کششی قرار می‌گیرند، لازم است قطعات بتنی برای مقاومت کافی در مقابل این نیروها، با عنصر مناسبی مسلّح گردند.

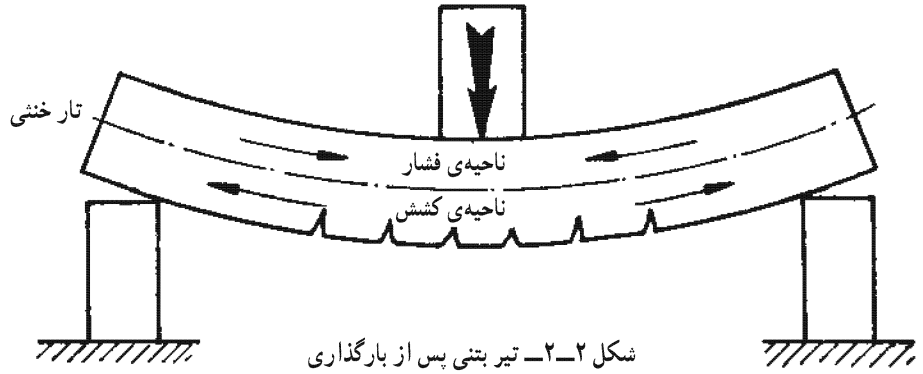
با درنظر گرفتن مشخصات فیزیکی موادّ مختلف، فولاد با داشتن ضریب انبساط طولی ۰/۰۰۰۰۱۲ ــ که تقریباً با ضریب انبساط طولی بتن (۰/۰۰۰۰۱ الی ۰/۰۰۰۰۱۵) برابر است ــ همچنین متناسب بودن ضریب ارتجاعی آن با ضریب ارتجاعی بتن و محاسن دیگر از قبیل فراوانی، شکل‌پذیری و غیره، مناسب‌ترین عنصر برای این منظور است. فولاد بیش‌تر به‌صورت انواع میل‌گرد همراه با بتن، بتن‌آرمه (بتن مسلح) را تشکیل می‌دهد.

۱ــ۲ــ موارد استفاده از میل‌گردها در تیرهای بتنی

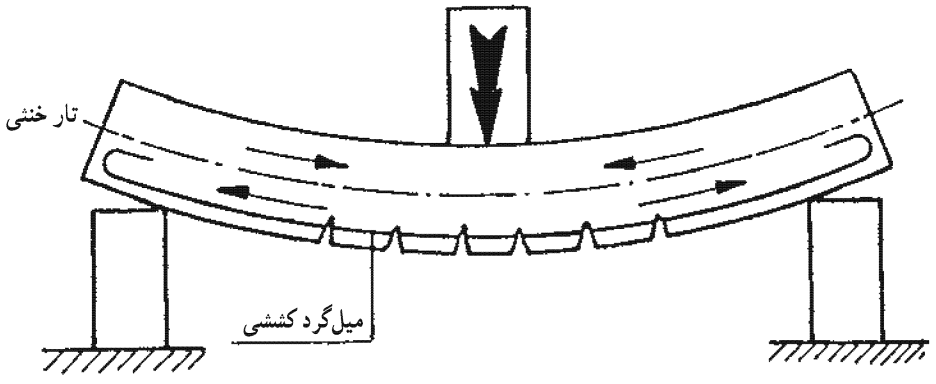
الف ــ تحمل نیروهای کششی: در شکل ۱ــ۲ یک تیر تخت بتنی یک دهانه را قبل از بارگذاری مشاهده می‌کنید. در وسط این تیر محوری است که به آن **تار خنثی** یا تار میانی می‌گویند. پس از بارگذاری مطابق شکل ۲ــ۲، تار خنثی نه فشرده می‌شود و نه کشیده، امّا لایه‌های بتن بالای تار خنثی فشرده می‌شوند. این لایه‌ها هرچه از تار خنثی دورتر باشند، فشرده‌تر و لایه‌های زیر تار خنثی کشیده می‌شوند ؛ و هرقدر این لایه‌ها از تار خنثی دورتر باشند بیش‌تر کشیده می‌شوند. بدین‌ترتیب مشخص می‌شود که در تیر ساده‌ی یک دهانه، پس از بارگذاری، حداکثر کشش در ناحیه‌ی وسط تیر در زیر تار خنثی و در پایین‌ترین لایه‌ی تیر به‌وجود می‌آید ؛ بنابراین لازم است در نزدیکی سطح زیرین بتن، میل‌گردهایی برای تحمّل نیروهای کششی قرار گیرند. سطح مقطع این میل‌گردها با توجه به مقدار نیروهای کششی وارد بر هر ناحیه محاسبه می‌شود و به همین دلیل ممکن است میل‌گردهای کششی وسط دهانه، از میل‌گردهای کششی در نزدیک تکیه‌گاه‌ها که نیروی کششی کم‌تری وجود دارد، بیش‌تر باشد. در شکل ۳ــ۲ میل‌گرد کششی را در یک تیر بتنی می‌بینید.



شکل ۱ــ۲ــ تیر بتنی قبل از بارگذاری



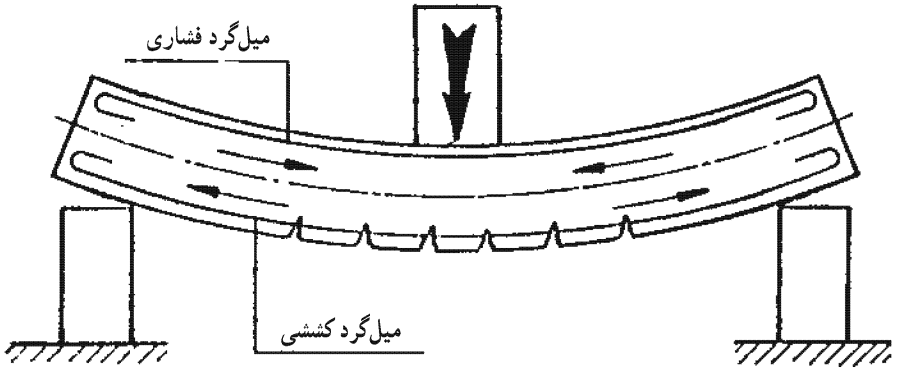
شکل ۲ــ۲ــ تیر بتنی پس از بارگذاری



شکل ۳ــ۲ــ نمایش میل‌گرد کششی در تیر بتنی

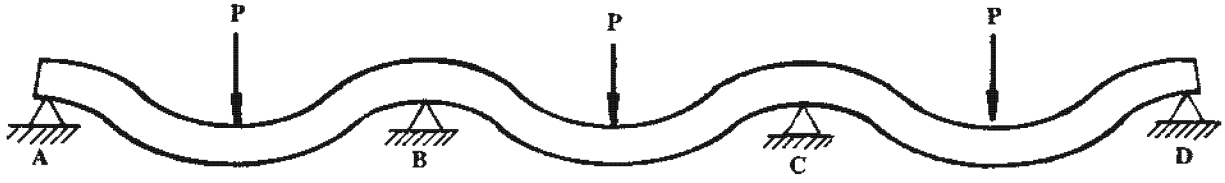
ب ــ تحمل نیروهای فشاری: با توجه به مقاومت خوب بتن در مقابل فشار، اکثراً کلّیه‌ی نیروهای فشاری، به‌وسیله‌ی بتن تحمل می‌شود. در تیر یک دهانه، در ناحیه‌ی بالای تار خنثی، حدّاقل میل‌گردهای فشاری براساس استاندارد مربوطه (بدون محاسبه) قرار داده می‌شود. بعضی اوقات ممکن است سطح بتن به‌تنهایی قادر به تحمّل نیروهای فشاری نباشد یا این‌که بنا به‌ضرورت لازم باشد ابعاد بتن کوچک انتخاب شود؛ در این صورت، قسمتی از نیروهای فشاری به‌وسیله‌ی میل‌گردهای فشاری تحمل می‌شود. این میل‌گردها در ناحیه‌ی فشاری (نزدیک سطح آزاد بتن) قرار می‌گیرند و سطح مقطع آن‌ها در مقاطع مختلف تیر براساس محاسبه تعیین می‌شود.

در شکل ۴ــ۲ میل‌گردهای کششی و فشاری را مشاهده می‌کنید.



شکل ۴ــ۲ــ نمایش میل‌گرد کششی و میل‌گرد فشاری در تیر بتنی

باید توجه داشت که در تیر یک دهانه‌ی ساده، ناحیه‌ی کشش و فشار، به‌گونه‌ای است که ذکر آن رفت، امّا شکل خم‌شدن تیرها ممکن است در شرایط دیگر، تغییر کند. برای روشن شدن این مطلب، به فرم خم شدن یک تیر که بر روی چند تکیه‌گاه متوالی (تیر چند دهانه) قرار گرفته، توجه کنیم (شکل ۵ــ۲).

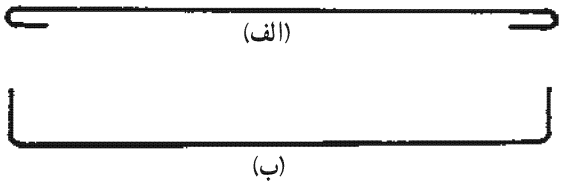


شکل ۵ــ۲ــ تیر چند دهانه تحت اثر نیرو

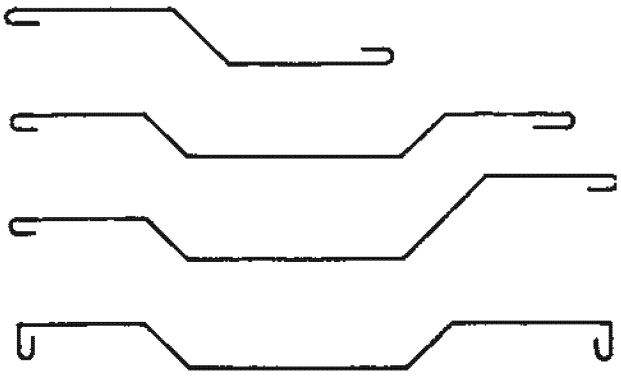
همان‌طورکه در شکل دیده می‌شود، بر اثر بار وارده از بالا، تیر در قسمت پایین وسط دهانه کشیده و در قسمت بالا فشرده می‌شود، امّا بر روی تکیه‌گاه‌ها به عکس، تیر در قسمت فوقانی کشیده و در قسمت تحتانی فشرده می‌شود.

بنابراین گاهی نیاز است که در مقاطع مختلف قطعات بتنی، مقدار میل‌گردها، متناسب با نیروی کششی وارد به هر مقطع تیر تغییر کند. این تغییرات گاهی با کم و زیاد کردن میل‌گردهای راستا (سیتکا)، و در مواردی با تغییر محلّ یک میل‌گرد، از پایین به بالا یا از بالا به پایین، تأمین می‌شود. در شکل ۶ــ۲ دو نوع میل‌گرد راستا را می‌بینید.

به میل‌گردهایی که بنا به نیاز خمیده می‌شوند و تغییر مسیر می‌دهند، «اُتکا» گفته می‌شود. در شکل ۷ــ۲ برای تیرهای بتنی چند نمونه اتکای متداول را می‌بینید.



شکل ۶ــ۲ــ دو نوع میل‌گرد راستا (سیتکا)



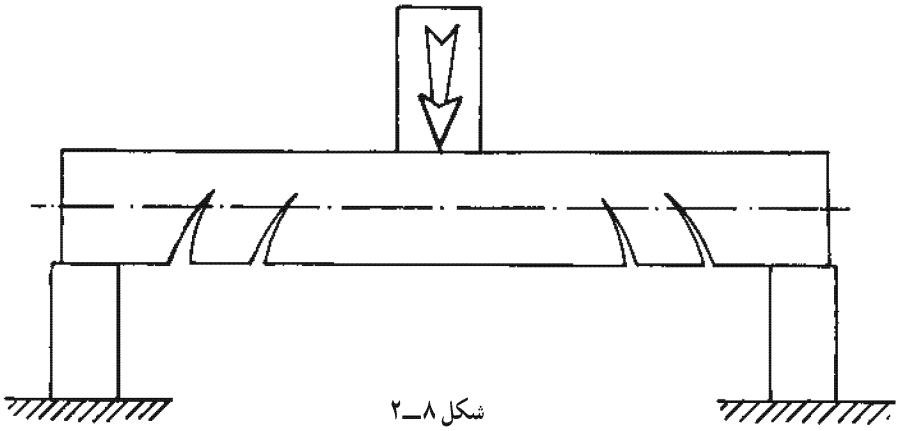
شکل ۷ــ۲ــ چند نمونه میل‌گرد خم شده (اُتکا)

ج ــ تحمل نیروهای برشی: اگر نیروی برشی وارد برسطح قطعه‌ی بتنی بیش‌تر از مقاومت برش بتن باشد، مطابق شکل ۸ــ۲ ترک‌هایی در تیر بتنی ایجاد می‌شود که با زاویه‌ی حدود ۴۵ درجه تار خنثی را قطع می‌کنند و در نهایت ممکن است موجب بریده شدن قطعه بتنی شوند. در شکل ۹ــ۲ چگونگی برش ناشی از نیروی برشی زیاد را ملاحظه می‌کنید. در مواقعی که بتن نتواند از به‌وجود آمدن این برش جلوگیری کند باید از میل‌گردهایی با فرم مناسب برای مقابله با برش استفاده شود.

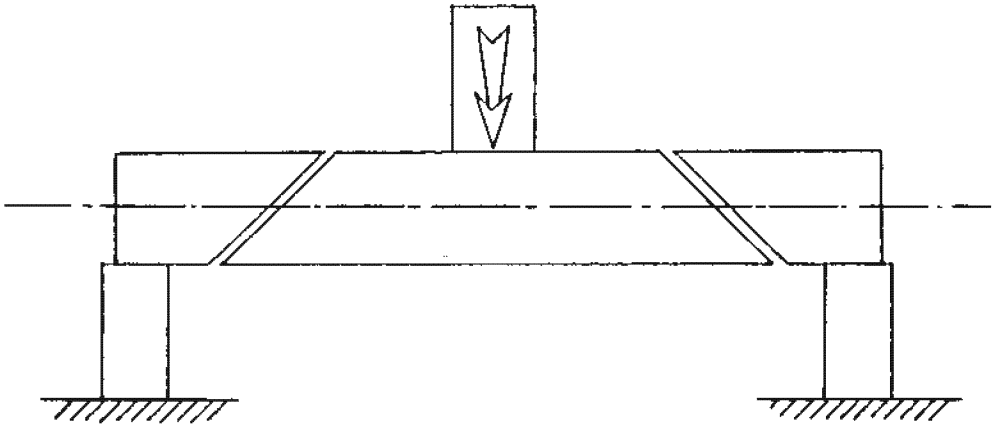
برای مقابله با برش احتمالی دو فرم میل‌گرد مناسب است :

الف ــ مطابق شکل a ــ ۱۰ــ۲ میل‌گرد مقاوم، عمود برخط برش احتمالی درنظر گرفته می‌شود. این مقاومت به‌وسیله‌ی اتکای تکی یا مرکّب تأمین می‌شود.

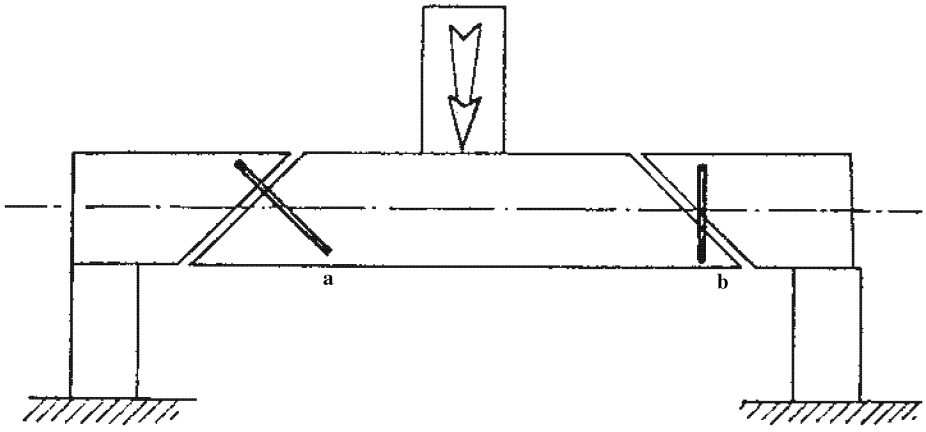
ب ــ میل‌گرد مقاوم به‌صورت قائم در تیر بتنی قرار می‌گیرد (شکل b ــ ۱۰ــ۲).



شکل ۸ــ۲



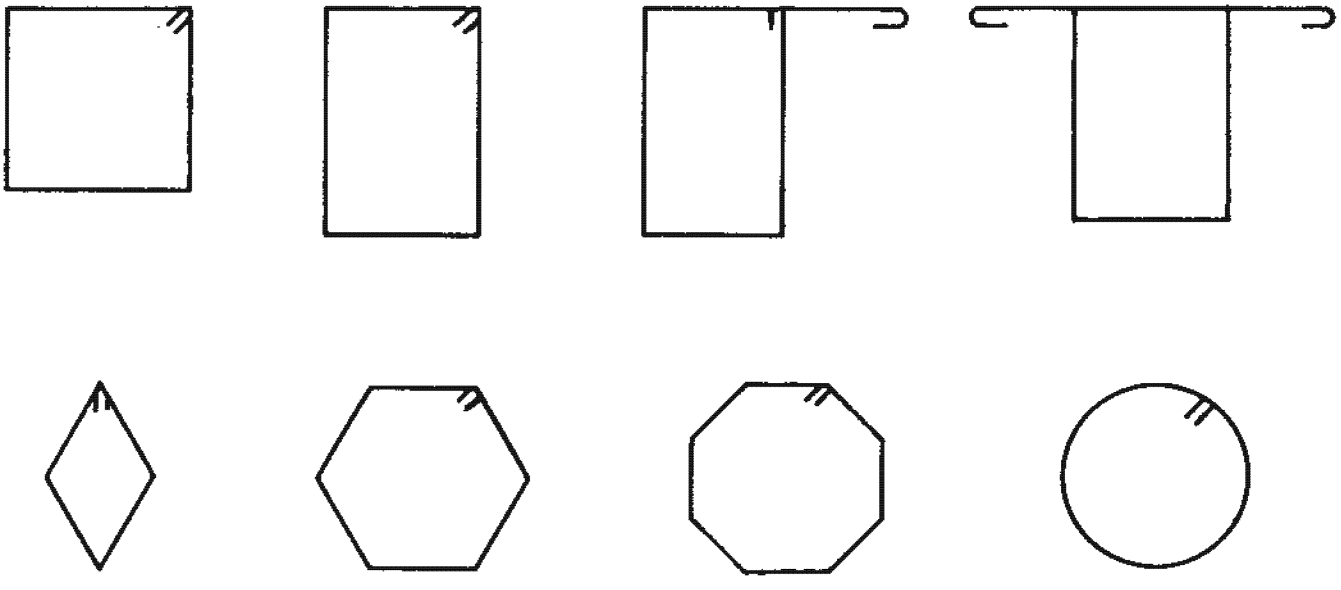
شکل ۹ــ۲



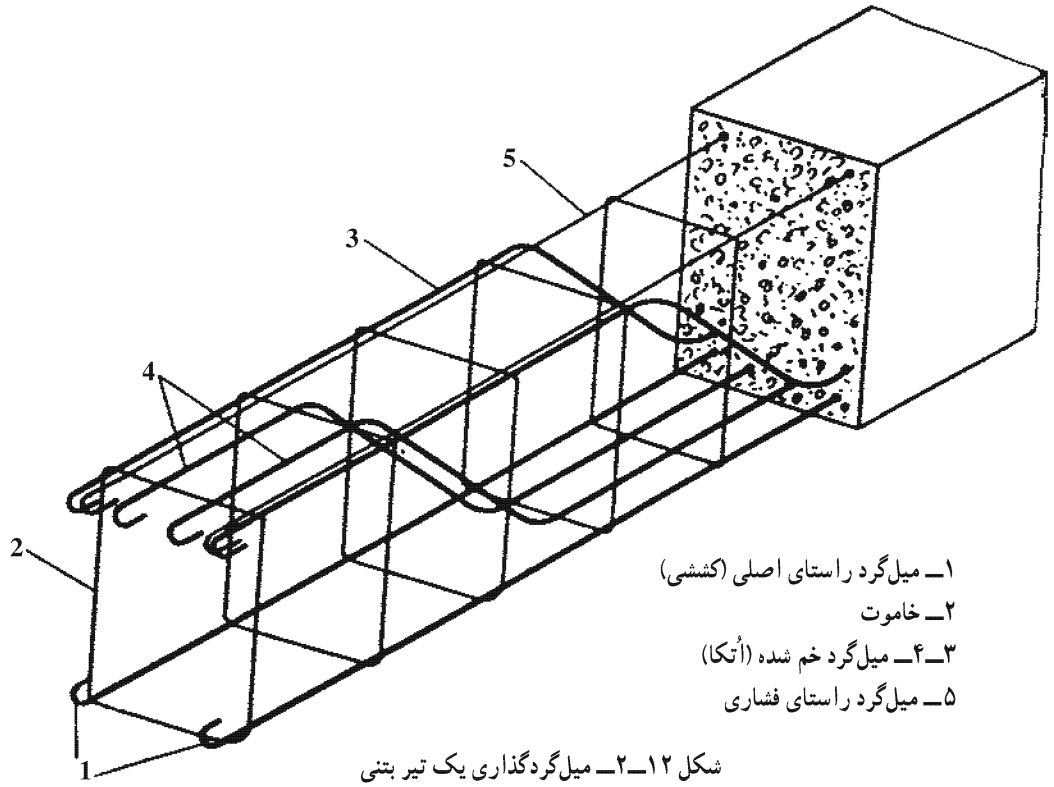
شکل ۱۰ــ۲ــ دو نوع میل‌گرد برای مقابله با نیروی برشی در تیر

این عنصر مقاوم، «خاموت» (رکاب ــ کمربند) نامیده می‌شود.

۱ــ۱ــ۲ــ خاموت (رکاب ــ کمربند): خاموت‌ها میل‌گردهای شکل گرفته‌ای هستند که در تیر به‌صورت قائم قرار می‌گیرند. معمولاً خاموت‌ها را به شکل مقطع تیر می‌سازند و ضمن این‌که در مقابل نیروهای برشی وارد آمده مقاومت می‌کنند، میل‌گردهای فشاری و کششی را در جای خود نگه می‌دارند. حدّاقل قطر و فاصله‌ی خاموت‌ها براساس آیین‌نامه‌های بتن‌آرمه مشخص می‌شود، امّا برای مقاومت در برابر نیروهای برشی، تعداد و قطر میل‌گردها باید دقیقاً محاسبه شوند. با توجه به این‌که در تیر بتنی حدّاکثر نیروی برشی در نزدیکی تکیه‌گاه‌ها ایجاد می‌شود، قطر خاموت‌ها را بیش‌تر و فاصله‌ی آن‌ها را کم‌تر از نواحی دیگر درنظر می‌گیرند. در قسمت‌های دورتر از تکیه‌گاه‌ها حدّاقل آیین‌نامه‌ای را به‌کار می‌برند. در شکل ۱۱ــ۲ چند نمونه خاموت دیده می‌شود.



شکل ۱۱ــ۲ــ چند نمونه خاموت



۱ــ میل‌گرد راستای اصلی (کششی)
۲ــ خاموت
۳ــ۴ــ میل‌گرد خم شده (اُتکا)
۵ــ میل‌گرد راستای فشاری

شکل ۱۲ــ۲ــ میل‌گردگذاری یک تیر بتنی

۲ــ۲ــ انواع میل‌گردهای مورد مصرف در بتن

میل‌گردها با توجه به نوع آلیاژ و شکل ظاهری، انواع مختلفی دارند که در ایران، برای مصرف در بتن، از سه نوع آن در قطرهای مختلف استفاده می‌کنند.

۱ــ میل‌گردهای نرمه با مقطع دایره و سطح کاملاً صاف که اصطلاحاً به آن «میل‌گرد ساده» می‌گویند. تنش حدّ جاری شدن این میل‌گرد $۲۲۰N/mm^۲$ است (شکل ۱۳ــ۲).

شکل ۱۳ــ۲ــ میل‌گرد ساده

۲ــ میل‌گردهای آجدار و آجدار تابیده (TOR) که با دو آلیاژ سخت و نیمه‌سخت موجود است. نوع سخت آن با تنش حدّ جاری شدن $۵۰۰N/mm^۲$. ۴۰۰ و نوع نیمه‌سخت آن دارای حدّ جاری شدن ۳۰۰ نیوتن بر میلی‌مترمربع است. در شکل ۱۴ــ۲ میل‌گردهای آجدار و آجدار تابیده را می‌بینید.

میل‌گرد آجدار تابیده (TOR)

شکل ۱۴ــ۲ــ میل‌گرد آجدار

۳ــ برای بتن‌های پیش تنیده و پس‌تنیده، از کابل‌های فولادی (سیم‌بکسل) با تنش‌های بسیار بالا استفاده می‌کنند.

امروزه در مواردی که عوامل جوی سبب ایجاد خورندگی در میل‌گردهای فولادی و درنتیجه باعث ترکیدن بتن می‌شوند، از میل‌گردهای لاستیکی با تنش مجاز $۱۴۰N/mm^۲$ استفاده می‌کنند.

شکل ۱۵ــ۲ــ کابل فولادی برای بتن پیش‌تنیده و پس‌تنیده

۳ــ۲ــ تمیز کردن میل‌گردها

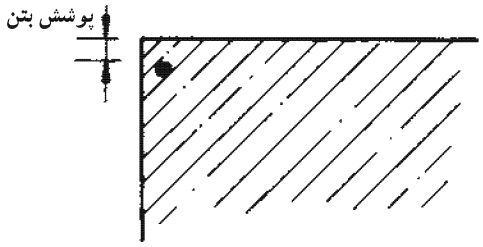
چون چسبندگی مناسب بین فولاد و بتن از عوامل مؤثر در مقاومت بتن مسلّح است، باید میل‌گردهایی که در بتن مسلّح به‌کار می‌روند، تمیز و عاری از گِل، روغن، زنگ‌زدگی، پوسته، خوردگی یا سایر پوشش‌های غیرفلزی باشند.

برای تمیز کردن زنگ از سطح میل‌گرد می‌توان از برس سیمی زبر استفاده کرد. اگر حجم میل‌گردهای زنگ زده زیاد باشد، از دستگاه ماسه‌پاش (سندبلاست) استفاده می‌کنند. این دستگاه با پرتاب شدید ماسه‌های ریز بر سطح میل‌گرد باعث زنگ‌بری آن می‌شود.

توجه: میل‌گردهایی که زنگ‌زدایی می‌شوند هنگامی در بتن قابلیت مصرف دارند که کلیه‌ی مشخصات لازم، از قبیل سطح مقطع و غیره، را حفظ کرده باشند.

۴ــ۲ــ پوشش بتن روی میل‌گردهای فولادی

چون میل‌گردهای فولادی به عوامل خورنده‌ی جوّی (رطوبت و رطوبت‌های اسیدی) بسیار حسّاس هستند باید با پوشش



شکل ۱۶ــ۲

کافی بتن روی آن‌ها، از زنگ‌زدگی آن‌ها جلوگیری کرد. همچنین چون فولاد در برابر آتش‌سوزی از مقاومت خوبی برخوردار نیست، در زمان آتش‌سوزی، پوشش بتن، محافظ مناسبی برای فولاد است. پوشش بتن روی میل‌گردها برابر است با فاصله‌ی بین رویه‌ی میل‌گردها تا نزدیک‌ترین سطح آزاد بتن(شکل ۱۶ــ۲). ضخامت پوشش بتنی محافظ میل‌گردها، متناسب با نوع وضعیت محیط، کیفیت بتن و نوع قطعه‌ی موردنظر، به‌وسیله‌ی طراح ساختمان تعیین و در نقشه‌های اجرایی مشخص می‌شود.

مقادیر حدّاقل پوشش بتن روی میل‌گردها، طبق آیین‌نامه‌ی بتن ایران، مطابق جدول ۱ــ۲ است.

جدول ۱ــ۲ــ مقادیر حدّاقل پوشش بتن (میلی‌متر)

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

الف ــ وضعیت محیطی ملایم: وضعیتی است که در آن هیچ نوع عامل مهاجم از قبیل رطوبت، تعریق، تر و خشک‌شدن متناوب، یخ‌زدگی، تماس با خاک مهاجم یا غیرمهاجم، موادّ خورنده، فرسایش شدید، عبور وسایل نقلیه و ضربه موجود نباشد، یا این‌که قطعه در مقابل این‌گونه عوامل مهاجم به‌نحوی مطلوب محافظت شود.

ب ــ وضعیت محیطی متوسط: وضعیتی است که در آن قطعات بتنی، در معرض رطوبت و گاهی تعریق قرار می‌گیرند.

ج ــ وضعیت محیطی شدید: به وضعیتی می‌گویند که در آن قطعات بتنی در معرض رطوبت یا تعریق شدید، تر و خشک‌شدن متناوب یا یخ‌زدگی نه‌چندان شدید قرار می‌گیرند. قطعاتی که در معرض ترشح آب دریا باشند یا در آب غوطه‌ور شوند، طوری که یک وجه آن‌ها در تماس با هوا قرار گیرد، قطعات واقع در هوای دارای نمک و نیز قطعاتی که سطح آن‌ها در معرض خوردگی ناشی از مصرف موادّ یخ‌زدا قرار می‌گیرد، وضعیت محیطی شدید محسوب می‌شوند.

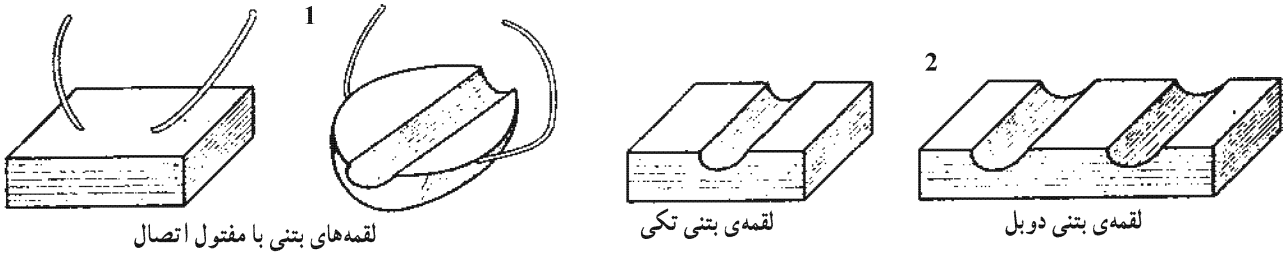
د ــ وضعیت محیطی بسیار شدید: وضعیتی است که در آن قطعات بتنی در معرض گازها، مایعات، موادّ خورنده یا

رطوبت همراه با یخ‌زدگی شدید قرار می‌گیرند، از قبیل نمونه‌های ذکر شده در مورد وضعیت محیطی شدید در صورتی که عوامل مذکور حادتر باشند.

هـ ــ وضعیت محیطی فوق‌العاده شدید: به شرایطی اطلاق می‌شود که در آن، قطعات بتنی در معرض فرسایش شدیدِ عبور وسایل‌نقلیه قرار می‌گیرند. رویه‌ی بتنی محافظت نشده‌ی پارکینگ‌ها و قطعات موجود در آبی که اجسام صُلبی را با خود جابه‌جا می‌کند، وضعیت محیط فوق‌العاده شدید به‌شمار می‌آیند.

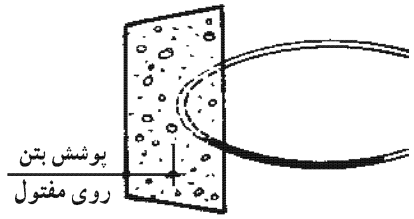
۵ــ۲ــ فاصله نگه‌دار

برای ایجاد پوشش یک‌نواخت بتن روی میل‌گردها،از قطعاتی به نام «فاصله نگه‌دار» (لُقمه) استفاده می‌کنند. این قطعات، قبل از بتن‌ریزی، در فواصل مناسب به شبکه‌ی میل‌گرد متصل می‌شوند. در صورت عدم استفاده از فاصله نگه‌دار، ممکن است هنگام بتن‌ریزی، بخصوص هنگام لرزاندن بتن، میل‌گردها تغییر مکان دهند و در نتیجه پوشش بتن کم و زیاد شود. گاهی این تغییر مکان آن‌قدر زیاد است که میل‌گردها به صفحات قالب می‌چسبند و در نتیجه هیچ‌گونه پوششی ایجاد نمی‌شود. فاصله نگه‌دارها را از جنس بتن، مواد پلاستیکی،فلز و غیره به شکل‌های مختلف می‌سازند. لقمه‌ها باید از جنس و نوع پایا باشند تا موجب خوردگی میل‌گرد و قلوه‌کن شدن پوشش بتن نشوند. بهتراست مخلوطی که در ساخت لقمه‌های بتنی به کار می‌رود، از نظر مقاومت، پایایی، تخلخل و ظاهر، با بتن اصلی یکسان باشد. در شکل ۱۷ــ۲ چند نوع فاصله نگه‌دار دیده می‌شود.

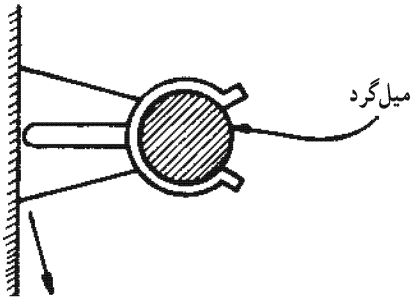


شکل ۱۷ــ۲ــ چند نمونه فاصله نگه‌دار

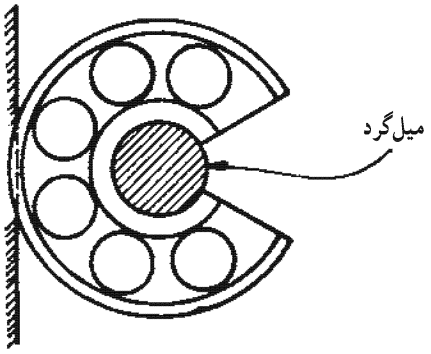
در شکل‌های ۱۸ــ۲ و ۱۹ــ۲ و ۲۰ــ۲ و ۲۱ــ۲ روش‌های صحیح استفاده از چند نوع فاصله نگه‌دار را مشاهده می‌کنید.



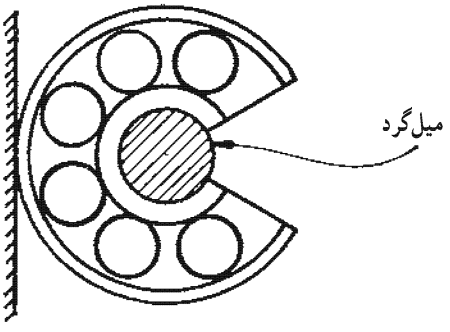
شکل ۱۸ــ۲ــ لقمه‌ی بتنی؛ در صورت استفاده از مفتول فولادی در لقمه‌ی بتنی، پوشش بتن روی مفتول باید به‌اندازه‌ی کافی باشد تا خرابی بعدی رخ ندهد. مخلوط بتنی باید مناسب باشد. استفاده از این لقمه‌ها، در صورتی که ساخت بتن شسته را در نظر داشته باشیم، نامناسب است.



شکل ۱۹ــ۲ــ لقمه‌های چهارپایه‌ای، به دلیل امکان چرخش، برای سطوح قائم، مناسب نیستند.



شکل ۲۰ــ۲ــ لقمه‌ها نباید از سطح بتن بیرون بزنند یا لایه‌های نازک بتن را پوسته کنند.



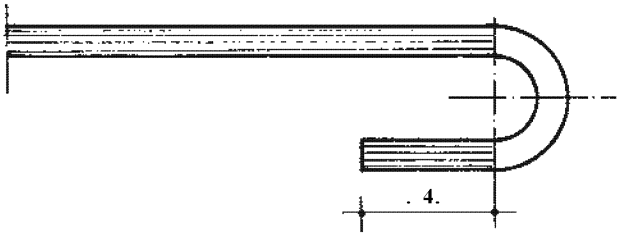
شکل ۲۱ــ۲ــ لقمه‌های مدوّر، برای سطوح قائم، مناسب‌اند.

۶ــ۲ــ قلاب انتهای میل‌گردها و اندازه‌ی استاندارد آن‌ها

برای افزایش چسبندگی بین میل‌گردها و بتن، باید در انتهای میل‌گردهای فولادی قلاب ایجاد کرد. حدّاقل اندازه‌ی قلاب‌های استاندارد در حالت‌های متفاوت اجرایی بدین شرح هستند :

الف ــ میل‌گردهای اصلی:

۱ــ خم ۱۸۰ درجه (خم نیم‌دایره) به اضافه‌ی طول مستقیم (حدّاقل ۴ برابر قطر میل‌گرد)، مشروط بر این که طول مستقیم از ۶ سانتی‌متر کم‌تر نباشد (شکل ۲۲ــ۲).



شکل ۲۲ــ۲ــ خم ۱۸۰ درجه به علاوه‌ی طول مستقیم

۲ــ خم ۱۳۵ درجه (چنگک) به اضافه‌ی طول مستقیم (حدّاقل ۸ برابر قطر میل‌گرد) در انتهای آزاد میل‌گرد (شکل ۲۳ــ۲).

۳ــ خم ۹۰ درجه (گونیا) به اضافه‌ی طول مستقیم (حدّاقل ۱۲ برابر قطر میل‌گرد) در انتهای آزاد میل‌گرد (شکل ۲۴ــ۲).

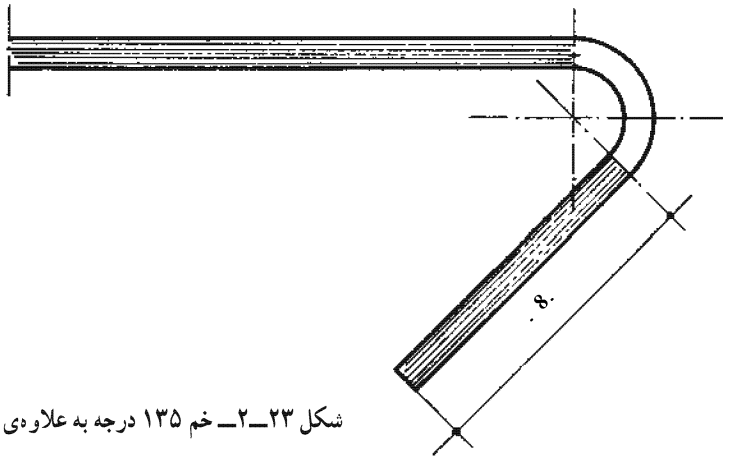
ب ــ میل‌گردهای تقسیم و خاموت‌ها:

۱ــ برای میل‌گردهای به قطر ۱۶ میلی‌متر و کم‌تر، خم ۹۰ درجه (گونیا) به اضافه‌ی طول مستقیم (حدّاقل ۶ برابر قطر میل‌گرد)، مشروط بر این که از ۶ سانتی‌متر کم‌تر نباشد.

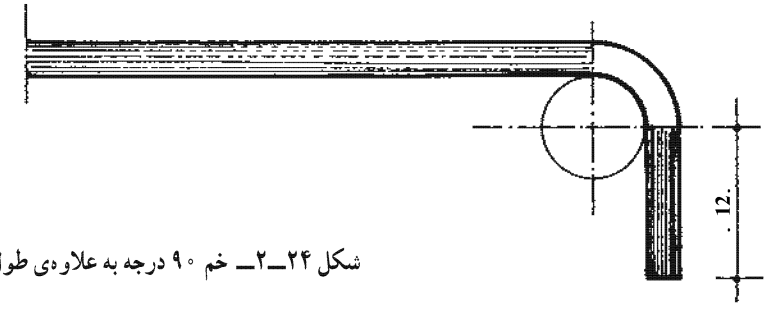
۲ــ برای میل‌گردهای به قطر بیش‌تر از ۱۶ میلی‌متر و کم‌تر از ۲۵ میلی‌متر، خم ۹۰ درجه (گونیا) به اضافه‌ی طول مستقیم (حدّاقل ۱۲ برابر قطر میل‌گرد) در انتهای آزاد میل‌گرد.

۳ــ خم ۱۳۵ درجه (چنگک) به اضافه‌ی طول مستقیم (حدّاقل ۶ برابر قطر میل‌گرد) به شرطی که از ۶ سانتی‌متر کم‌تر نباشد.

۴ــ خم ۱۸۰ درجه (خم نیم‌دایره) به اضافه‌ی طول مستقیم (حدّاقل ۴ برابر قطر میل‌گرد) به شرطی که از ۶ سانتی‌متر در انتهای آزاد میل‌گرد کم‌تر نباشد.



شکل ۲۳ــ۲ــ خم ۱۳۵ درجه به علاوه‌ی طول مستقیم



شکل ۲۴ــ۲ــ خم ۹۰ درجه به علاوه‌ی طول مستقیم

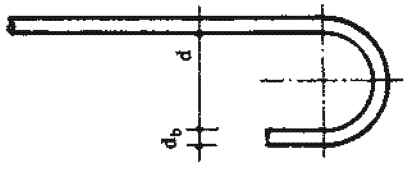
۷ــ۲ــ اندازه‌ی قطر قلاب‌های انتهایی

به منظور جلوگیری از کشش‌های نامطلوب در میل‌گردها در هنگام خم کردن و همچنین پرهیز از ایجاد تنش‌های زیاد در بتن (محلّ درگیری قلاب با بتن)، باید شعاع قوس از حدّ معینی کم‌تر نباشد. حدّاقل قوس میل‌گردها تابع نوع و قطر آن است. در آیین‌نامه‌ی بتن ایران میزان قطر خم میل‌گرد (d) برای فولادهای مختلف و با قطرهای متغیّر به صورت ضریبی از قطر اسمی آن (d_b) معین شده است که در جدول‌های ۲ــ۲ و ۳ــ۲ این مقادیر ذکر شده‌اند.

جدول ۲ــ۲ــ حدّاقل قطر خم‌های میل‌گردها

نوع میل‌گرد / قطر میل‌گرد	حدّاقل قطر خم«d»		
	فولاد نرمه S۲۲۰*	فولاد نیم سخت S۳۰۰*	فولاد سخت S۴۰۰. ۵۰۰*
کم‌تر از ۲۸ میلی‌متر	$۵d_b$	$۵d_b$	$۶d_b$
۲۸ تا ۳۴ میلی‌متر	$۵d_b$	$۶d_b$	$۸d_b$
۳۶ تا ۵۵ میلی‌متر	$۷d_b$	$۱۰d_b$	$۱۰d_b$

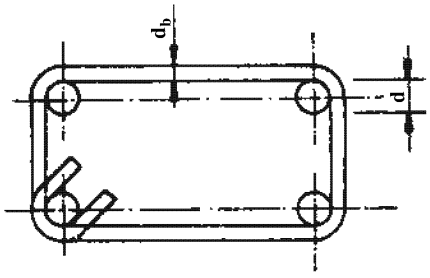
d_b قطر اسمی میل‌گرد



* S۲۲۰ ، معرف فولادی است که تنش حد جاری شدن آن ۲۲۰ نیوتن بر میلی‌مترمربع است که تقریباً برابر ۲۲۰۰ کیلوگرم بر سانتی‌مترمربع می‌باشد.

جدول ۳ــ۲ــ حدّاقل قطر خم‌ها برای خاموت‌ها

نوع میل‌گرد / قطر میل‌گرد	حدّاقل قطر خم«d»		
	فولاد نرمه	فولاد نیم سخت	فولاد سخت
۱۶ میلی‌متر و کم‌تر	$۲/۵d_b$	$۴d_b$	$۴d_b$



۸ــ۲ــ فاصله‌ی میل‌گردها از یکدیگر در قطعات بتنی

در یک قطعه‌ی بتنی، باید فاصله‌ی میل‌گردها از یکدیگر به‌اندازه‌ای باشد که مصالح تشکیل‌دهنده‌ی بتن بتوانند از بین آن‌ها عبور کرده،در نتیجه بتن «کرمو» نشود.

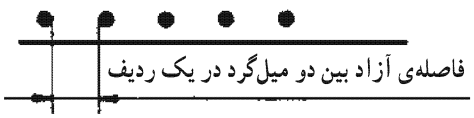
۱ــ فاصله‌ی آزاد بین دو میل‌گرد متوازی واقع در یک ردیف (شکل ۲۵ــ۲)، طبق آیین‌نامه، نباید از هیچ‌یک از این مقادیر کم‌تر باشد :

الف ــ قطر بزرگ‌ترین میل‌گرد ؛

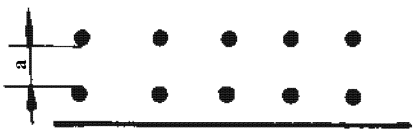
ب ــ ۲۵میلی‌متر ؛

ج ــ ۱/۳۳برابر قطر اسمی بزرگ‌ترین سنگدانه‌ی بتن.

۲ــ در صورتی که میل‌گردهای متوازی در چند ردیف قرار گیرند (شکل ۲۶ــ۲) میل‌گردهای ردیف فوقانی باید طوری بالای ردیف تحتانی قرار گیرند که معبر بتن تنگ نشود. فاصله‌ی آزاد بین دو ردیف، نباید از ۲۵ میلی‌متر یا قطر بزرگ‌ترین میل‌گرد کم‌تر باشد.



شکل ۲۵ــ۲



a . فاصله‌ی آزاد بین دو ردیف میل‌گرد متوازی

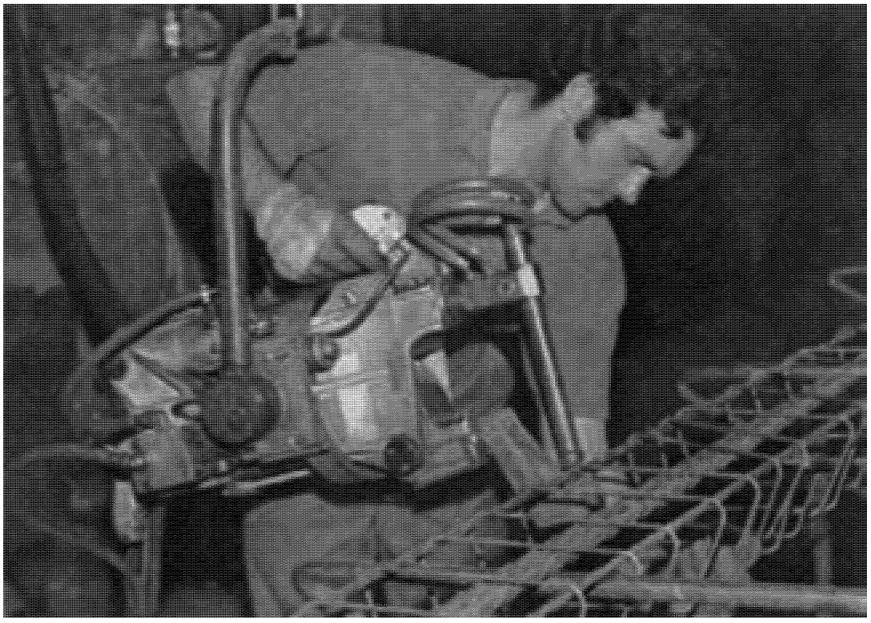
شکل ۲۶ــ۲

۹ــ۲ــ بستن میل‌گردها به یکدیگر (گره زدن)

میل‌گردهای فولادی باید قبل از بتن‌ریزی، براساس طرح و محاسبه، به یک‌دیگر بسته و یک‌پارچه شوند تا از جابه‌جا شدن آن‌ها طّی عملیات بتن‌ریزی تا خودگیری بتن جلوگیری شود. بستن میل‌گردها به یکدیگر از نظر زمان و مکان بستگی به وضعیت کارگاه و نوع قطعه دارد که تصمیم‌گیری در مورد چگونگی آن به‌عهده‌ی تکنیسین ساختمان است تا حدّاکثر کارآیی حاصل شود. گاهی تمام یاقسمتی از میل‌گردها راخارج از قالب می‌بندند و یک شبکه را تشکیل می‌دهند و سپس آن را در قالب قرار می‌دهند (شبکه‌ی کف فنداسیون منفرد). گاهی نیز میل‌گردها را در روی قالب به یکدیگر می‌بندند (مانند میل‌گردهای سقف بتنی). برای بستن دو میل‌گرد به یکدیگر، بیش‌تر از مفتول فلزی نرم باقطر ۱/۵ تا ۲ میلی‌متر استفاده می‌کنند که اصطلاحاً به این عمل «گره‌زدن» می‌گویند ؛ همچنین می‌توان با استفاده از وسایل جوش‌کاری پنوماتیک، میل‌گردها را به یکدیگر متصل کرد که در این جا به‌شرح آن‌ها می‌پردازیم :

۱ــ۹ــ۲ــ تپانچه‌ی جوش‌کاری (نقطه جوش): با استفاده از تپانچه‌ی جوش‌کاری می‌توان میل‌گردها را با سرعت و دقت کافی به یکدیگر متصل کرد. این اتصالات از مقاومت خوب و بالایی برخوردارند. عمل جوش‌کاری از طریق جریان برق با شدت زیاد (حدود ۱۸۰۰۰ آمپر) انجام می‌شود و روش آن به این صورت است که با فشردن دکمه‌ی دستی یا پدال پایی دستگاه، هوای فشرده، دو فک (دوقطب مثبت و منفی) دستگاه

را به میل‌گردها می‌چسباند و در نتیجه بین دو قطب، قوس الکتریکی ایجاد شده و جوش‌کاری با سرعت انجام می‌شود. چون این دستگاه وزن نسبتاً زیادی دارد (یک نوع آن ۴۷ کیلوگرم وزن دارد)، برای کارآیی بیش‌تر، آن را با جرثقیل متحرک ریلی در محیط کارگاه به‌صورت آویزان نگه می‌دارند. این دستگاه حول محورهای مختلف ۳۶۰ درجه می‌چرخد. در شکل‌های ۲ــ۲۷ و ۲ــ۲۸ دستگاه‌های تپانچه‌ی جوش‌کاری را در حال جوش دادن میل‌گردها مشاهده می‌کنید.



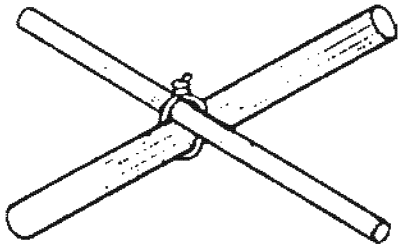
شکل ۲ــ۲۷ــ دستگاه نقطه جوش برای اتصال میل‌گردها به یکدیگر

شکل ۲ــ۲۸

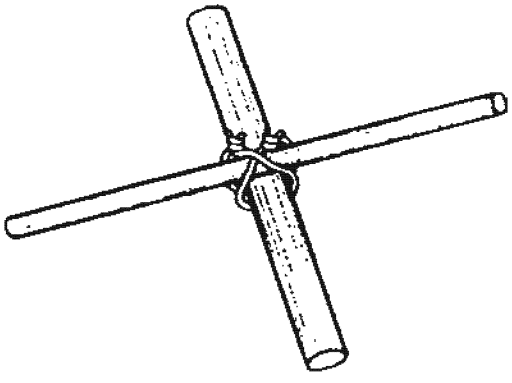
۲ــ۹ــ۲ــ انواع گره‌های متداول برای بستن دو میل‌گرد به یکدیگر:

۱ــ گره‌ی ساده (لغزان): گره‌ی ساده، متداول‌ترین گره برای اتصال میل‌گردهای اصلی و فرعی (مونتاژ) در شبکه‌های افقی مانند سقف و فنداسیون با امکان اجرای سریع است، (شکل‌های ۲ــ۲۹ و ۲ــ۳۰).

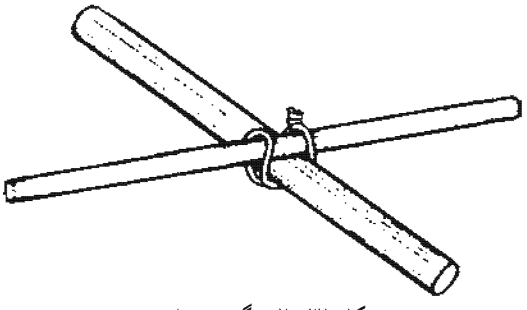
۲ــ گره‌ی صلیبی: در مواقعی که به علّت استفاده از میل‌گردهای قطور، تعداد نقاط اتصال کم باشند، برای استحکام بیش‌تر اتصال میل‌گردها به یکدیگر، از این گره استفاده می‌شود (شکل‌های ۲ــ۳۱ و ۲ــ۳۲).



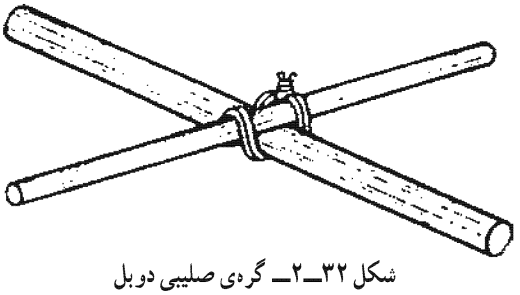
شکل ۲۹ــ۲ــ گره‌ی ساده (لغزان)



شکل ۳۰ــ۲ــ گره‌ی ساده (لغزان) دوبل

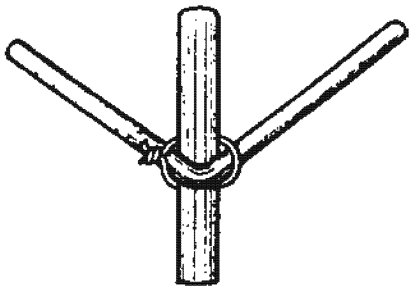


شکل ۳۱ــ۲ــ گره‌ی صلیبی

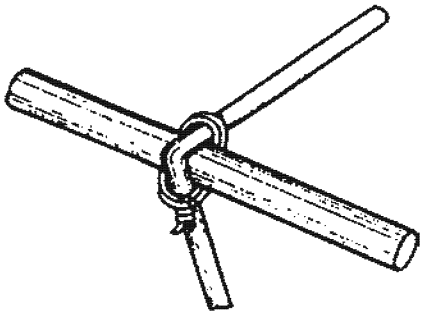


شکل ۳۲ــ۲ــ گره‌ی صلیبی دوبل

۳ــ گره‌ی پشت گردنی: در ستون‌ها و تیرها، برای اتصال محکم میل‌گردها به خاموت‌ها در گوشه‌ها، اغلب از این نوع گره استفاده می‌کنند (شکل‌های ۳۳ــ۲ و ۳۴ــ۲).



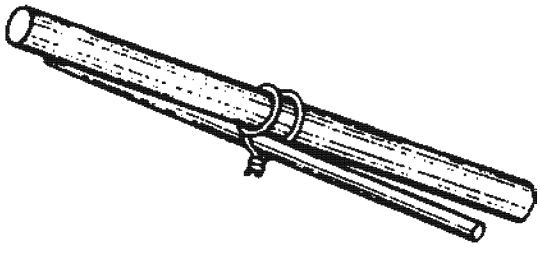
شکل ۳۳ــ۲ــ گره‌ی پشت گردنی



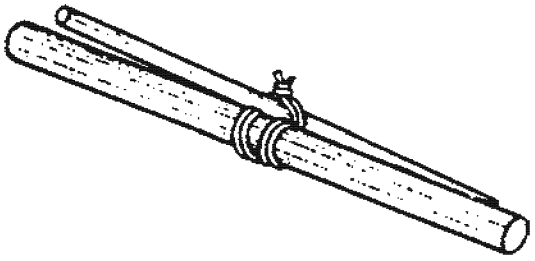
شکل ۳۴ــ۲ــ گره‌ی پشت گردنی دوبل

۴ــ گره‌ی اصطکاکی: در اتصال میل‌گردها در شبکه‌ها و صفحات قائم (شبکه‌ی دیوارهای بتنی)، برای جلوگیری از لغزش میل‌گردهای افقی، از این نوع گره استفاده می‌شود (شکل‌های ۳۵ــ۲ و ۳۶ــ۲).

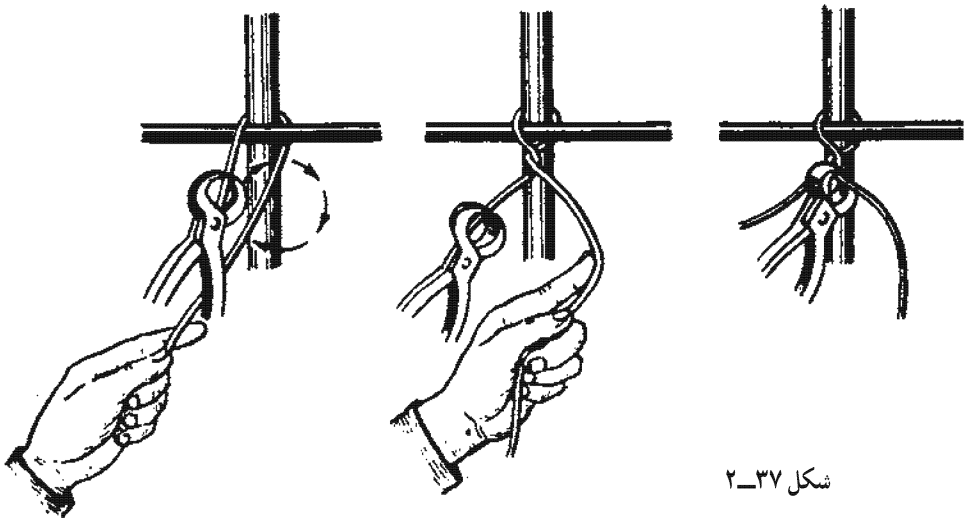
در شکل ۳۷ــ۲ روش زدن گره ساده را برای اتصال دو میل‌گرد به یکدیگر می‌بینید.



شکل ۳۵ــ۲ــ گره‌ی اصطکاکی

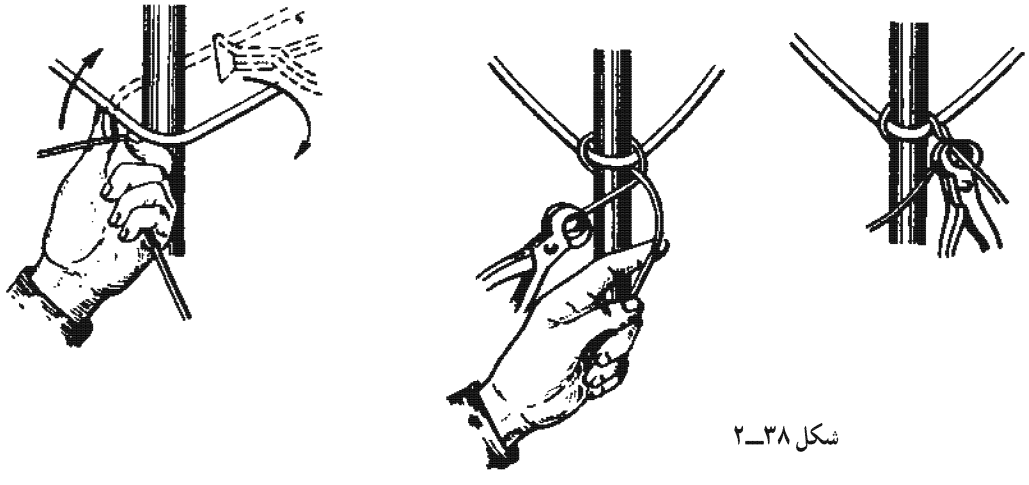


شکل ۳۶ــ۲ــ گره‌ی اصطکاکی دوبل



شکل ۳۷ــ۲

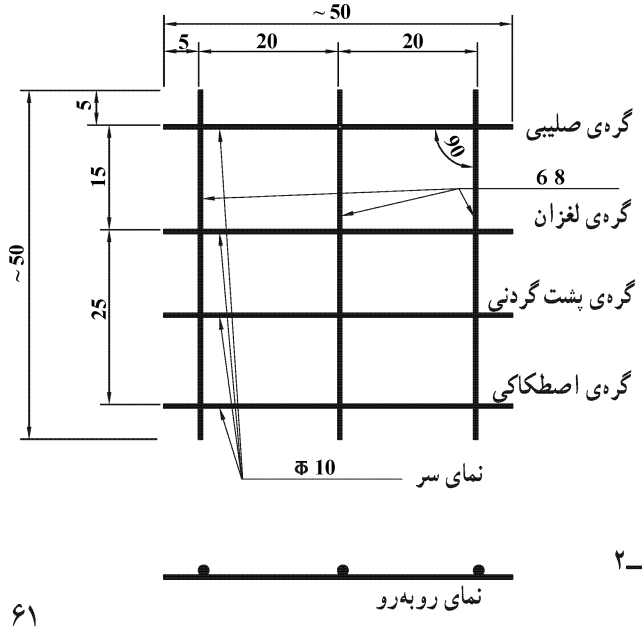
در شکل ۳۸ــ۲ اتصال میل گرد به خاموت، با گره‌ی پشت‌گردنی ساده نشان داده شده است.



شکل ۳۸ــ۲

تمرین ۷

هر دانش‌آموز سه عدد میل‌گرد ۸ . و چهار عدد میل‌گرد ۱۰ . به طول تقریبی ۵۰ سانتی‌متر انتخاب می‌کند. پس از قراردادن میل‌گردها بر روی هم مطابق شکل ۳۹ــ۲ با گره‌های مختلف آن‌ها را محکم می‌کند و یک شبکه را تشکیل می‌دهد.



شکل ۳۹ــ۲

۱۰ــ۲ــ حدّاقل طول چسبندگی میل‌گرد و بتن (طول مهاری میل‌گرد)

چسبندگی میل‌گرد و بتن، از طریق سطح تماس بین آن‌ها ایجاد می‌شود. برای استفاده‌ی کامل از حدّاکثر مقاومت میل‌گردهای داخل بتن، در مقابل نیروهای وارد شده، لازم است سطح تماس، با توجه به مقدار مقاومت چسبندگی بتن و فولاد درواحد سطح، به اندازه‌ای باشد که بتواند حدّاکثر نیروهای وارده را تا حدّ مقاومت مجاز به میل‌گرد وارد کند. با توجه به ثابت بودن محیط هر میل‌گرد، مقدار سطح تماس تابع طول میل‌گرد است. مقدار طول لازم برای تأمین چسبندگی، متناسب با قطر و مقاومت مجاز هر میل‌گرد را «طول چسبندگی مهاری» می‌گویند. میل‌گردهای قطور، به دلیل تحمل نیروهای بیش‌تر، به سطح تماسِ بیش‌تر و در نتیجه، طول مهاری بیش‌تری نیاز دارند. در مواقعی که به دلیل محدودیت، امکان ایجاد طول لازم برای چسبندگی مناسب وجود نداشته باشد، مهندسان محاسب می‌توانند با رعایت کلیّه‌ی ضوابط حاکم، ضمن ثابت نگه داشتن سطح مقطع میل‌گرد (با کم‌کردن قطر میل‌گردها و افزایش تعداد آن‌ها)، محیط میل‌گردها را اضافه کنند تا بتوانند با طول کم‌تری سطح لازم را تأمین کنند.

۱۱ــ۲ــ وصله‌ی میل‌گردها

گاهی لازم است میل‌گردهای مصرفی در بتن، به علّت محدودیت طولی، به یکدیگر وصله شوند و در اکثر مواقع لازم است که نیرو از یک میل‌گرد به میل‌گرد دیگر منتقل شود. برای این کار، از اتصالات پوششی، جوشی یا مکانیکی استفاده می‌کنند. برای اتصال میل‌گردها به یکدیگر لازم است این نکات مورد توجه قرار گیرد :

۱ــ محل‌های اتصال میل‌گردها تا آنجا که ممکن است پراکنده باشند ؛ یعنی میل‌گردهای مجاور در یک راستا وصله نشوند (شکل ۴۰ــ۲).

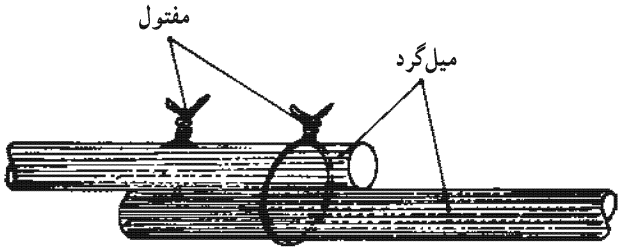
شکل ۴۰ــ۲ــ محل‌های اتصال میل‌گردها تا آنجا که ممکن است پراکنده باشند.

۲ــ در صورت امکان، وصله‌ها دور از نقاط کشش حدّاکثر واقع شوند.

۳ــ میل‌گردهای ساده، در محل اتّصال، قلاب انتهایی داشته باشند.

۱۲ــ۲ــ انواع اتصالات میل‌گردها

الف ــ اتصال پوششی: متداول‌ترین روش وصله کردن میل‌گردها روش پوششی است. برای این منظور دو میل‌گرد را روی یکدیگر قرار می‌دهند، به طوری که در طول معینی یکدیگر را بپوشانند ؛ سپس آن‌ها را به‌وسیله‌ی مفتول محکم می‌کنند. درشکل ۴۱ــ۲ وصل کردن دو میل‌گرد را به روش پوششی مشاهده می‌کنید. اتصال پوششی فقط در مورد میل‌گردهای با قطر ۳۶ میلی‌متر و کم‌تر از آن مجاز است.

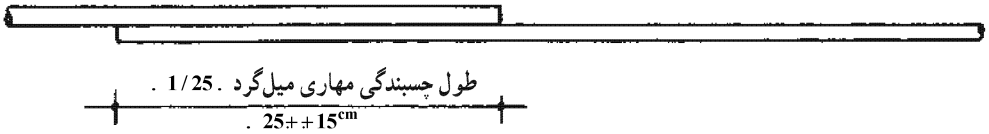


شکل ۴۱ــ۲ــ وصله کردن دو میل‌گرد به روش پوششی

با توجه به محلّ قرارگیری، نوع میل‌گردها و عملکرد آن‌ها (کششی یا فشاری)، طول پوشش میل‌گردها متغیّر است. این طول در آیین‌نامه‌های بتن آرمه مشخص شده است.

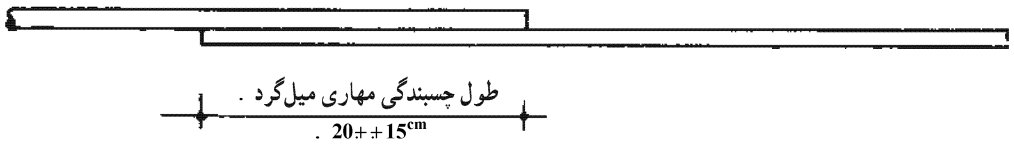
برای میل‌گردهای کششی، حدّاقل طول پوشش لازم، باید ۱/۲۵ برابر طول چسبندگی مهاری میل‌گرد کوچک‌تر باشد و درعین حال این طول نباید هیچ‌گاه کم‌تر از ۲۵ برابر قطر میل‌گرد

به‌اضافه‌ی ۱۵ سانتی‌متر انتخاب شود. در شکل ۴۲ــ۲ حدّاقل طول وصله‌ی میل‌گرد کششی به روش پوششی نشان داده شده است.



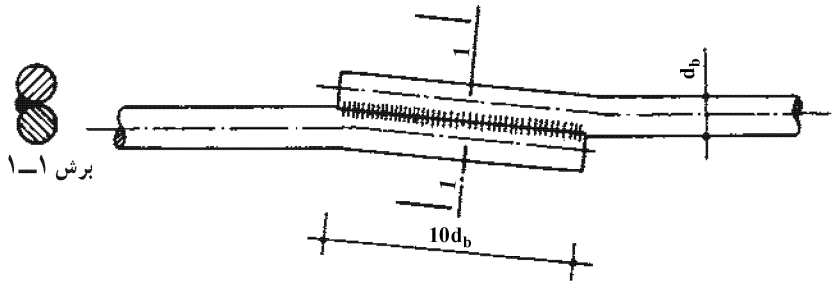
شکل ۴۲ــ۲ــ حدّاقل طول وصله‌ی میل‌گرد کششی (به روش پوششی)

برای میل‌گردهای فشاری، حدّاقل طول پوشش باید یک برابر طول چسبندگی مهاری میل‌گرد کوچک‌تر باشد و در عین‌حال، این طول نباید هیچ‌گاه کم‌تر از ۲۰ برابر قطر میل‌گرد، به‌اضافه‌ی ۱۵ سانتی‌متر انتخاب شود (شکل ۴۳ــ۲).

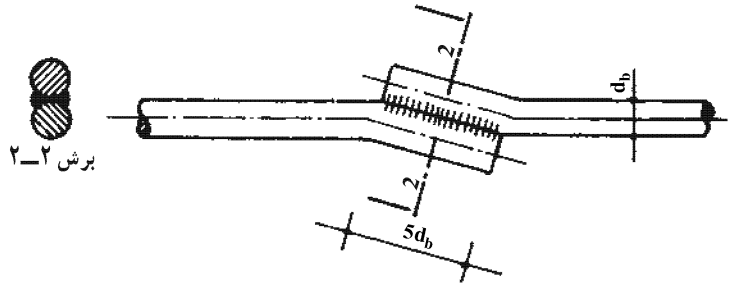


شکل ۴۳ــ۲ــ حدّاقل طول وصله‌ی میل‌گرد فشاری (به روش پوششی)

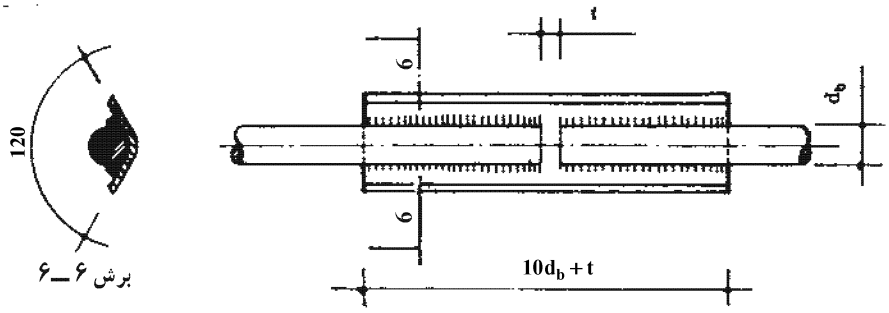
ب ــ اتصال جوشی: این اتصال به این ترتیب است که دو میل‌گرد را به فرم‌های مختلف به یکدیگر جوش می‌دهند. برای اجرای صحیح این نوع اتصال باید به آیین‌نامه‌ی مربوطه رجوع شود. در شکل‌های ۴۴ــ۲، ۴۵ــ۲، ۴۶ــ۲، ۴۷ــ۲، ۴۸ــ۲ و ۴۹ــ۲ چند نوع اتصال جوشی با اندازه‌های استاندارد دیده می‌شود.



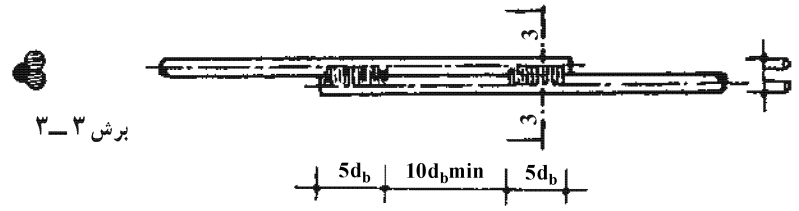
شکل ۴۴ــ۲ــ اتصال دو میل‌گرد با نوار جوش یک‌طرفه (با خم کردن میل‌گردها)



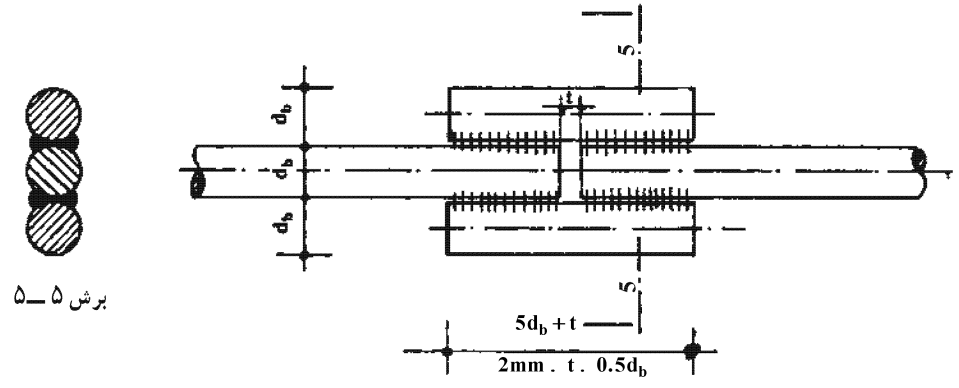
شکل ۴۵ــ۲ــ اتصال دو میل‌گرد با نوار جوش دو طرفه (با خم کردن میل‌گردها)



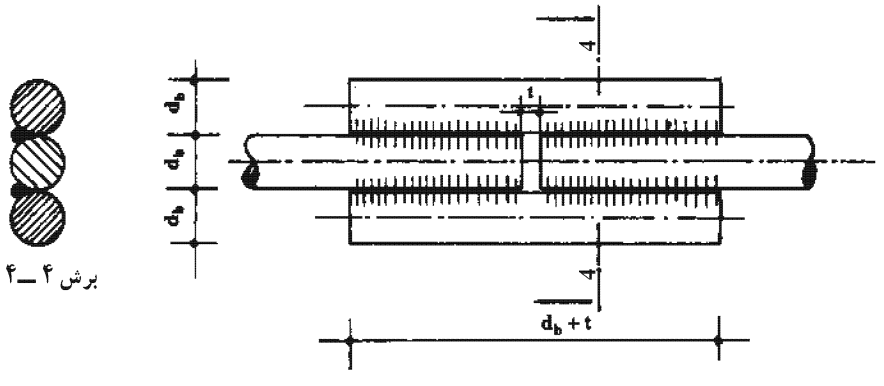
شکل ۴۶ــ۲ــ اتصال با یک وصله‌ی جانبی



شکل ۴۷ــ۲ــ اتصال دو میل‌گرد با نوار جوش یک‌طرفه (بدون خم کردن میل‌گردها)

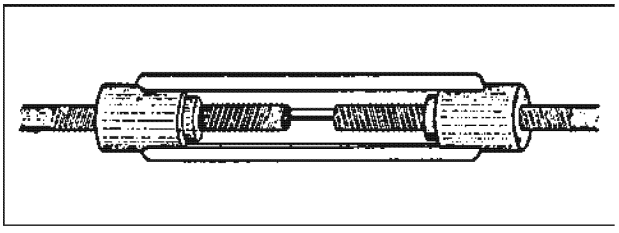


شکل ۴۸ــ۲ــ اتصال دو میل‌گرد توسط وصله (جوش دو طرفه)



شکل ۴۹ــ۲ــ اتصال دو میل‌گرد توسط وصله (جوش یک‌طرفه)

ج ــ اتصال مکانیکی: در این روش، برای وصله کردن دو میل‌گرد به یکدیگر، از بست‌های مخصوص استفاده می‌شود.



شکل ۵۰ ــ۲ــ مهاربند ــ بست دو سر پیچ برای اتصال دو میل‌گرد به یکدیگر

۱۳ــ۲ــ میز میل‌گرد خم‌کنی

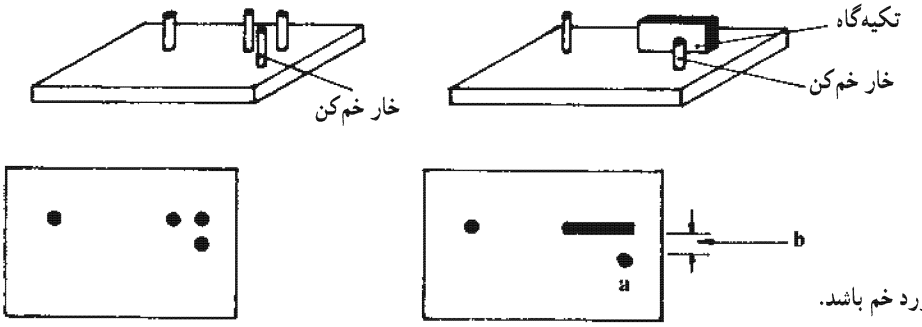
با توجه به سنگینی نسبی کار میل‌گرد خم‌کنی و فشارهای نسبتاً زیادی که درهنگام خم کردن میل‌گرد بر دست‌ها و کمر، و بعضاً کلیه‌ی اعضای بدن عامل وارد می‌شود، بهتر است برای کاهش این فشارها، از میز میل‌گرد خم‌کنی استفاده شود. ارتفاع مناسب این میز برای افراد مختلف با قدهای متفاوت می‌تواند تفاوت داشته باشد امّا به‌طور معمول ارتفاع آن ۸۰ سانتی‌متر انتخاب می‌شود. عرض میز میل‌گرد خم‌کنی معمولاً یک متر است و طول آن با توجه به طول میل‌گردها و امکانات کارگاه می‌تواند بین ۳ تا ۹ متر در نظر گرفته شود. چون از طریق میز، نیروی عکس‌العمل لازم برای خم کردن میل‌گردها وارد می‌آید، باید اتصالات بین قطعات تشکیل‌دهنده‌ی میز، به حدّ کافی محکم بوده وزن میز به‌حدّی باشد که در مقابل نیروهای وارد آمده برای خم کردن میل‌گردها حرکت نکند. اگر قطر میل‌گردها بسیار و اتصالات میز به حدّ کافی محکم باشد، در صورت کم بودن وزن میز، می‌توان پایه‌ها را به زمین محکم و ثابت کرد.

۱۴ــ۲ــ صفحه‌ی خم کن میل‌گرد

صفحه‌ی خم‌کن میل‌گرد عبارت است از صفحه‌ی فولادی مربع یا مستطیلی که بر روی آن تعدادی خار فولادی تعبیه شده است و این خارها از حرکت میل‌گرد در بعضی جهات (جهت اعمال نیرو به‌وسیله‌ی آچار) جلوگیری می‌کند. صفحه‌ی خم‌کن میل‌گرد را از طریق پیچ‌هایی بر روی میز، ثابت کرده و با استفاده از آچار F، میل‌گردها را به شکل‌های موردنظر خم می‌کنند. برای ایجاد قلاب‌ها و خم‌های استاندارد، قطر خار، که میل‌گرد به‌دور آن می‌چرخد و خم موردنظر را به‌وجود می‌آورد، باید متناسب با قطر میل‌گرد مورد خم باشد. قطر لازم را می‌توان با نصب غلتک (بوشن با قطرهای متفاوت) بر روی خار تأمین کرد. در شکل ۵۱ ــ۲ دو نمونه صفحه خم‌کن میل‌گرد را می‌بینید.

۱۵ــ۲ــ دستگاه کشش و صاف کردن میل‌گرد

با توجه به این که وظیفه‌ی اصلی میل‌گردها در بتن تحمّل نیروهای کششی است، باید میل‌گردهای مصرفی در بتن صاف باشند. با وارد شدن نیرو به میل‌گرد، مقطع آن باید در مقابل نیروی وارده مقاومت کند. در میل‌گردهای ناصاف، قبل از این که مقطع میل‌گرد مقاومتی بروز دهد، به دلیل طول اضافی (ناشی از ناصافی میل‌گرد)، فاصله‌ی بین دونقطه‌ای که بر آن‌ها نیروهای «عمل» و «عکس‌العمل» وارد می‌شود، می‌تواند زیاد شود که این امر در قطعات بتنی جایز نیست. بنابراین، میل‌گردهای مصرفی در بتن حتماً باید صاف و عاری از خمیدگی باشند. بعضی میل‌گردها در

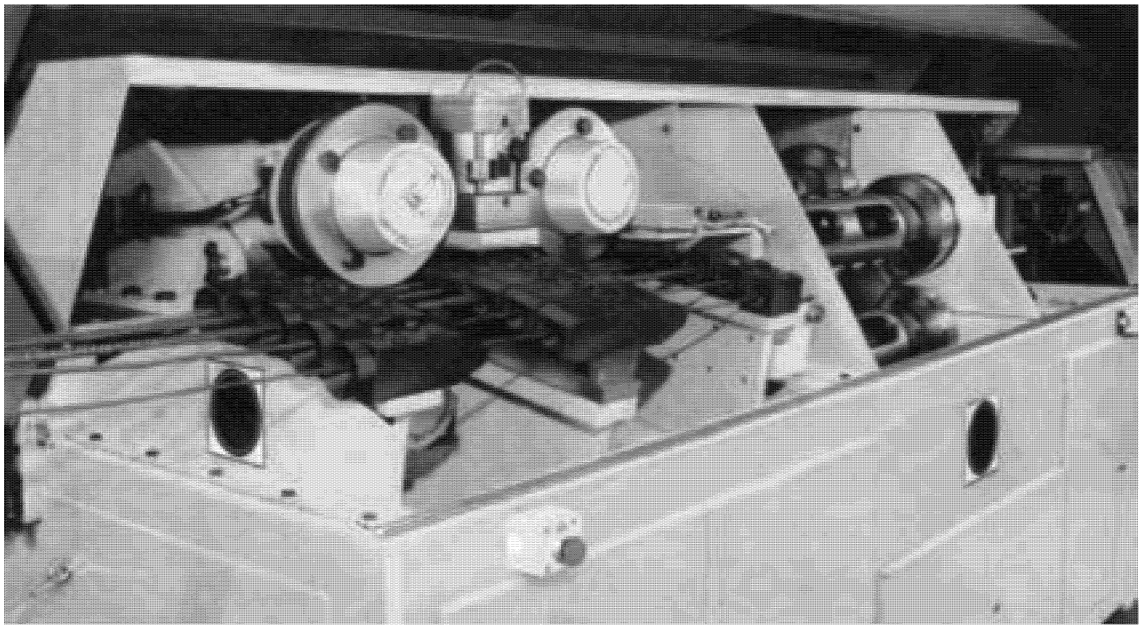


۱ــ فاصله‌ی b باید متناسب با قطر میل‌گرد مورد خم باشد.

۲ــ قطر a باید متناسب با قطرمیل‌گرد مورد خم باشد یا از غلتک استفاده شود.

شکل ۵۱ ــ۲ــ دو نمونه صفحه‌ی خم‌کن میل‌گرد

هنگام حمل و نقل کج می‌شوند و بعضی کارخانه‌ها، برای سهولت در امر حمل و نقل، میل‌گردهای با قطر کم را به صورت کلاف تولید می‌کنند. در کارگاه‌های ساختمانی میل‌گردهای خم شده را از طریق کشیدن، به‌وسیله‌ی دستگاه‌های کشش برقی، صاف می‌کنند. در شکل ۵۲ ــ۲ نمونه‌ای از یک دستگاه کشش برقی برای صاف کردن میل‌گرد فولادی دیده می‌شود.



شکل ۵۲ ــ۲ــ دستگاه کشش برقی برای صاف کردن میل‌گرد

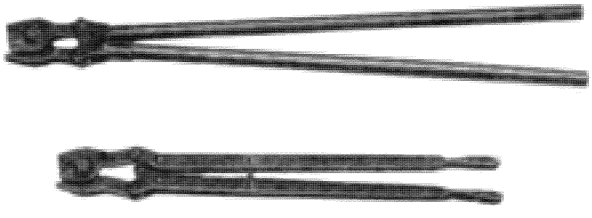
۱۶ــ۲ــ پتک

در کارگاه‌های کوچک که فاقد دستگاه کشش برقی میل‌گرد صاف‌کن هستند ممکن است برای صاف کردن میل‌گردها از پتک و سندان استفاده شود. در این صورت باید حتماً توجه شود که وزن پتک انتخابی با توجه به قطر میل‌گرد سنگین نباشد. علاوه بر این ضربات پتک باید به گونه‌ای بر میل‌گرد وارد شود که فقط قسمت کج شده را، آن هم به‌تدریج و بدون ایجاد هرگونه تغییر شکلی در مقطع میل‌گرد، صاف کند. چنانچه ضربات پتک سنگین باشد، امکان ایجاد تنش در میل‌گرد وجود دارد یا ممکن است در بعضی قسمت‌های میل‌گرد لهیدگی ایجاد شود و سطح مقطع آن از مقدار محاسبه شده کم‌تر گردد که در این صورت، میل‌گرد تمام امکانات خود را برای تحمّل نیروهای وارده حفظ نخواهد کرد.

۱۷ــ۲ــ برش میل‌گرد

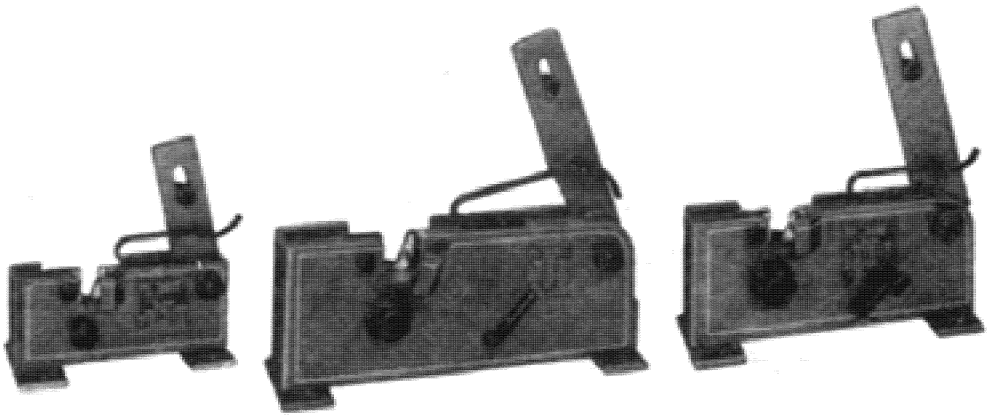
میل‌گردها را برای اعضای بتن مسلّح، معمولاً از شاخه‌های ۱۲ متری یا کلاف میل‌گرد، در طول‌های لازم، برش می‌دهند. بریدن میل‌گرد به دو صورت سرد و گرم انجام می‌شود که برش سرد از مزایای بیش‌تری برخوردار است. توصیه می‌شود برش سرد با استفاده از وسایل مکانیکی انجام شود.

وسایل برش میل‌گرد: برای برش میل‌گردهای با قطر کم، از قیچی‌های دستی ساده، مانند شکل ۵۳ ــ۲، استفاده می‌کنند. این قیچی‌ها در اندازه‌های متفاوت و با قدرت برشی مختلف ساخته می‌شوند وبعضی انواع آن‌ها قادرند میل‌گرد تا قطر ۱۶ میلی‌متر را نیز برش دهند.



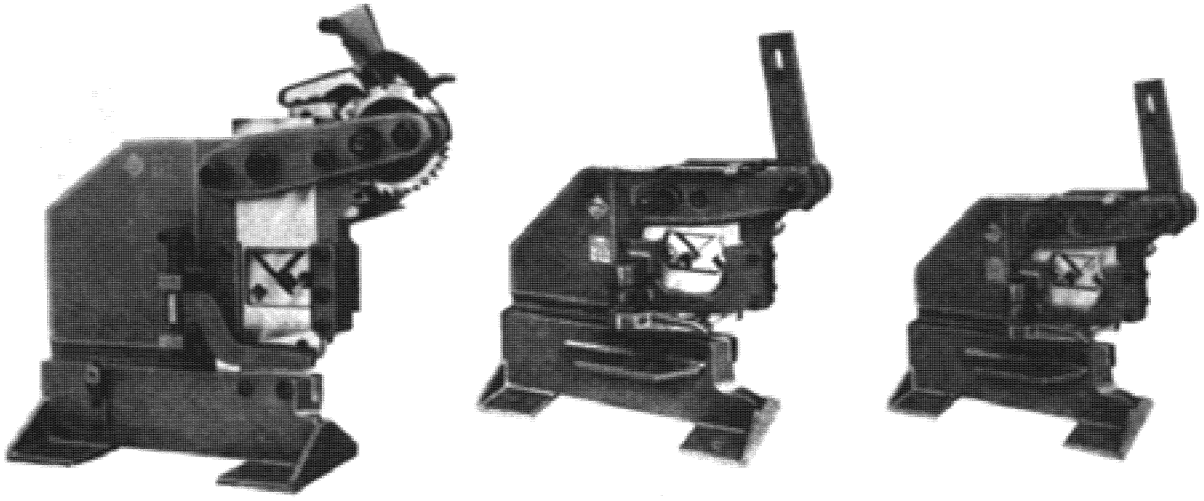
شکل ۵۳ ــ۲ــ قیچی‌های دستی ساده برای برش میل‌گرد فولادی

نوع دیگری از قیچی‌های دستی بر روی پایه (شاسی) قرار دارد. این قیچی‌ها نسبت به قیچی‌های دستی ساده از ظرفیت برشی بالاتری برخوردارند و می‌توان با آن‌ها میل‌گردهای قطور را برید. به‌وسیله‌ی بعضی انواع این قیچی‌ها می‌توان در هربار تعدادی میل‌گرد را با هم برید. در شکل ۵۴ــ۲ قیچی‌های میل‌گرد بُر دستی که بر روی پایه قرار دارند دیده می‌شود.



شکل ۵۴ــ۲ــ قیچی‌های میل‌گرد بُر دستی که بر روی پایه قرار دارند.

قیچی دستی پایه‌دار دیگری به نام «قیچی پروفیل بُر یا قیچی چند کاره» وجود دارد که با آن می‌توان میل‌گرد، چارسو، نبشی، سپری و ورق را برید. در شکل ۵۵ ــ۲ قیچی پروفیل بُر دیده می‌شود.



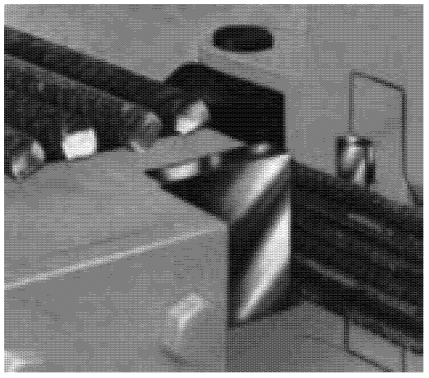
شکل ۵۵ ــ۲ــ قیچی پروفیل بُردستی

استفاده از ماشین‌های برقی برش میل‌گرد (گیوتین) باعث سرعت در برش بدون نیاز به نیروی کارگر می‌شود. هدایت این ماشین‌ها با پدال پایی انجام می‌شود و ظرفیت برشی آن‌ها بستگی به قدرت موتور و تیغه‌ی برش دارد. در شکل ۵۶ ــ۲ یک نوع ماشین برقی برش میل‌گرد را می‌بینید.

در شکل۵۷ــ۲ برش تعدادی میل‌گرد به‌وسیله‌ی ماشین برقی برش میل‌گرد نشان داده شده است. برش میل‌گردهای قطور را می‌توان به‌وسیله‌ی دستگاه برش (بُرنول ــ سرپیک) با استفاده از گاز (بوتان) و اکسیژن، در کارگاه‌های ساختمانی انجام داد.

به علّت حفظ کامل مشخصات میل‌گرد، بهتر است تا حدامکان از برش گرم خودداری شود.

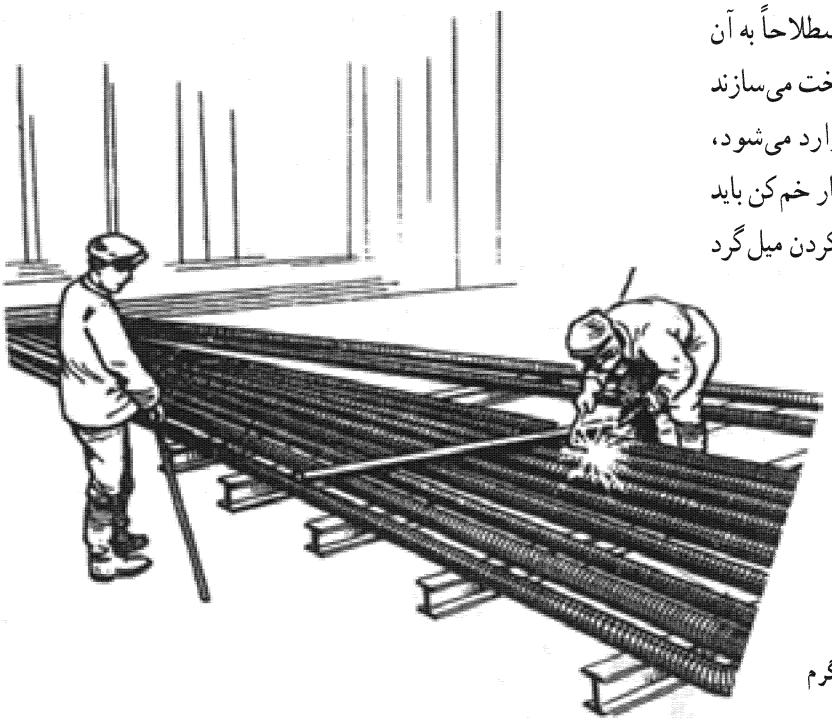
شکل ۵۶ ــ۲ــ یک نمونه ماشین برقی برش میل‌گرد



شکل ۵۷ ــ۲ــ برش چند میل‌گرد آجدار به‌وسیله‌ی تیغه‌ی ماشین برقی برش میل‌گرد

۱۸ــ۲ــ آچار خم‌کن میل‌گرد (آچار F)

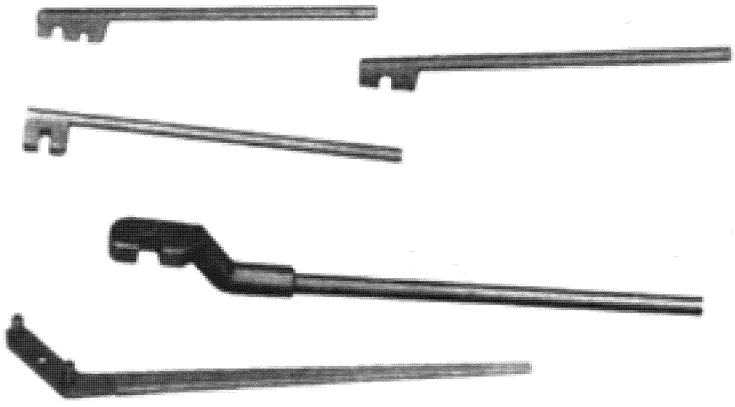
ساده‌ترین وسیله‌ی دستی برای خم کردن مناسب میل‌گردهای نازک، وسیله‌ای است به شکل F که اصطلاحاً به آن «آچار F»می‌گویند. قسمت سر آچار F را از فولاد سخت می‌سازند تا در اثر نیروهایی که هنگام خم کردن میل‌گرد به آن وارد می‌شود، فشرده و له نشود. فاصله‌ی دهانه و طول دسته‌ی آچار خم‌کن باید متناسب با قطر میل‌گرد مورد خم باشد تا امکان خم کردن میل‌گرد



شکل ۵۸ ــ۲ــ برش میل‌گردهای قطور به طریق گرم

به فرم دلخواه با حدّاقل نیرو فراهم شود. با استفاده از دو عدد آچار خم‌کن (در صورت نیاز از طریق دو نفر) می‌توان خم موردنظر را در میل‌گرد ایجاد کرد که البته این عمل معمولاً در مورد میل‌گردهای قطور انجام می‌شود.

در شکل ۵۹ ــ۲ چند نمونه آچار خم‌کن (آچار F) را می‌بینید.

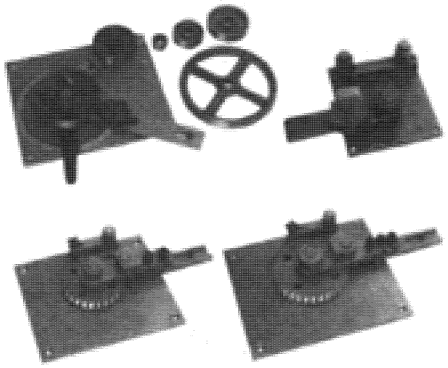


شکل ۵۹ ــ۲ــ چند نمونه آچار F

۱۹ــ۲ــ دستگاه خم‌کن دستی میل‌گرد

دستگاه‌های خم‌کن دستی میل‌گرد به شکل‌های گوناگون مطابق شکل ۶۰ ــ۲ ساخته می‌شوند. بعضی از انواع این دستگاه‌ها مدرّج هستند لذا سرعت و دقت بیش‌تری در خم کردن میل‌گردها دارند.

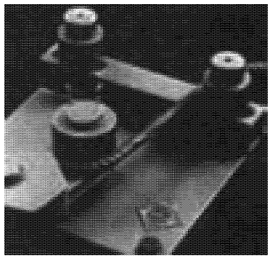
در شکل ۶۲ ــ۲ دستگاه خاموت خم‌کن دستی را می‌بینید.



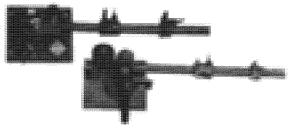
شکل ۶۰ ــ۲ــ چند نمونه دستگاه خم‌کن دستی میل‌گرد

۲۰ــ۲ــ دستگاه میل‌گرد خم‌کن برقی

ماشین‌های میل‌گرد خم‌کن برقی می‌توانند میل‌گردهای نازک و قطور را به شکل‌های موردنظر به‌طور سریع، آسان و با دقت زیاد خم کنند. این ماشین‌ها دارای یک موتور برقی هستند که صفحه‌ی گردان را در جهات مختلف می‌چرخاند و حرکت و کنترل آن به‌وسیله‌ی پدال‌پایی انجام می‌شود. در روی صفحه‌ی گردان و صفحه‌ی اصلی میز، تعدادی سوراخ ایجاد کرده‌اند که با قرار دادن غلتک‌های فلکه‌ی مناسب در سوراخ‌ها و عبور میل‌گردها از بین غلتک‌ها، هر نوع خمی را که بخواهند در میل‌گردها به‌وجود می‌آورند. در شکل ۶۳ ــ۲ دستگاه میل‌گرد خم‌کن برقی را می‌بینید.



شکل ۶۱ ــ۲ــ خم‌کن دستی میل‌گرد

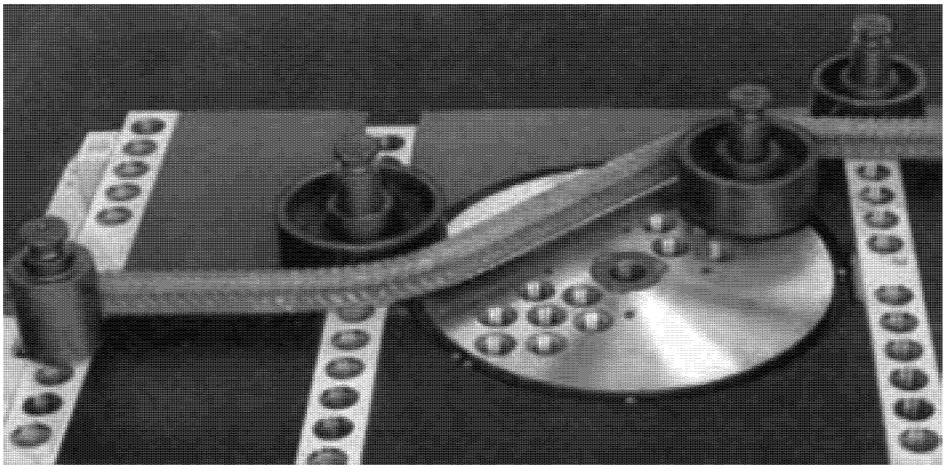


شکل ۶۲ ــ۲ــ دو نوع خاموت خم‌کن دستی

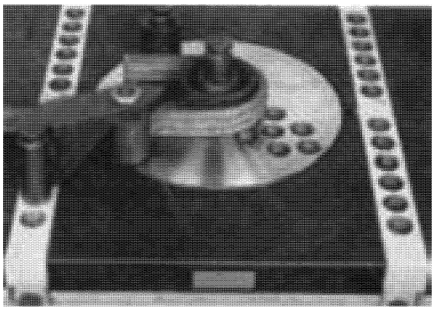
شکل ۶۳ ــ۲ــ دستگاه میل‌گرد خم‌کن برقی

در شکل ۶۴ ــ۲ خم کردن اتکا به وسیله‌ی دستگاه میل‌گرد خم‌کن برقی دیده می‌شود.

در شکل ۶۵ ــ۲ خم انتهایی (قلاب) میل‌گرد را به‌وسیله‌ی دستگاه میل‌گرد خم‌کن برقی مشاهده می‌کنید.



شکل ۶۴ ــ۲ــ ساختن اُتکا به‌وسیله‌ی دستگاه میل‌گرد خم‌کن برقی



شکل ۶۵ ــ۲

۲۱ــ۲ــ ضوابط کلی خم‌کردن میل‌گردها

ــ کلیه‌ی میل‌گردها باید به صورت سرد خم شوند، مگر آن‌که دستگاه نظارت، روشی دیگر را مجاز بداند.

ــ خم کردن میل‌گردها باید تا آنجا که ممکن است به‌طور مکانیکی به‌وسیله‌ی ماشین مجهز به فلکه خم‌کن و با یک بار عبور در سرعت ثابت انجام پذیرد به‌طوری که قسمت خم شده دارای انحنای ثابتی باشد.

ــ برای خم کردن میل‌گردها باید از فلکه‌هایی استفاده شود که قطر آن‌ها برای نوع فولاد موردنظر مناسب باشد.

ــ میزان سرعت خم کردن میل‌گردها باید متناسب با نوع فولاد و دمای محیطی اختیار شود. سرعت خم کردن میل‌گردهای سرد اصلاح شده باید به‌طور تجربی تعیین شود.

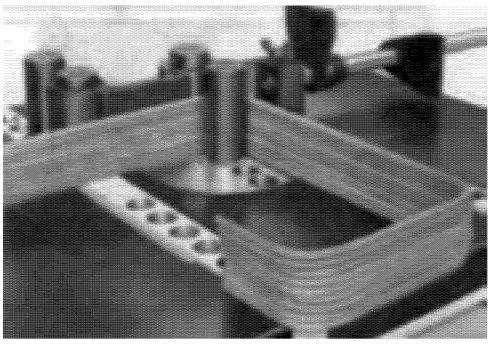
ــ در هوای سرد و در شرایطی که دمای میل‌گردها از ۵ C کم‌تر باشد، باید از خم کردن آن‌ها خودداری کرد.

ــ به‌طورکلی باز و بسته کردن خم‌ها به‌منظور شکل دادن مجدد به میل‌گردها مجاز نیست، مگر در موارد استثنایی که دستگاه نظارت اجازه دهد. در این صورت نیز کلیه‌ی میل‌گردها را باید از نظر ترک‌خوردگی بازرسی و کنترل کرد.

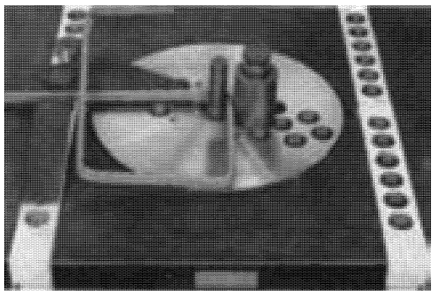
ــ خم کردن میل‌گردهایی که یک سر آن‌ها در بتن قرار دارد مجاز نیست مگر آن که در طرح مشخص شده باشد یا دستگاه نظارت اجازه دهد.

ــ برای خم کردن میل‌گردهای به قطر ۳۶ میلی‌متر به بالا و با زاویه‌ی بیش از ۹۰ درجه، به روش‌های خاصی نیاز است.

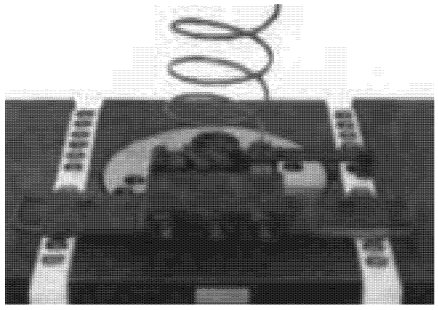
با استفاده از دستگاه میل‌گرد خم کن برقی می‌توان انواع خاموت‌ها را به صورت دسته‌ای با سرعت و دقت کافی خم کرد (شکل‌های ۶۶ ــ۲ ، ۶۷ ــ۲ و ۶۸ ــ۲).



شکل ۶۶ ــ۲ــ دستگاه خاموت خم‌کن برقی



شکل ۶۷ ــ۲ــ دستگاه خاموت خم‌کن برقی



شکل ۶۸ ــ۲ــ دستگاه خاموت خم‌کن برقی (مارپیچی)

۲۲ــ۲ــ نکات لازم برای خم کردن میل‌گردها، با استفاده از آچار F و صفحه‌ی خم‌کن

چون صفحات خم‌کن و آچارهای F در شکل‌ها و انواع مختلف وجود دارند و نیز وضعیت و شرایط جسمی و قدرت بدنی فرد یا افراد خم‌کننده‌ی میل‌گرد مختلف است، بنابراین چگونگی ساخت میل‌گرد (خم کردن میل‌گرد)، از نظر محلّ قرارگیری آن بین خارِ خم‌کن و خارِ تکیه‌گاهی و فاصله‌ی محل قرارگیری آچار F از خارِ خم‌کن، همیشه به یک شیوه انجام نمی‌گیرد. معمولاً استادکاران با توجه به تجربیات خود، فواصل لازم را برای به‌وجود آوردن خم‌های موردنظر از طریق آزمون و خطا به دست می‌آورند. در این جا، برای آشنایی هنرجویان با روش خم کردن میل‌گرد، به‌تشریح آن می‌پردازیم :

۱ــ با در نظر گرفتن قطر میل‌گرد و حدّاقل قطر قوس خم موردنظر، صفحه و آچار F مناسب انتخاب می‌شود.

۲ــ محلّ نقطه‌ی عطف خم، با توجه به طول لازم و نوع خم (۹۰، ۱۳۵، ۱۸۰ یا ...)، بر روی میل‌گرد علامت‌گذاری می‌شود (شکل ۶۹ــ۲ ــ الف).

۳ــ چون میل‌گردها در هنگام خم شدن با صفحات مختلف

فصل چهارم

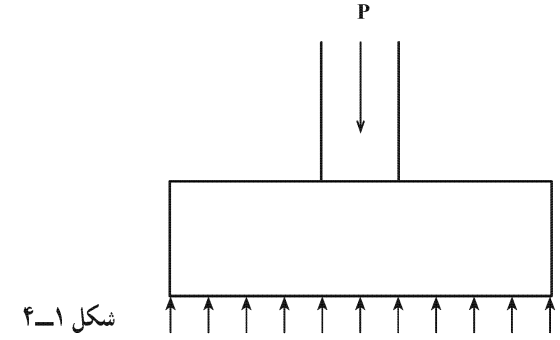
پی‌های منفرد بتنی

هدف‌های رفتاری: در پایان این فصل، هنرجو باید بتواند :
۱ــ پی را تعریف کند و نحوه‌ی آرماتورگذاری در آن را بشناسد.
۲ــ مصالح قالب‌بندی پی منفرد بتنی را توضیح دهد.
۳ــ قالب‌بندی و آرماتورگذاری پی منفرد بدون شناژ را اجرا کند.
۴ــ قالب‌بندی و آرماتورگذاری دوپی منفرد و شناژ رابط را انجام دهد.

۴ــ پی منفرد بتنی

۱ــ۴ــ تعریف پی

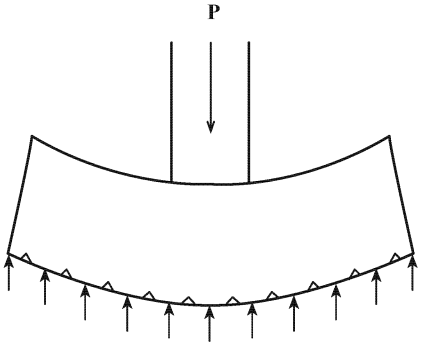
مجموعه‌ی بخش‌هایی از سازه و خاک در تماس با آن، که انتقال باربین سازه و زمین از طریق آن صورت می‌پذیرد «پی» نام دارد. پی به شکل‌های گوناگون ساخته می‌شود. در این کتاب دو نمونه از پی‌های سطحی منفرد بتنی را تشریح می‌کنیم و هنرجویان آن‌ها را اجرا می‌کنند.



شکل ۱ــ۴

۲ــ۴ــ آرماتورگذاری پی‌های منفرد سطحی

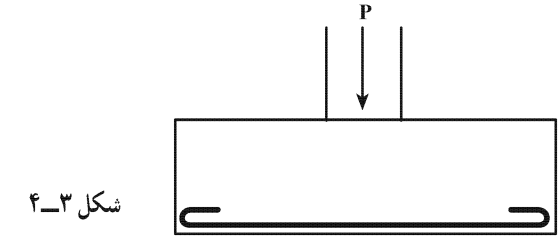
همان‌گونه که در شکل ۱ــ۴ دیده می‌شود، پی منفرد، بار متمرکز دریافتی از ستون را به‌صورت گسترده به زمین منتقل می‌کند ؛ و این موضوع باعث می‌شود در قسمت‌های پایینی پی، مطابق شکل ۲ــ۴، کشیدگی ایجاد شود.



شکل ۲ــ۴

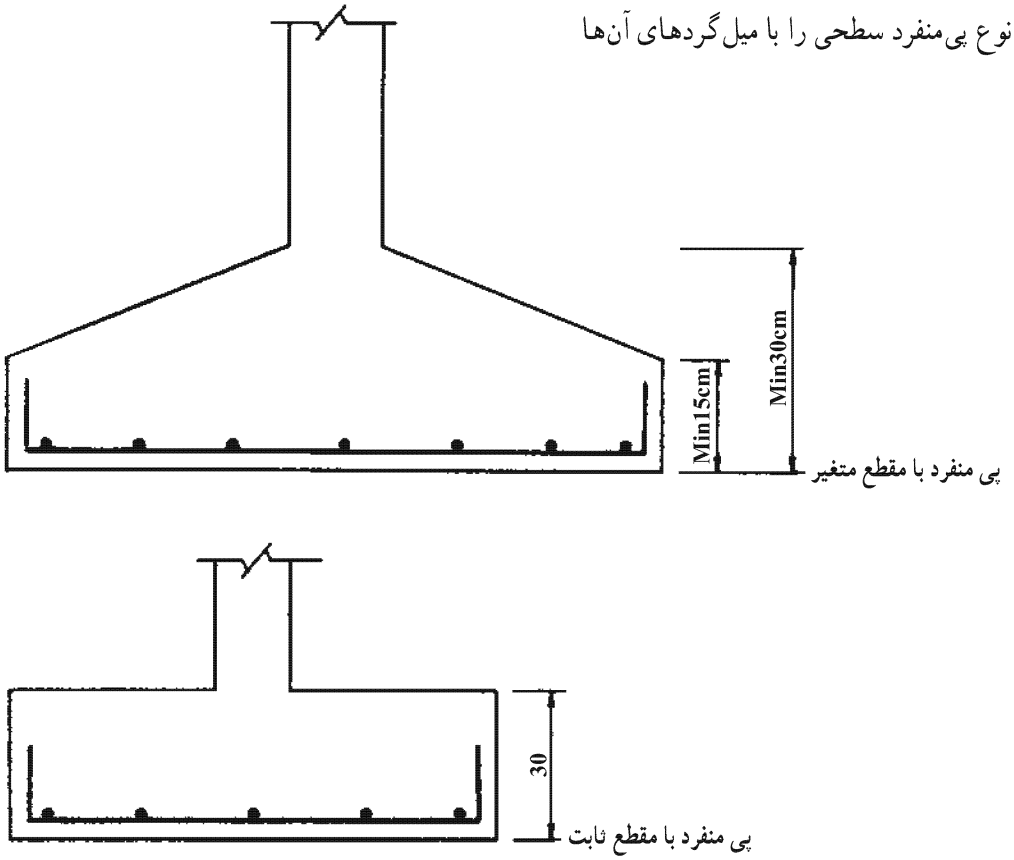
در سازه‌های بتن فولادی، وظیفه‌ی تحمل کشش به عهده‌ی میل‌گردهای فولادی است، پس لازم است در قسمت‌های پایین‌پی، که کشش در آن ناحیه ایجاد می‌شود، میل‌گرد فولادی قرار دهیم که یک نمونه‌ی ساده‌ی آن در شکل ۳ــ۴ نشان داده شده است.

با توجه به این که کشیدگی در هر دوجهت پی‌منفرد به‌وجود می‌آید، لازم است آرماتورهای مربوط در دو جهت قرار گیرند.



شکل ۳ــ۴

در شکل ۴ــ۴ دو نوع پی‌منفرد سطحی را با میل‌گردهای آن‌ها می‌بینید.



شکل ۴ــ۴

قطر و فاصله‌ی این آرماتورها از یکدیگر با محاسبات فنی تعیین می‌شود و در صورت لزوم، حداقل‌های آیین‌نامه‌ای، تعیین‌کننده قطر و فاصله‌ی آن‌ها می‌باشد.

۳ــ۴ــ قالب‌بندی پی منفرد بتنی

مصالح قالب‌بندی برای پی بتنی به شرح زیر است:

۱ــ قالب آجری: در ساختمان‌های کوچک که فقط پی‌ها باید قالب بندی شوند و امکان دست‌رسی ارزان و اقتصادی به‌مصالح قالب‌بندی نظیر چوب و فلز وجود ندارد، از دیوارهای آجری به‌عنوان قالب پی استفاده می‌شود. این دیوارها معمولاً با ملات گل چیده می‌شوند و روی آن‌ها را با ورقه‌های پلاستیکی می‌پوشانند تا مانع خروج شیره‌ی بتن و در نتیجه ضعف پی شود. به‌جای استفاده از ورقه‌های پلاستیکی، نیز می‌توان روی آجرها را اندود ماسه سیمان کرد و پس از بتن‌ریزی داخل قالب آجری، امکان برچیدن دیوار و استفاده از آجرها وجود دارد.

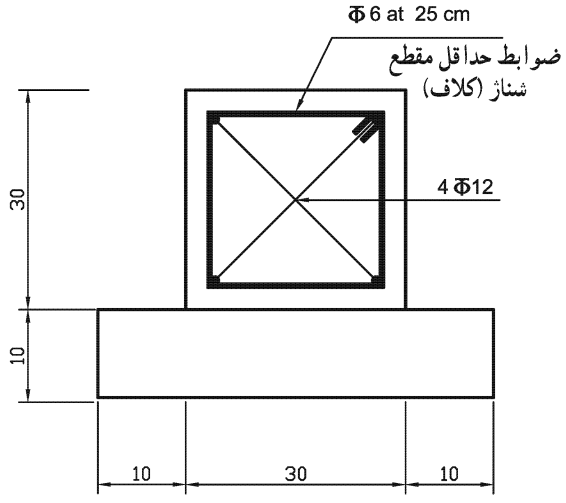
۲ــ قالب‌های چوبی: از این قالب‌ها می‌توان در دفعات محدود استفاده کرد که قابل توجیه نیز باشد.

۳ــ قالب‌های فلزی: در صورتی که بخواهیم بدنه‌ی قالب و قطعات آن را در دفعات متعدد مورد استفاده قرار دهیم، استفاده از قالب‌های پیش‌ساخته‌ی فلزی از قالب‌های آجری و چوبی، اقتصادی‌تر است.

۴ــ در بعضی مواقع که امکان خاک‌برداری به اندازه‌ی کافی، برای قالب‌بندی وجود نداشته باشد (مانند پی‌های مجاور ساختمان همسایه که امکان خاک‌برداری در زیر ساختمان همسایه وجود ندارد) خاک‌برداری پی به‌صورت کاملاً عمودی (در کنار زمین همسایه) انجام می‌گیرد؛ در واقع فرم قالب با خود خاک ایجاد شده و فقط برای جلوگیری از هدر رفتن شیره‌ی بتن، جداره‌ی خاک‌برداری با ورقه‌های پلاستیکی پوشانده می‌شود.

۶ــ۴ــ شناژ رابط پی‌های منفرد

برای جلوگیری از حرکت افقی پی‌های منفرد، در محل‌هایی که امکان داشته باشد، آن‌ها را به‌وسیله‌ی شناژهای رابط به یکدیگر وصل می‌کنند. ابعاد شناژها با استفاده از محاسبات فنی طراحی می‌شود، به‌نحوی که بتواند حداقل معادل ۱۰٪ بار ستون‌های طرفین خود را به‌صورت کششی و فشاری تحمل کند که درهر حال، سطح مقطع شناژ نباید از ۳۰ . ۳۰ سانتی‌متر کم‌تر باشد. آرماتورهای طولی شناژها حداقل ۴ میل گرد به قطر ۱۲ میلی‌متر است که دو عدد در پایین و دو عدد در بالا توسط خاموت‌هایی به‌قطر ۶ میلی‌متر به فاصله‌ی حداکثر ۲۵ سانتی‌متر نگه‌داری می‌شوند (شکل ۱۳ــ۴). میل‌گردهای طولی شناژها باید در پی‌های میانی ممتد باشند و در پی‌های کناری از محازات بر ستون مهار شوند.



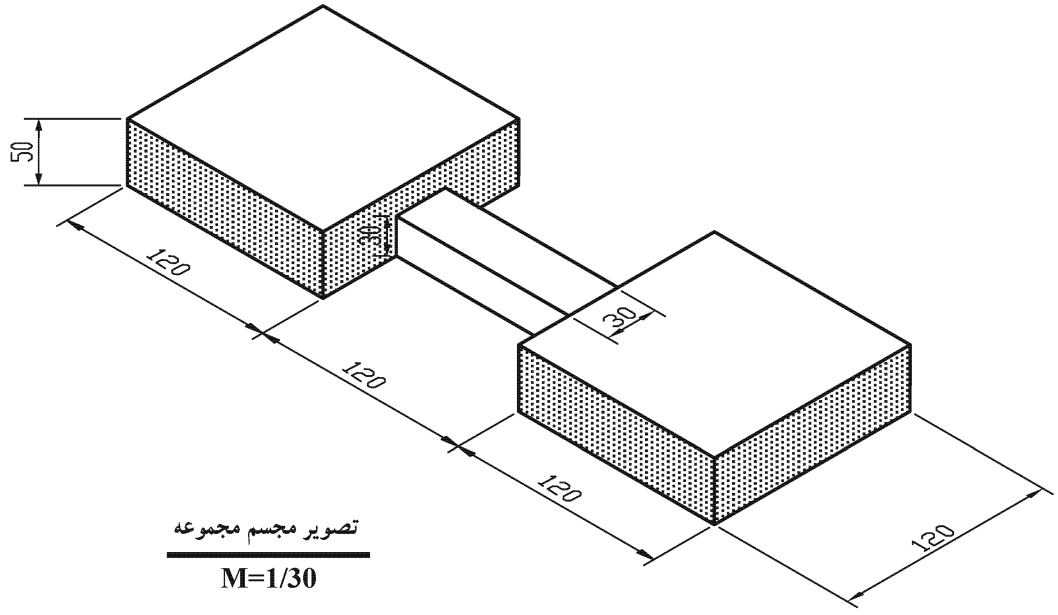
شکل ۱۳ــ۴

تمرین ۱۱

۷ــ۴ــ قالب‌بندی و آرماتوربندی مجموعه‌ی ۲ پی منفرد بتنی و شناژ رابط

شکل ۱۴ــ۴ تصویر مجسم پی‌های بتنی و شناژ رابط این تمرین را نشان می‌دهد.

شکل‌های ۱۵ــ۴ و ۱۶ــ۴ پلان و برش پی‌های منفرد و شناژ رابط بتنی تمرین ۱۱ را نشان می‌دهد. در شکل ۱۷ــ۴ میل‌گردهای این تمرین را ملاحظه می‌نمایید.



شکل ۱۴ــ۴

فصل پنجم

ستون‌های بتن آرمه

هدف‌های رفتاری: در پایان این فصل، هنرجو باید بتواند :

۱ــ ستون و ستون بتنی را تعریف کند.

۲ــ دلیل استفاده از میل‌گرد را در ستون بیان کند.

۳ــ قالب‌بندی ستون بتنی را اجرا کند.

۴ــ آرماتورگذاری در ستون‌های با مقاطع مختلف را انجام دهد.

۵ــ ستون‌های بتن آرمه

۱ــ۵ــ تعریف ستون

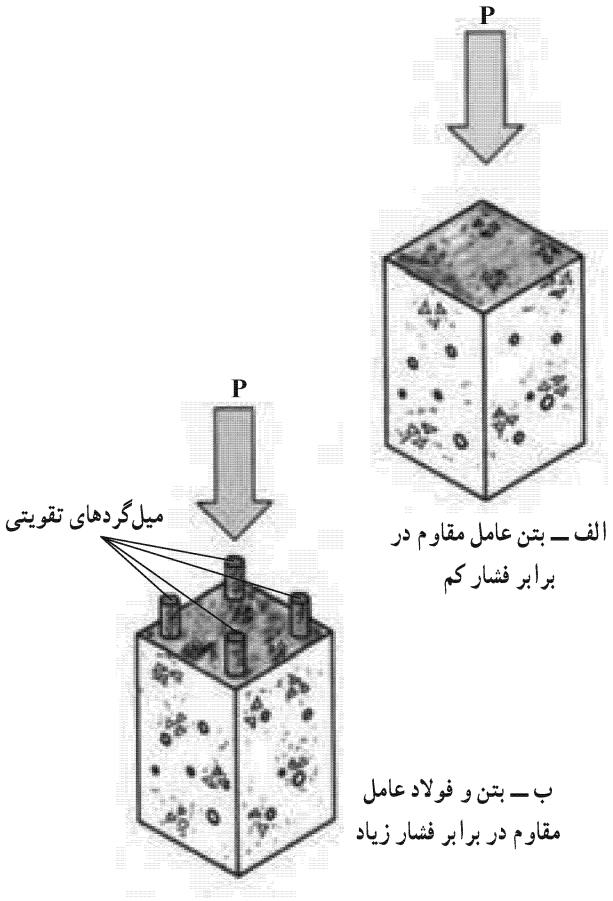
ستون عضوی عمودی است که بارهای تیرها و کف‌ها را به‌پی منتقل می‌کند و عضو فشاری محسوب می‌شود. چون بتن از مقاومت فشاری بالایی برخوردار است می‌توان نتیجه گرفت که اگر تنش ناشی از بارگذاری، از حد مقاومت فشاری بتن تجاوز نکند، لزومی به آرماتوربندی ستون نخواهد بود (شکل ۱ــ۵ــ الف) که در این صورت باید شرایط زیر برقرار باشد :

۱ــ بار محوری باشد ؛

۲ــ ستون کوتاه باشد ؛

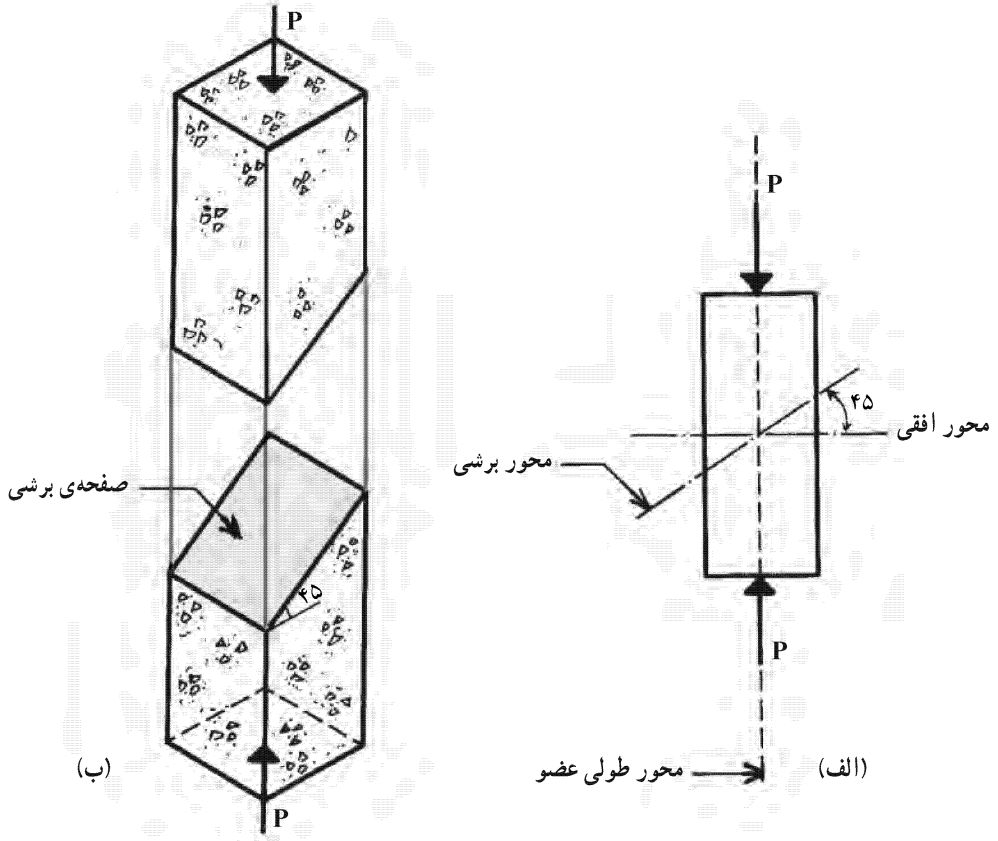
۳ــ سطح مقطع ستون وسیع باشد.

از آن‌جایی که این شرایط به ندرت در ساختمان‌های اسکلتی حاصل می‌شود و عدم تأمین آن‌ها باعث به‌وجود آمدن کمانش در عضو می‌شود، برای ایجاد مقاومت لازم این عضو در برابر نیروهای به‌وجود آمده از کمانش و یا حتی فشارهای مازاد بر تحمل بتن، به میل‌گردهای طولی احتیاج خواهد بود (شکل۱ــ۵ــ ب). برای این که از کمانش آرماتورهای طولی جلوگیری شود، از خاموت‌های فولادی، با فواصل مشخص در طول ستون، استفاده می‌شود که قطر آن‌ها حداقل ۶ میلی‌متر است. وظیفه‌ی دیگر



شکل ۱ــ۵

خاموت یا تنگ در ستون، مقابله با خطرات ناشی از برش‌هایی است نظیر آن‌چه که در شکل ۲ــ۵ــب ملاحظه می‌کنید. مقاطع ستون‌ها، بسته به هندسه‌ی سازه و معماری آن، ممکن است مربع، مستطیل، دایره، چندضلعی و ... باشد.

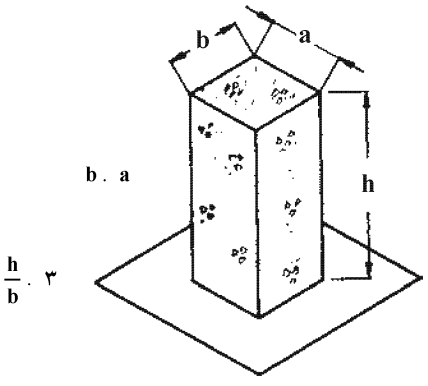


شکل ۲ــ۵

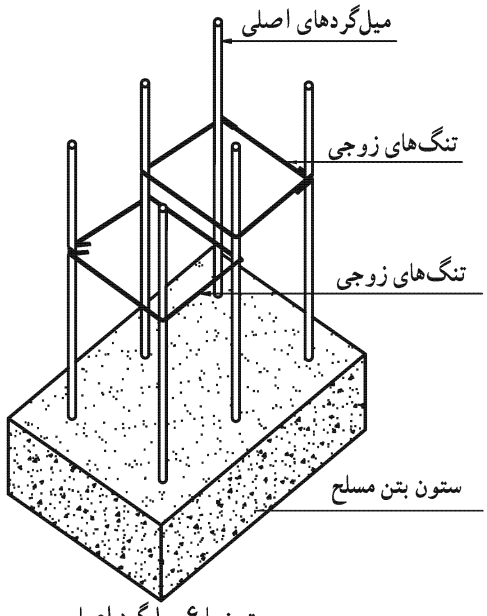
ستون: ستون عضوی است که نسبت ارتفاع به حداقل بعد جانبی آن برابر با ۳ یا بیش‌تر از ۳ باشد و اساساً برای تحمل بار محوری فشاری استفاده شود.

پایه (Pedestal) : پایه به عضو فشاری قائم با نسبت ارتفاع مهار نشده (آزاد) به حداقل بُعد جانبی کم‌تر از ۳ اطلاق می‌شود.

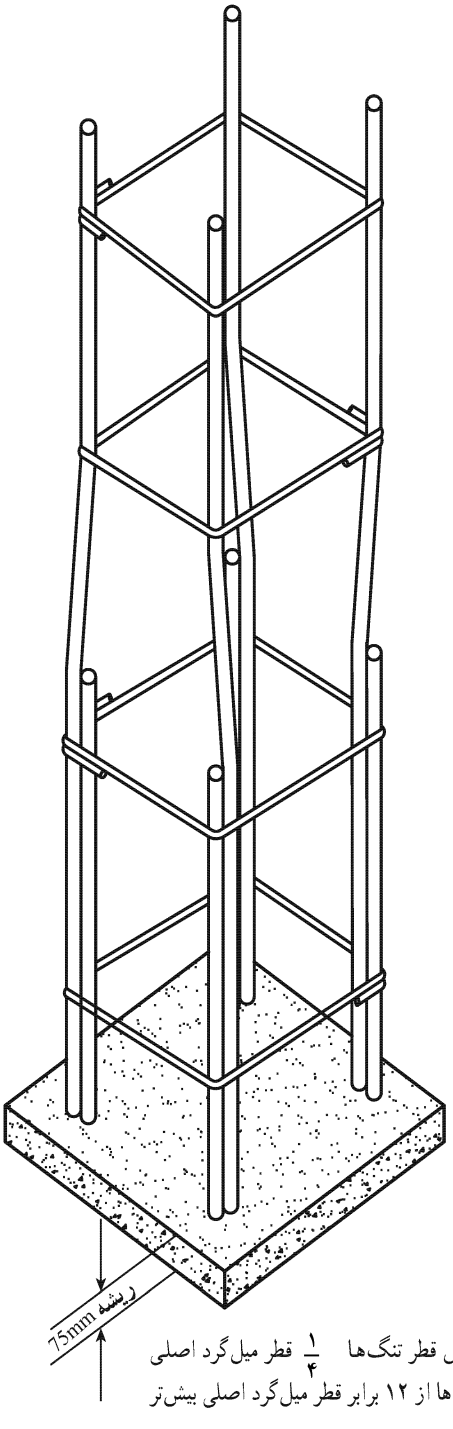
آرماتورگذاری ستون‌ها با توجه به محاسبات فنی طرح و تعیین می‌گردد. بعضی اوقات که مقادیر به‌دست آمده از طریق محاسبه از حداقل کدهای آیین‌نامه پایین‌تر باشد، دستورالعمل‌های آیین‌نامه ملاک عمل قرار می‌گیرد. در شکل ۴ــ۵، بعضی از کدهای آیین‌نامه‌ای و مقاطع ستون‌های مختلف وچگونگی آرماتورگذاری آن‌ها نمایش داده شده است.



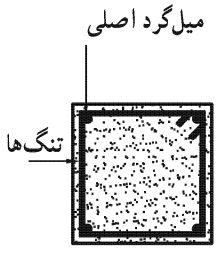
شکل ۳ــ۵



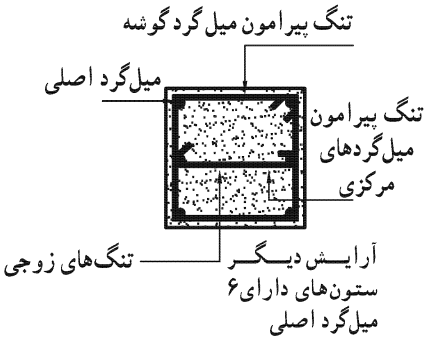
ستون با ۶ میل‌گرد اصلی

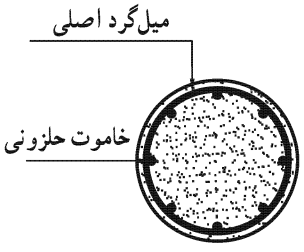


توجه: حداقل قطر تنگ‌ها $\frac{1}{4}$ قطر میل‌گرد اصلی فواصل تنگ‌ها از ۱۲ برابر قطر میل‌گرد اصلی بیش‌تر نیست.

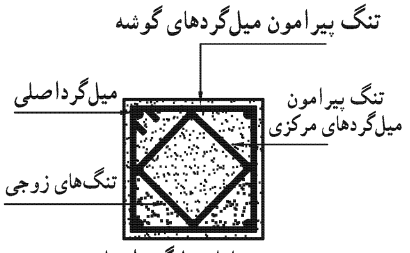


ستون با ۴ میل‌گرد اصلی

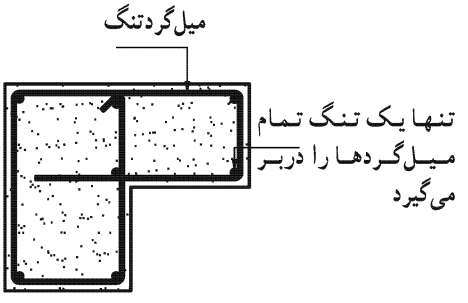




ستون مدور



ستون با ۸ میل‌گرد اصلی



ستون L شکل با ۷ میل‌گرد اصلی

شکل ۴ــ۵

۲ــ۵ــ خصوصیات قالب ستون‌ها

۱ــ ارتفاع زیاد نسبت به ابعاد مقطع و در نتیجه احتیاج داشتن به مهاری‌های مناسب.

۲ــ سطح کوچک که موجب پرشدن سریع قالب از بتن می‌شود و به تبع آن ایجاد فشار زیاد در پای قالب ستون خواهدشد.

۳ــ هم‌محور بودن ستون‌ها، که در مرحله‌ی ساخت قالب مستلزم کنترل دقیق آن‌هاست.

۴ــ به دلیل ارتفاع زیاد مشکلاتی در مرحله‌ی ساخت ستون وجود دارد که عبارت‌اند از :

الف ــ ارتفاع زیاد بتن‌ریزی ؛

ب ــ عدم دسترسی به ته قالب ؛

ج ــ مشکلات نگه‌داری قالب و شاغولی بودن آن ؛

د ــ تمایل به پیچش.

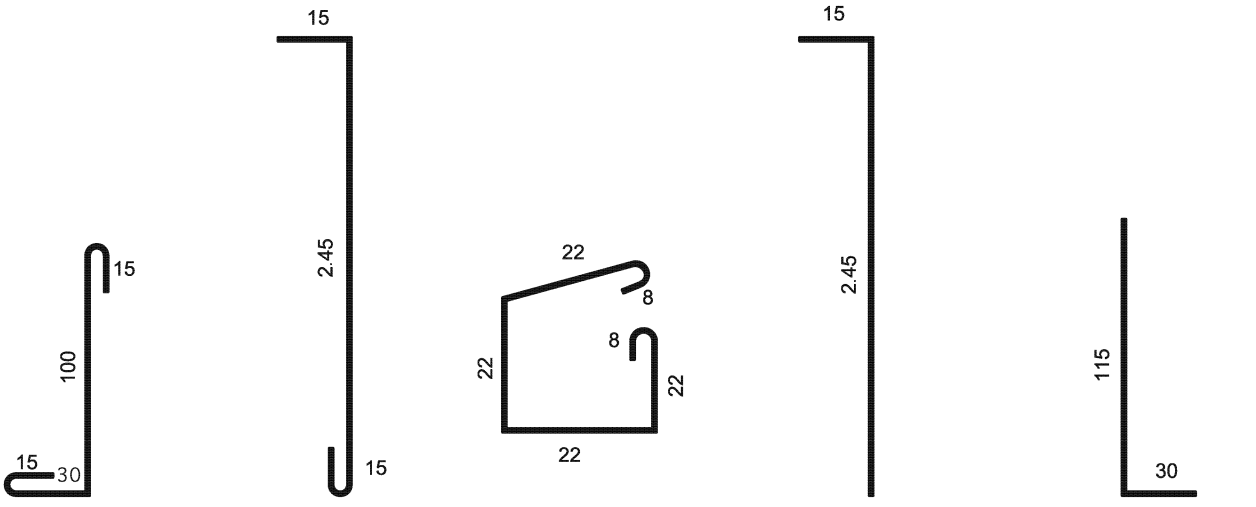
تمرین ۱۲

۳ــ۵ــ اجرای ستون بتن آرمه با سطح مقطع مربع

هنرآموزان محترم! با عنایت به این که در تمرین‌های ۱۲، ۱۳، ۱۴ و ۱۵ اجرای ۴ نوع ستون بتن آرمه پیش‌بینی شده است، برای کارآیی بیش‌تر و بهره‌وری بهتر از امکانات موجود کارگاه، پیشنهاد می‌شود هنرجویان را به تعداد گروه‌های زوج تقسیم کنید و هر دو گروه، در هر جلسه‌ی کارگاهی، مأموریت اجرای یکی از ستون‌ها را به‌عهده بگیرد ؛ به‌نحوی که گروه الف در هفته‌ی اول مسئول ساخت و مونتاژ آرماتور ستون و گروه ب مسئول ساخت و مونتاژ قالب ستون باشد و در جلسه‌ی بعد و تمرین بعدی، مأموریت این‌دو گروه عکس جلسه‌ی قبل باشد. بدین ترتیب، در اجرای ۴ ستون موردنظر، هر گروه دو نوع ستون را آرماتوربندی و دو نوع ستون دیگر را قالب‌بندی کنند.

۱ــ۳ــ۵ــ مراحل ساخت:

۱ــ پزیسیون‌های ۱، ۲ و ۳ را مطابق شکل ۵ــ۵ بسازید.



شکل ۵ــ۵

قالب‌های فلزی

هدف‌های رفتاری: در پایان این فصل، هنرجو باید بتواند :

۱ــ قالب‌های فلزی را تعریف نموده و علت استفاده‌ی از آن‌را بیان کند.

۲ــ انواع قالب‌های فلزی را بشناسد.

۳ــ قطعات قالب‌های فلزی را بشناسد.

۴ــ داربست‌های مدولار را بشناسد و نام قطعات تشکیل‌دهنده‌ی آن‌را بداند.

۵ــ قطعات قالب‌های فلزی را بشناسد و چگونگی استفاده‌ی از آن‌ها را بداند.

۷ــ قالب‌های فلزی

در کارهای بتنی، هرگونه عملیات بتن‌ریزی مستلزم قالب‌بندی و آرماتورگذاری است. از این جهت، واحد اجرایی به ناچار باید یک نوع قالب متداول و موجود در بازار را انتخاب کند.

هزینه‌های قالب‌بندی برای انواع مختلف ساختمان‌ها حدوداً ۳۰ تا ۷۰ درصد کل هزینه‌ی اجرای بتن را شامل می‌شود. برای صرف چنین هزینه‌ای قطعاً به نیروی ماهر و برنامه‌ریز نیاز است تا با برنامه‌ریزی درست و اجرای مناسب، هزینه‌ها به حداقل ممکن برسد. در بتن‌ریزی‌های با حجم محدود که معمولاً قالب‌ها برای دفعات مکرر بعدی مورد نیاز نیستند، استفاده از قالب‌های چوبی مناسب و توجیه‌پذیر است. در کارگاه‌های بزرگ بتنی چون بایستی از قالب‌های مشابه (تیپ ــ مدولار) به‌طور مکرر و به دفعات استفاده شود، استفاده از قالب‌های چوبی، با توجه به محدودیت‌های نسبی چوب نظیر مقاومت کم در برابر نیروهای وارده، وجود خطر آتش‌سوزی، امکان تغییر شکل در اثر جذب رطوبت‌های محیطی و... مقرون به‌صرفه نیست و بهتر است از قالب‌های «مدولار فلزی»، استفاده شود.

مزایای نسبی این نوع قالب‌ها به شرح ذیل است :

۱ــ عمر طولانی ؛

۲ــ سرعت عمل در برپایی و جمع‌کردن قالب‌ها ؛

۳ــ به‌وجودآوردن سطحی صاف برای بتن ریخته‌شده در قالب ؛

۴ــ ایمنی کافی، هم از جهت مقاومت در برابر نیروها و هم از نظر بروز آتش‌سوزی ؛

۵ــ کاهش عملیات اجرایی به دلیل پیش‌ساخته‌بودن قطعات ؛

۶ــ امکان تغییردادن سریع ظرفیت و مقاومت آن‌ها ؛

۷ــ تمیزنگه‌داشتن محیط کار نسبت به قالب‌های دیگر ؛

۸ــ داشتن مزیت اقتصادی بیش‌تر، به واسطه‌ی نداشتن وابستگی به واردات (۱۰۰٪ تولید داخل).

۱ــ۷ــ هدف‌های پیش‌ساختگی

در هر نوع پیش‌ساختگی، ضمن پرهیز از عجله و بی‌دقتی، باید با برنامه‌ریزی و درنظرگرفتن کامل نیازها و نگرش دقیق به محدودیت‌های احتمالی که در هنگام مصرف قطعات ممکن است با آن‌ها مواجه شویم، اقدام به طراحی فراگیر قطعات و اتصالات مربوط نموده به‌طوری که با استفاده از قطعات با ابعاد متنوع، امکان دسترسی هرچه بیش‌تر به اهداف مورد نظر فراهم شود.

۲ــ۷ــ انواع قالب‌های فلزی

الف ــ قالب‌های ثابت

ب ــ قالب‌های رونده (جابه‌جاشونده)

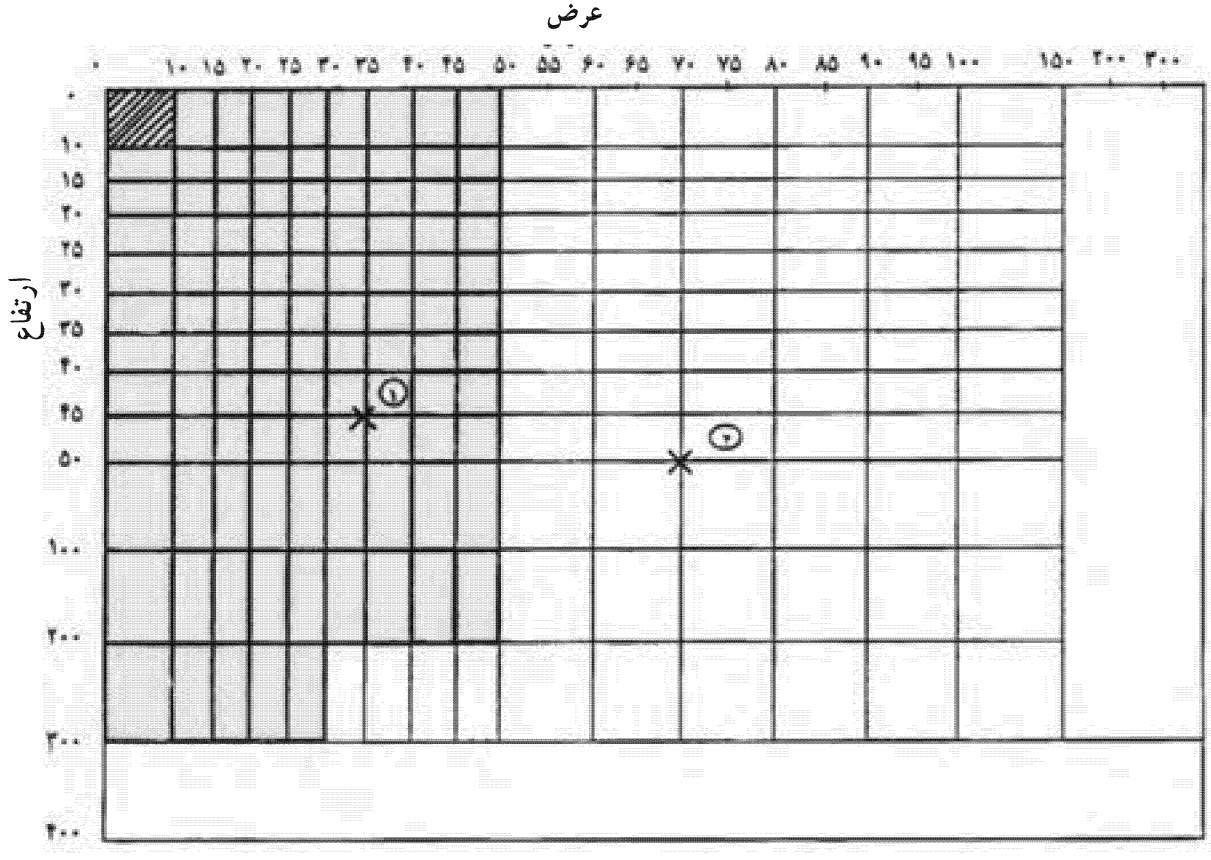
ج ــ قالب‌های لغزان

۳ــ۷ــ قالب‌های استاندارد فلزی

قالب‌های استاندارد فلزی، قالب‌هایی هستند که ابعاد آن‌ها، مضربی از ۵ باشد (مدول پایه‌ی قالب‌بندی در ایران ۱۰ سانتی‌متر است). قالب‌هایی با این شرایط، بدون نیاز به سفارش‌دادن، در بازار یافت می‌شود.

در جدول ۱ــ۷، محدوده‌ی رنگی، مشخص‌کننده‌ی ابعاد قالب‌های استاندارد فلزی تولیدشده است که در کارگاه‌های تولید قالب به‌آسانی یافت می‌شود. این محدوده به‌گونه‌ای انتخاب شده است که هرکدام از قالب‌های ساخته‌شده در آن را یک نفر می‌تواند به‌راحتی حمل کند. مجریان کارهای بتنی با استفاده از جدول ۱ــ۷ می‌توانند قالب‌های مورد نیاز خود را انتخاب و تهیه کنند. مثلاً بدنه‌ی قالبی به ابعاد ۴۵ . ۳۵ سانتی‌متر (نقطه‌ی ۱ در جدول ۱ــ۷)، قالبی است که در بازار موجود است و می‌توان آن را بدون نیاز به سفارش دادن تهیه کرد. اما اگر به قالبی با ابعاد خارج از محدوده‌ی رنگ‌شده نیاز باشد، مثلاً قالبی در ابعاد ۷۰ . ۵۰ سانتی‌متر (نقطه‌ی ۲)، چون این قالب در کارگاه‌های قالب‌سازی به‌صورت آماده موجود نیست می‌توان آن را از ترکیب چند قالبِ مدولارِ موجود تأمین کرد. به‌عنوان مثال، ۲ عدد قالب ۵۰ . ۳۵ یا یک عدد ۵۰ . ۲۰ به‌اضافه‌ی یک عدد ۵۰ . ۵۰، به‌اندازه‌ی یک بدنه‌ی قالب ۷۰ . ۵۰ سانتی‌متری است.

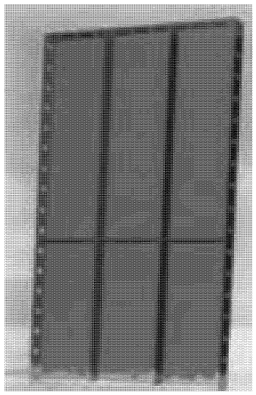
سطح این نوع قالب از ورق آهن سیاه به ضخامت ۳ میلی‌متر



جدول ۱ــ۷

است و به‌طوری که در شکل ۱ــ۷ دیده می‌شود، با توجه به میزان بارهای وارد بر آن، توسط تسمه‌هایی از ورق به ضخامت ۳ یا ۴ میلی‌متر تقویت می‌شود. تسمه‌های اطراف، دارای سوراخ‌هایی است که فاصله‌ی محور تا محور آن‌ها دقیقاً ۵ سانتی‌متر است و این امکان را فراهم می‌آورد که بتوان گیره‌های پشت قالب را در هر کجا نصب نمود.

شکل ۱ــ۷، یک بدنه‌ی قالب استاندارد را نشان می‌دهد.



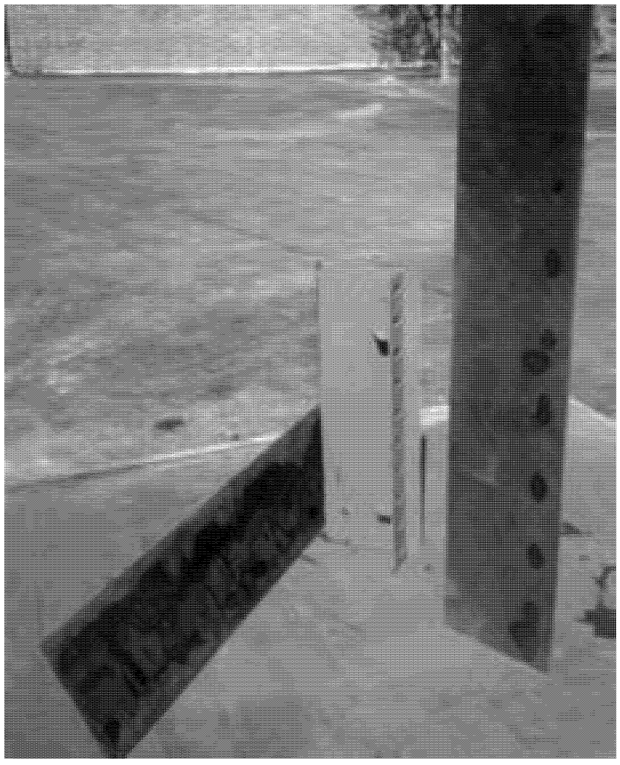
شکل ۱ــ۷

۴ــ۷ــ فیلر

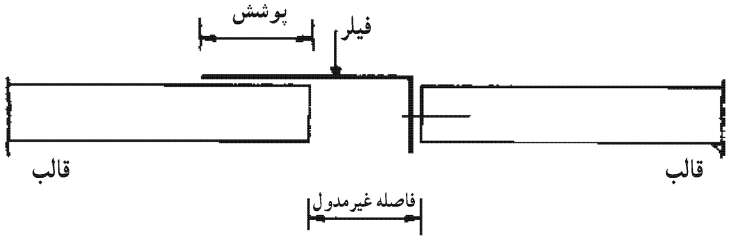
در مواقعی که هیچ ترکیبی از قالب‌های مدولار نتواند قالب‌بندی مورد نظر را پوشش دهد، از ترکیبی استفاده می‌شود که فاصله‌ی باقی‌مانده را به حداقل برساند. این فاصله همیشه کم‌تر از ۱۰ سانتی‌متر است. برای پوشش این فاصله، از قالب پرکننده‌ای به نام «فیلر» استفاده می‌شود (شکل ۲ــ۷). در هر مجموعه قالب پیش‌ساخته، تعدادی فیلر با طول‌های متفاوت برای رفع مشکلاتی از این‌گونه پیش‌بینی می‌شود.

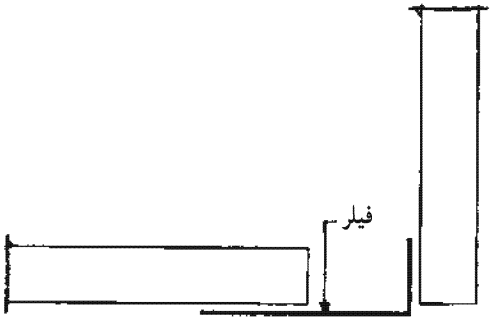
فیلر به‌گونه‌ای نصب می‌شود که در یک طرف حالت کشویی داشته باشد و بتوان آن را روی صفحه‌ی قالب حرکت داد طوری که فاصله‌های ۰/۵ تا ۱۰ سانتی‌متر را پوشش دهد.

شکل ۳ــ۷ چگونگی و نمونه‌ی محل استفاده از فیلر را نشان می‌دهد.



شکل ۲ــ۷





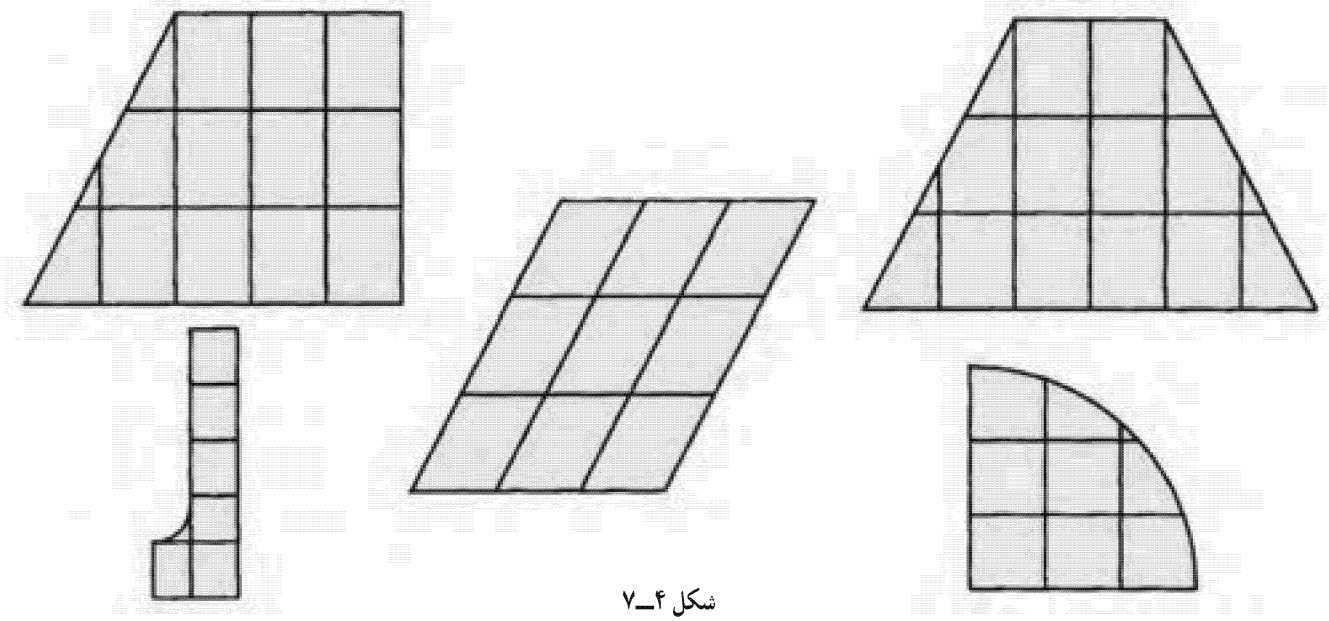
شکل ۳ــ۷

۵ــ۷ــ قالب‌های خاص

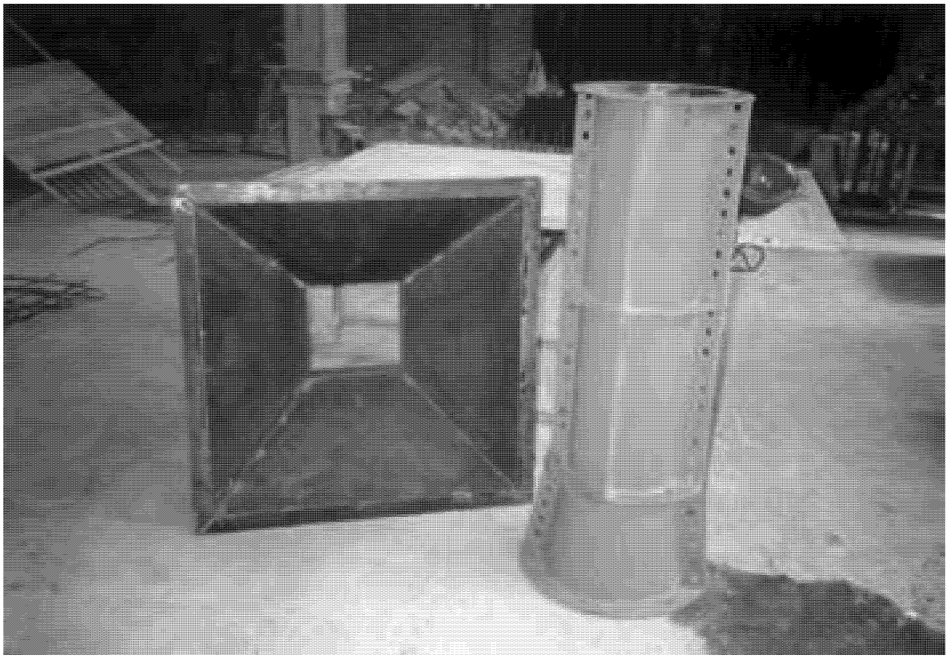
اگر با ترکیب قالب‌های استاندارد و فیلرها نتوان قالب سازه‌ای را به وجود آورد، در آن صورت باید از «قالب‌های خاص» استفاده شود. قالب‌های خاص به شکل‌های مثلث، ذوزنقه، متوازی‌الاضلاع، گرد، منحنی و ... هستند. برای تهیه‌ی این نوع قالب، باید آن‌ها را براساس اندازه‌های نقشه به کارخانه‌ی تولید قالب سفارش داد. در شکل‌های ۴ــ۷ و ۵ــ۷ چند نوع قالب خاص را می‌بینید.

۶ــ۷ــ بدنه‌ی قالب

در قالب‌بندی فلزی، بدنه‌ها گاهی از یک قطعه قالب و گاهی از اتصال چند قالب مدولار به یکدیگر تشکیل می‌شوند. در مواقعی که چند قطعه قالب تشکیل یک بدنه را می‌دهند، متصل کردن این قطعات به یکدیگر یا به‌وسیله‌ی پین‌های زوجی

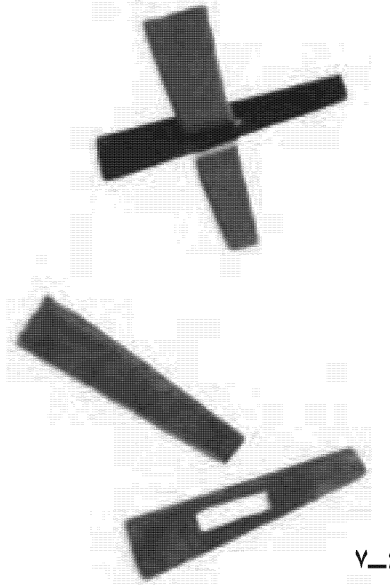


شکل ۴ــ۷



شکل ۵ــ۷ــ نمونه قالب خاص

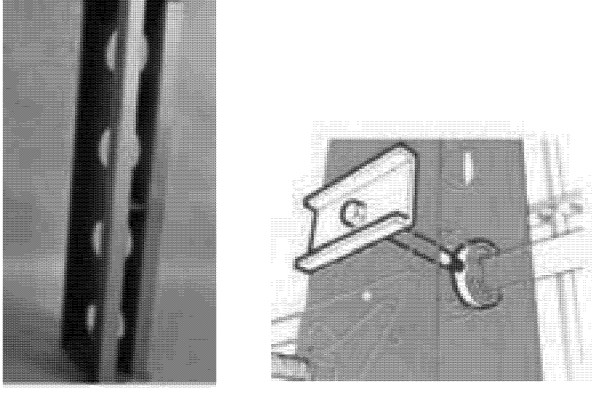
شیاردار که به شکل گوه است (شکل ۶ــ۷) و یا با پیچ و مهره انجام می‌گیرد.



شکل ۶ــ۷

البته، این اتصالات، قطعات را فقط به شکل مفصلی به یکدیگر وصل می‌کنند لذا بدنه‌ی قالب فاقد پایداری لازم به‌عنوان یک بدنه‌ی صاف قالب می‌باشد. برای ایجاد پایداری در قالب، از قطعاتی به نام پشت‌بند استفاده می‌شود. پشت‌بندها را می‌توان از انواع لوله، ناودانی و مقاطع فلزی قوی‌تری که برای این منظور ساخته شده‌اند انتخاب نمود.

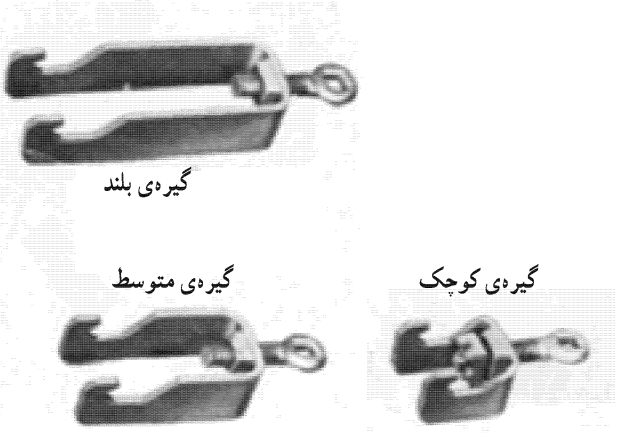
در شکل ۷ــ۷ چند نمونه از این پشت‌بندها را می‌بینید.



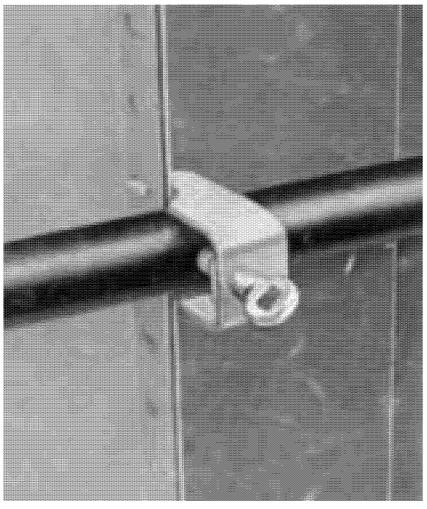
شکل ۷ــ۷

۷ــ۷ــ گیره

برای اتصال پشت‌بندها به بدنه‌ی قالب از گیره‌هایی مانند آنچه در شکل ۸ــ۷ نشان داده شده استفاده می‌شود. این گیره‌ها در انواع مختلف کوچک، متوسط و بلند در بازار وجود دارند.

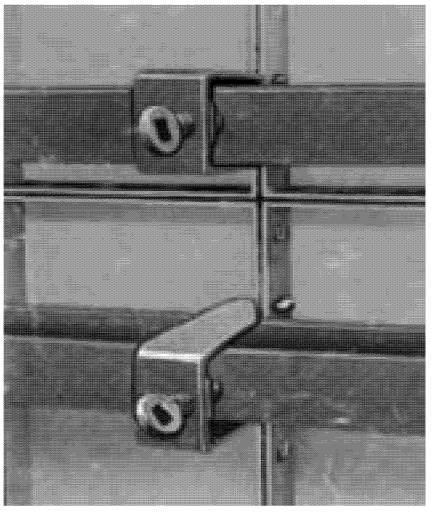


شکل ۸ ــ۷ــ چند نوع گیره برای اتصال پشت‌بند به بدنه‌ی قالب



شکل ۹ــ۷ــ اتصال پشت‌بند لوله‌ای توسط گیره‌ی متوسط به بدنه‌ی قالب

شکل ۱۰ــ۷ چگونگی اتصال بدنه‌ی قالب‌ها را به پشت‌بند ناودانی با گیره‌ی بلند نشان می‌دهد.

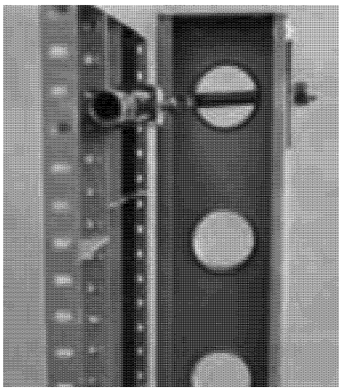


شکل ۱۰ــ۷ــ اتصال پشت‌بند ناودانی به بدنه‌ی قالب توسط گیره‌ی بلند

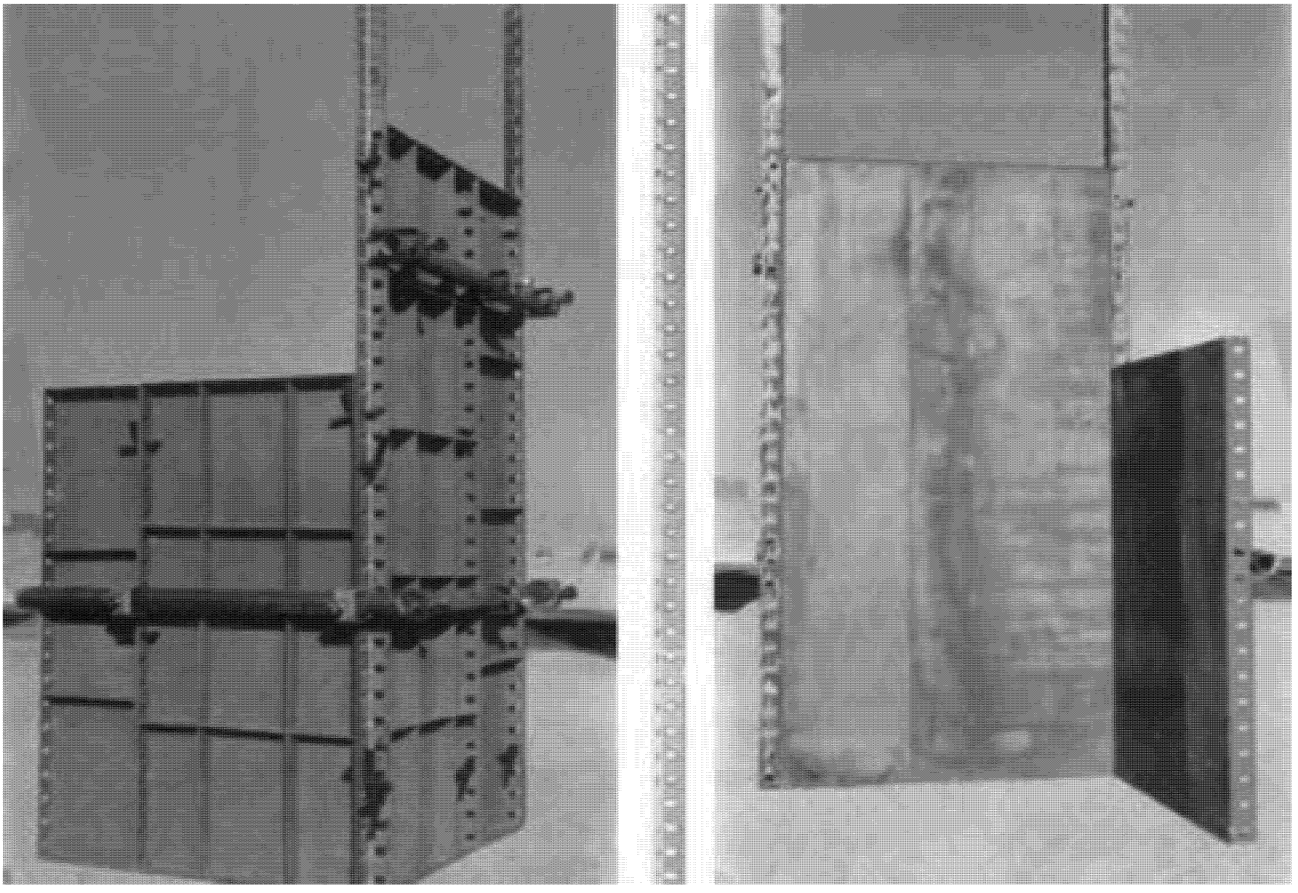
۸ــ۷ــ اتصال دو بدنه‌ی قالب عمود بر هم

اتصال بدنه‌ی قالب‌ها به یکدیگر با استفاده از نبشی‌های پانچ‌شده یا انواع قالب‌های کنج صورت می‌گیرد. در مواقعی که قرار باشد دو بدنه‌ی قالب مسطح عمود بر هم بدون قالب واسطه به یکدیگر وصل شوند، از نبشی پانچ‌شده استفاده می‌شود. این نبشی‌ها سوراخ‌هایی دارند که فاصله‌ی محور تا محور آن‌ها دقیقاً ۵ سانتی‌متر و مطابق سوراخ‌های تسمه‌های قالب می‌باشد.

در شکل ۱۲ــ۷ نبشی پانچ‌شده (گوشه) و اتصال دو بدنه‌ی



شکل ۱۱ــ۷ــ در این عکس یک قالب بدنه، لوله، گیره و پشت‌بند قوی را می‌بینید.



شکل ۱۲ــ۷

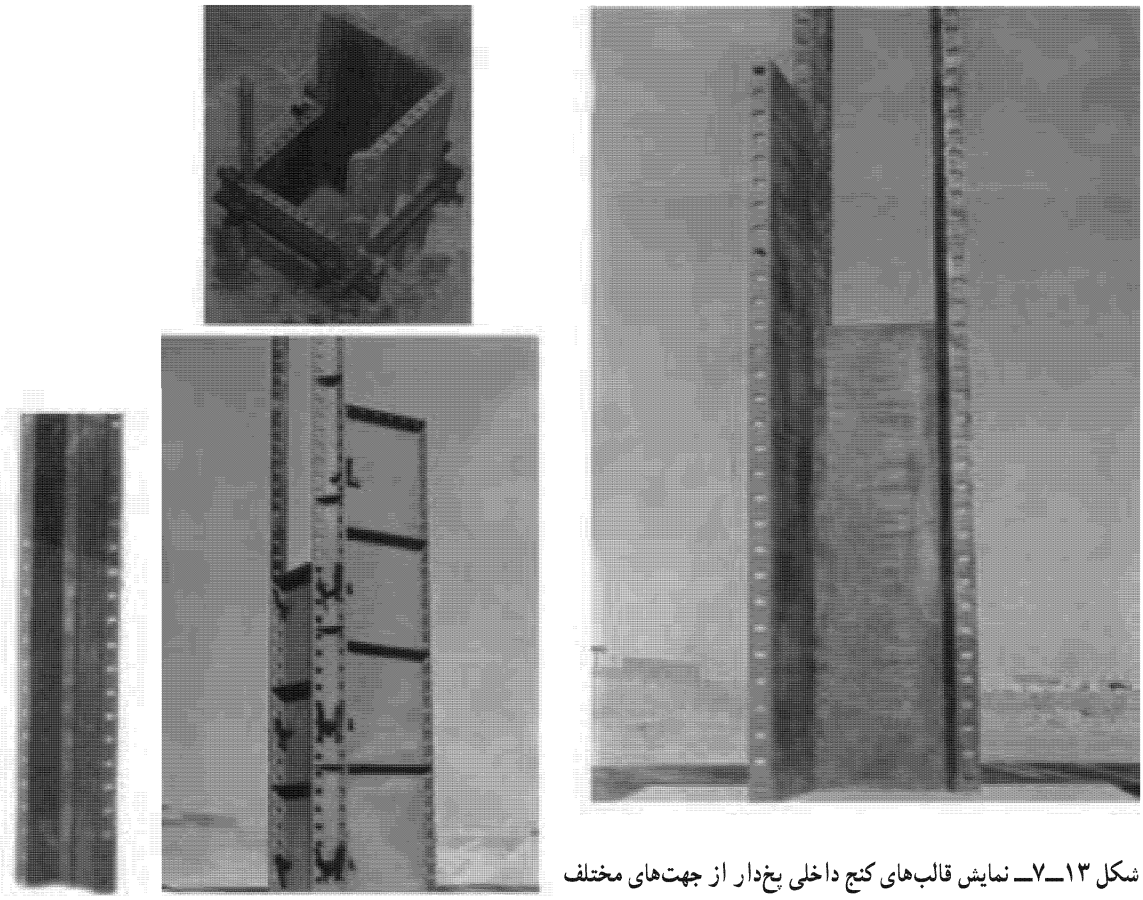
قالب عمود بر هم را به‌وسیله‌ی نبشی پانچ شده در دو دید (داخل و خارج قالب) مشاهده می‌کنید.

۹ــ۷ــ قالب واسطه‌ی کنج داخلی

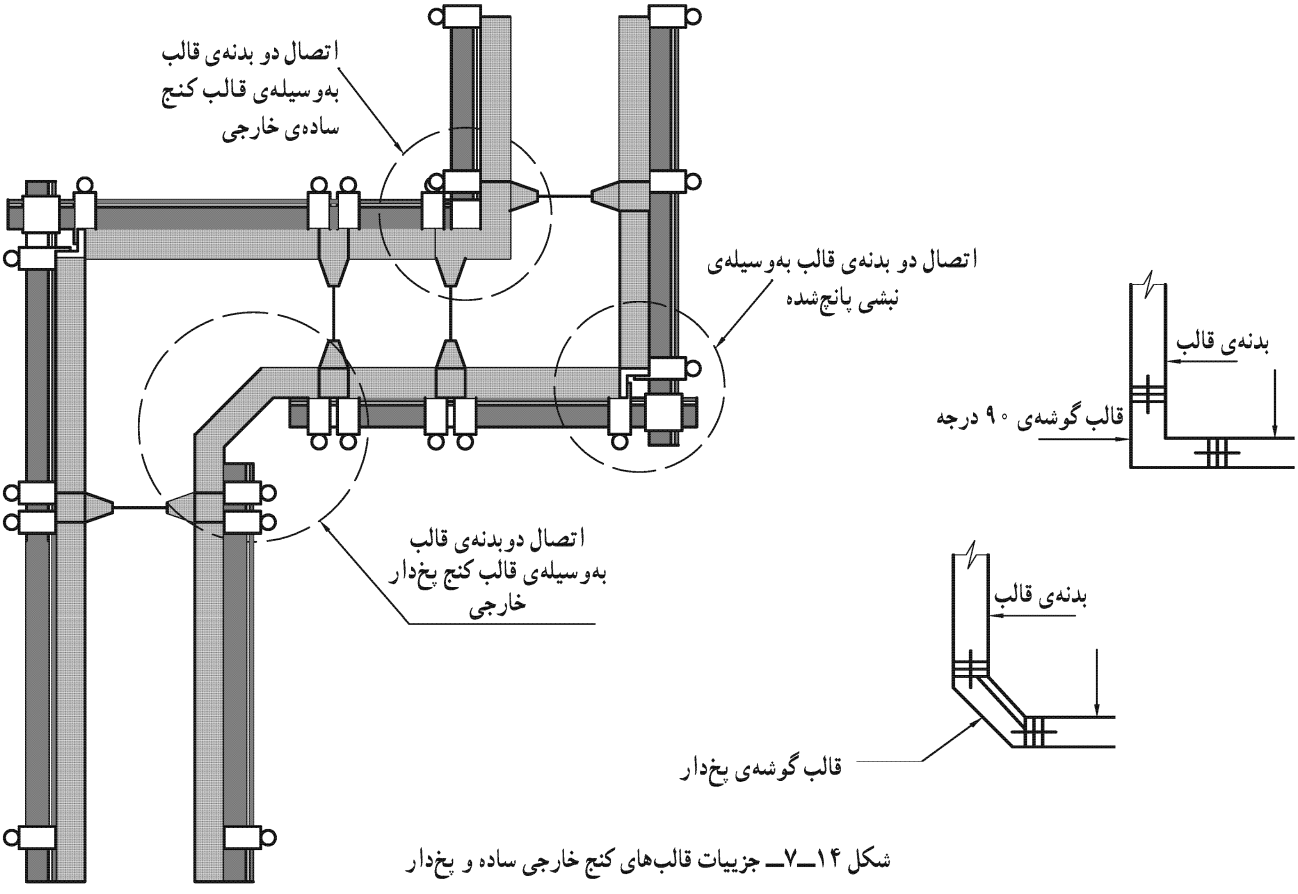
در بعضی مواقع بنا به طرح نقشه، دو صفحه‌ی قالب مسطح توسط قالب کنج ساده با زاویه‌ی ۹۰ درجه، یا کنج‌های داخلی پخ‌دار ۴۵ درجه، به یکدیگر وصل می‌شوند (شکل ۱۳ــ۷).

۱۰ــ۷ــ قالب واسطه‌ی کنج خارجی

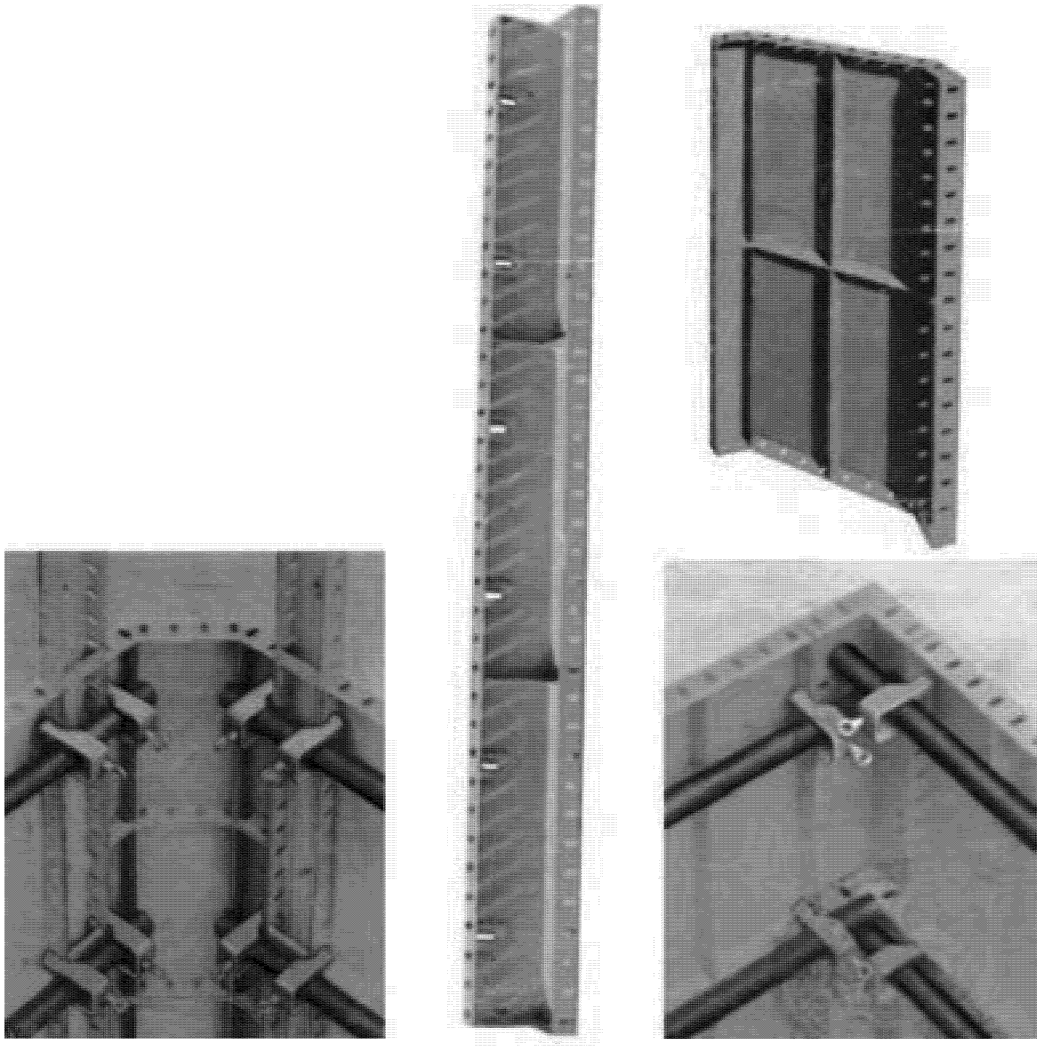
در بعضی مواقع، دو صفحه‌ی قالب سطح به وسیله‌ی قالب کنج ساده، با زاویه‌ی ۹۰ درجه یا کنج خارجی پخ‌دار تحت زاویه‌ی ۴۵ درجه به یکدیگر وصل می‌شوند (شکل ۱۴ــ۷).



شکل ۱۳ــ۷ــ نمایش قالب‌های کنج داخلی پخ‌دار از جهت‌های مختلف



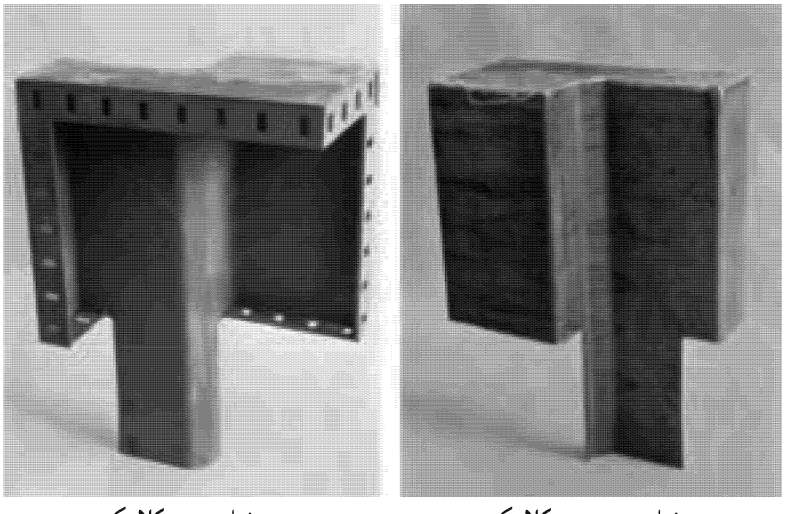
شکل ۱۴ــ۷ــ جزییات قالب‌های کنج خارجی ساده و پخ‌دار



شکل ۱۵ــ۷ــ نمایش قالب‌های کنج خارجی ساده و پخ‌دار

۱۱ــ۷ــ کلاهک

در محل‌هایی که سه صفحه قالب مسطح به‌صورت فضایی، در امتدادهای x-y-z، به هم وصل می‌شوند، از قالب کلاهک، متناسب با نوع کاری که اجرا می‌شود، استفاده می‌کنند. در شکل ۱۶ــ۷ یک قالب کلاهک را در دو نمای روبه‌رو و پشت می‌بینید.



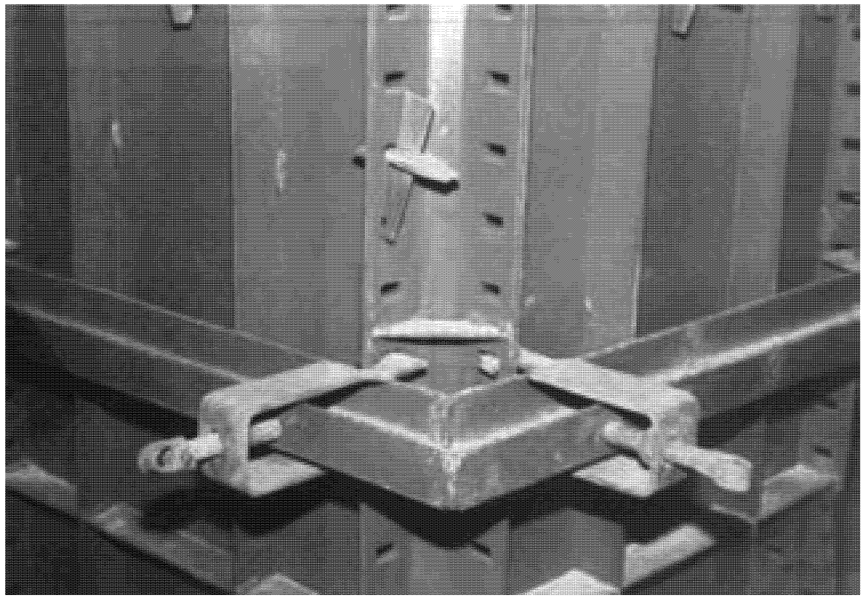
نمای روبه‌روی کلاهک　　نمای پشت کلاهک

شکل ۱۶ــ۷

۱۲ــ۷ــ قیدها

پس از آن که دو بدنه‌ی قالب قائم تحت زاویه‌ای به یکدیگر وصل شدند (توسط نبشی پانچ‌شده یا انواع قالب‌های کنج)، باز هم این

اتصال، از نظر ثبات زاویه، پایدار نیست. همان گونه که در صفحات مسطح، این پایداری به‌وسیله‌ی لوله‌ها، ناودانی‌ها یا پشت‌بندهای قوی تأمین می‌شود، در گوشه‌ها نیز باید به‌وسیله‌ی قیدهایی که از لوله یا ناودانی با زاویه‌ی مورد نظر و مشخص ساخته شده استفاده شود تا زاویه‌ی بین دو صفحه ثابت بماند. شکل ۱۷ــ۷ قید و نبشی پانچ شده و بدنه‌ی قالب را نشان می‌دهد.

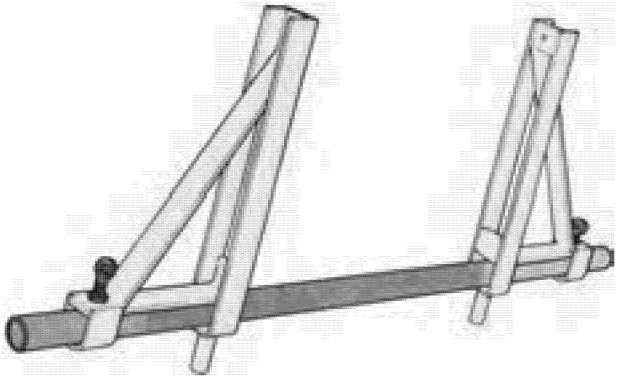


شکل ۱۷ــ۷

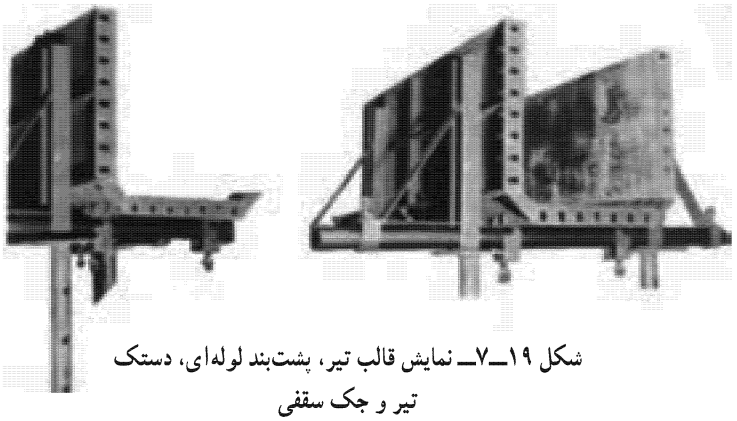
۱۳ــ۷ــ دستک تیر

برای قائم‌نگه‌داشتن قالب گونه‌ی تیرها و دال‌ها از دستک‌های تیر که در شکل ۱۸ــ۷ دیده می‌شود استفاده می‌کنند. این دستک‌ها روی لوله‌ی پشت‌بند کف قالب نصب می‌شود و با تنظیم و چسباندن عضو قائم آن به پشتِ بدنه‌ی قالبِ گونه و سفت کردن پیچ به لوله‌ی پشت‌بند کف قالب، باعث عدم حرکت افقی مجموعه‌ی قالب روی لوله خواهد شد.

در زیر هر دستک پایه‌ای قرار دارد. با قراردادن دستک‌ها در سوراخ‌های جک‌های سقفی، ثبات و پایداری آن‌ها در امتداد قائم فراهم می‌شود.



شکل ۱۸ــ۷ــ نمایش دستک تیر بر روی پشت بند لوله‌ای



شکل ۱۹ــ۷ــ نمایش قالب تیر، پشت‌بند لوله‌ای، دستک تیر و جک سقفی

۱۴ــ۷ــ جک فلزی

برای استقرار قالب کف تیرها و سقف‌ها، از جک‌های فلزی به‌عنوان شمع استفاده می‌شود. این جک‌ها به شکل‌ها و اندازه‌های گوناگون تولید می‌شوند که هرکدام مورد مصرف خاص دارند. یک نوع از آن‌ها از دو لوله‌ی فلزی تشکیل می‌شود. قطر خارجی لوله‌ی بالایی کمی کم‌تر از قطر داخلی لوله‌ی پایینی است، به‌طوری که لوله‌ی بالایی می‌تواند به راحتی و روانی در داخل لوله‌ی پایین حرکت کند. قطر این لوله‌ها با توجه به میزان بار وارده متغیر است. قطر لوله‌ی پایین یکی از متداول‌ترین جک‌ها ۵ سانتی‌متر است که قسمت فوقانی آن به طول ۲۰ سانتی‌متر رزوه (دنده) شده و در آن شکافی به طول حدود ۱۲ سانتی‌متر وجود دارد. بر روی این رزوه، طوقی بوشن مانند که دارای دستگیره‌ای است تعبیه شده است. در لوله‌های بالایی، سوراخ‌هایی ایجاد کرده‌اند که فاصله‌ی محور تا محور آن‌ها ۹ سانتی‌متر است. با استفاده از یک عدد پین و عبوردادن آن از شکاف لوله‌ی پایین و سوراخ لوله‌ی بالا، می‌توان لوله‌ی بالا را در ارتفاع مورد نظر نگه داشت. با پیچاندن طوق به دور لوله‌ی پایین، ارتفاع جک دقیقاً تنظیم می‌شود.

انواع جک فلزی

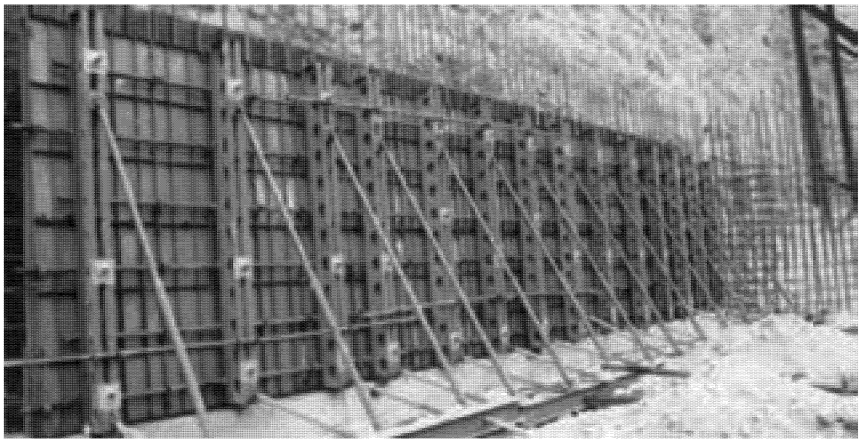
جک سقفی: از جک سقفی برای اجرای سقف‌ها و تیرهای افقی استفاده می‌شود. صفحه‌های بالایی و پایینی جک سقفی به‌صورت افقی و ثابت است (شکل ۲۰ــ ۷ ــ الف و ب).

جک مهاری: جک مهاری مانند جک سقفی است با این تفاوت که صفحات بالایی و پایینی آن قابلیت چرخش روی محور افقی را دارد. این جک به شکل مورب برای مهار قالب سطوح قائم به‌کار می‌رود (شکل ۲۰ــ۷ــ ج).

شکل ۲۰ــ۷

۱۵ــ۷ــ جک شاغول‌کننده

این جک از ترکیب دو جک کوتاه و بلند تشکیل شده است. جک کوتاه به‌طور افقی به قسمت پایین قالب قائم (ستون ــ دیوار) و جک بلند به‌صورت مورب به قسمت بالای قالب می‌چسبد. با استفاده از این جک، می‌توان بدنه‌های قالب را کاملاً در وضعیت قائم نگه داشت. شکل ۲۱ــ۷ مهارکردن قالب یک دیوار بتنی را با مجموعه‌ای از جک‌های شاغول کننده نشان می‌دهد.

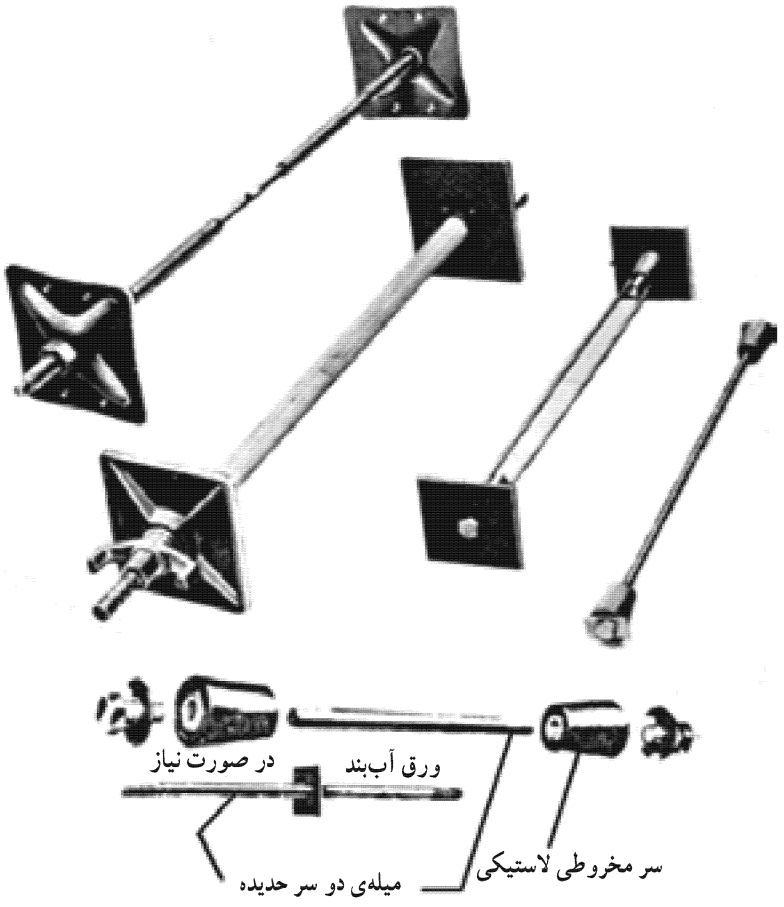


شکل ۲۱ــ۷ــ مهار قالب دیوار به‌وسیله‌ی جک‌های شاغول‌کننده

۱۶ــ۷ــ فاصله نگه‌دارها

مهار فشارهای جانبی وارد به بدنه‌ی قالب‌ها و ثابت نگه‌داشتن فاصله‌ی بدنه‌های قالب، به عهده‌ی بُلت‌ها می‌باشد. بلت‌ها انواع مختلف دارد که عبارت‌اند از :

الف ــ ساده‌ترین انواع بلت، بلت‌هایی است که از میان لوله‌های فلزی یا پولیکای فشار قوی که در دو سر آن مخروط ناقصی قرار دارد عبور می‌کند. طول لوله به‌اضافه‌ی دو مخروط ناقص باید به‌اندازه‌ی فاصله‌ی داخلی قالب باشد. روش نصب و استفاده از بلت به این شکل است که بلت پس از گذشتن از لوله و مخروط‌ها و سوراخ‌های بدنه‌های قالب‌ها که به این منظور پیش‌بینی شده، از پشت‌بندها عبور کرده و به‌وسیله‌ی واشرهای کاس یا واشر دو لوله (بنابر مورد مصرف) با پیچ خروسکی محکم می‌شود. در این روش، پس از خودگیری بتن، پیچ‌های خروسکی باز شده، بلت از میان غلاف لوله‌ای خارج می‌شود و برای کارهای بعدی مورد استفاده قرار می‌گیرد.



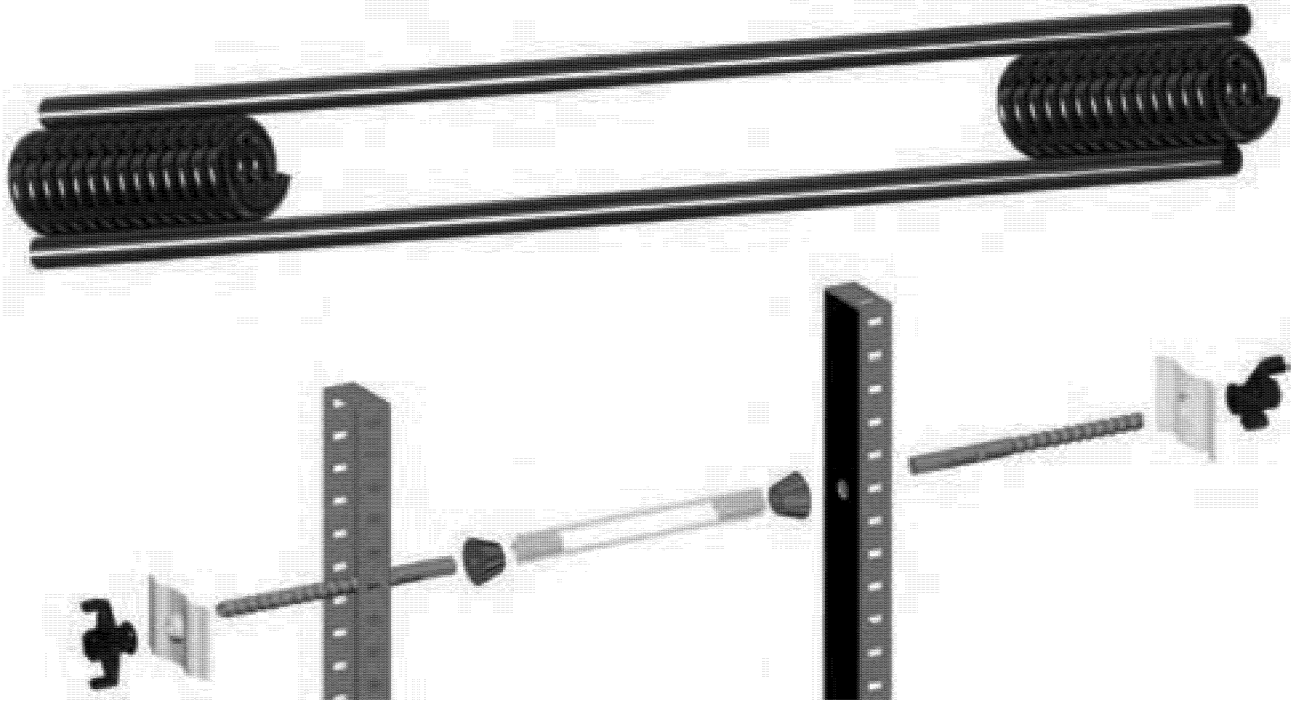
شکل ۲۲ــ۷

ب ــ درصورتی که از غلاف لوله‌ی فلزی یا پولیکا استفاده نشود، بلت در داخل بتن باقی می‌ماند که از نظر اقتصادی مقرون‌به‌صرفه نیست. در مواردی که بخواهند از سکوهای بالارونده استفاده کنند، برای استقرار این سکوها، می‌توان از این بلت‌ها استفاده کرد (شکل ۲۳ــ۷).

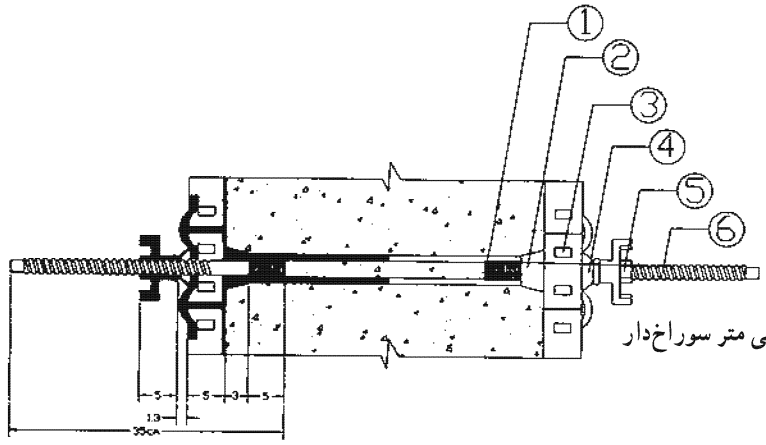
شکل ۲۳ــ۷

ج ــ میان‌بلت‌های فنری : در این روش به جای استفاده از لوله، از میان بلت‌های فنری، مطابق شکل ۲۴ــ۷، استفاده می‌شود.

برای استقرار فاصله نگه دار، از دو قطعه بلت کوتاه بیرونی که در داخل فنرها به‌وسیله‌ی رزوه‌ها بسته می‌شوند استفاده می‌شود. شکل ۲۵ــ۷، نقشه‌ی جزییات استفاده از میان بلت متکی به بدنه‌ی قالب و شکل ۲۶ــ۷، نمونه‌ی اجراشده‌ی جزییات را نشان می‌دهد.

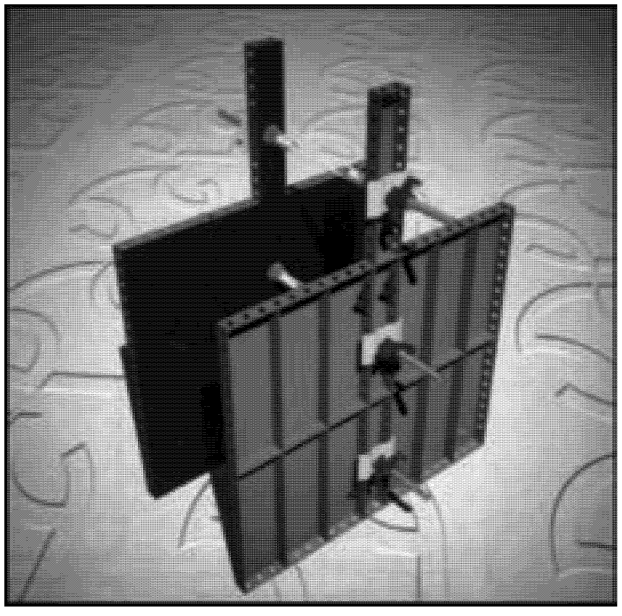


شکل ۲۴ــ۷ــ میان‌بلت



۱ــ میان‌بلت
۲ــ مخروطی
۳ــ قالب عرض ۱۰ سانتی متر سوراخ‌دار
۴ــ واشر بلت
۵ــ مهره‌ی خروسکی
۶ــ بلت بیرونی

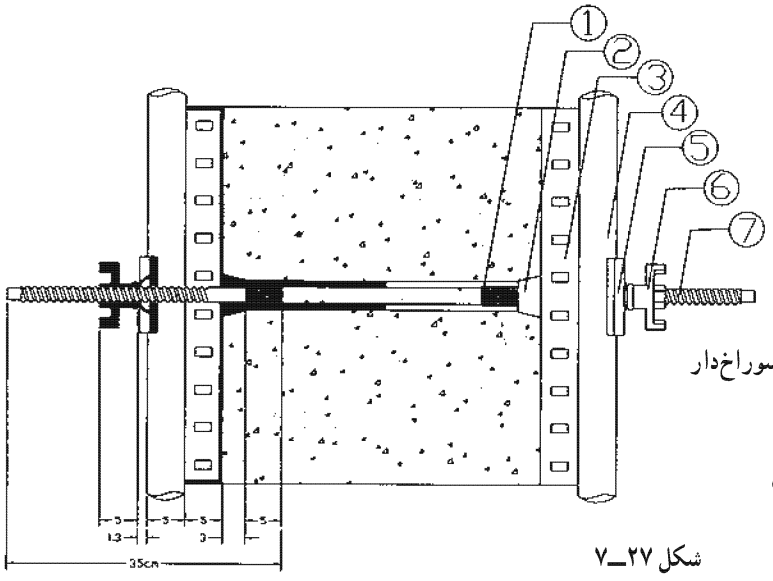
شکل ۲۵ــ۷



شکل ۲۶ــ۷

شکل۲۶ــ۷ اجرای جزییات اتصال میان‌بلت را بر پشت‌بندهای قوی فلزی نشان می‌دهد.

در شکل ۲۷ــ۷، جزییات استفاده از میان بلت فنری متکی بر پشت‌بند لوله‌ی افقی دیده می‌شود.



۱ــ میان‌بلت
۲ــ مخروطی
۳ــ قالب استاندارد سوراخ‌دار
۴ــ لوله‌ی افقی
۵ــ واشر بلت
۶ــ مهره‌ی خروسکی
۷ــ بلت بیرونی

شکل ۲۷ــ۷

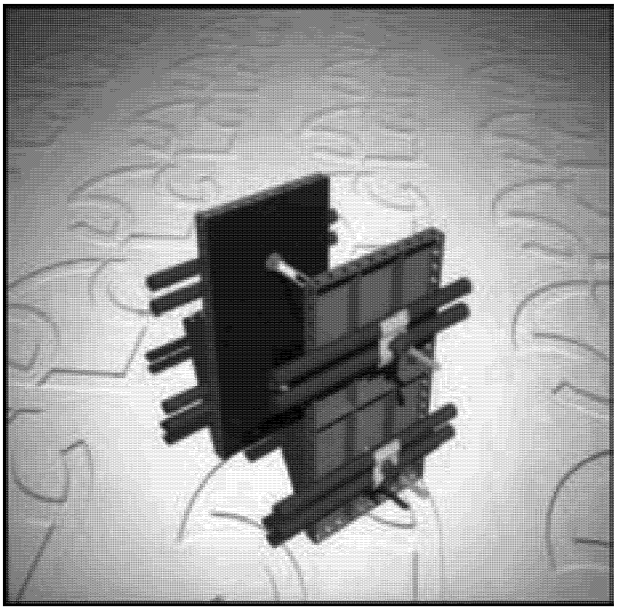
در شکل ۲۸ــ۷، نمونه‌ی اجراشده‌ی استفاده ازمیان‌بلت فلزی متکی بر پشت بند لوله‌ی افقی دیده می‌شود.

شکل ۲۹ــ۷، جزییات اتصال میان بلت را بر پشت‌بند دو لوله‌ی قائم نشان می‌دهد.

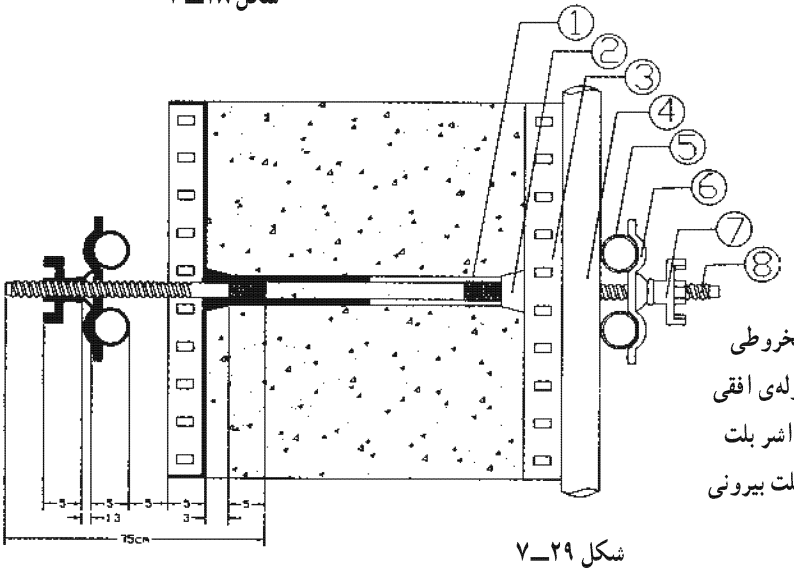
در شکل ۳۰ــ۷، جزییات اتصال میان بلت را بر پشت‌بند دو لوله‌ی قائم می‌بینید.

شکل ۳۱ــ۷ جزییات اتصال میان بلت را بر پشت‌بندهای قوی فلزی نشان می‌دهد.

شکل۳۲ــ۷ اجـرای جـزییات اتصال میان بلت را بـر پشت‌بندهای قوی فلزی نشان می‌دهد.

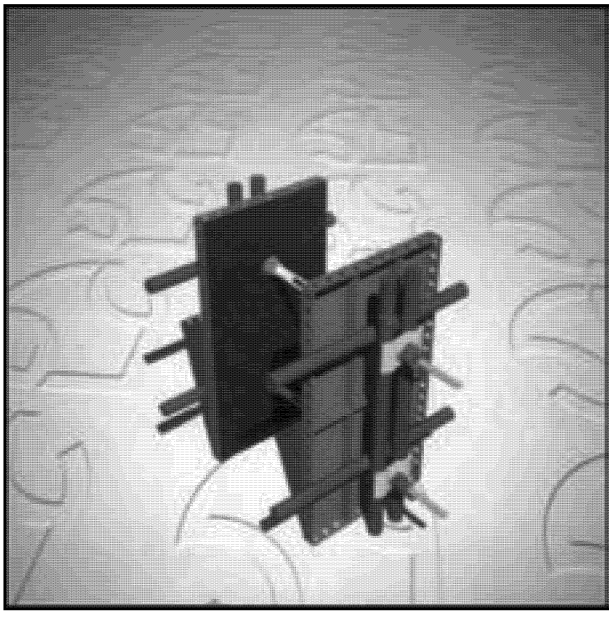


شکل ۲۸ــ ۷

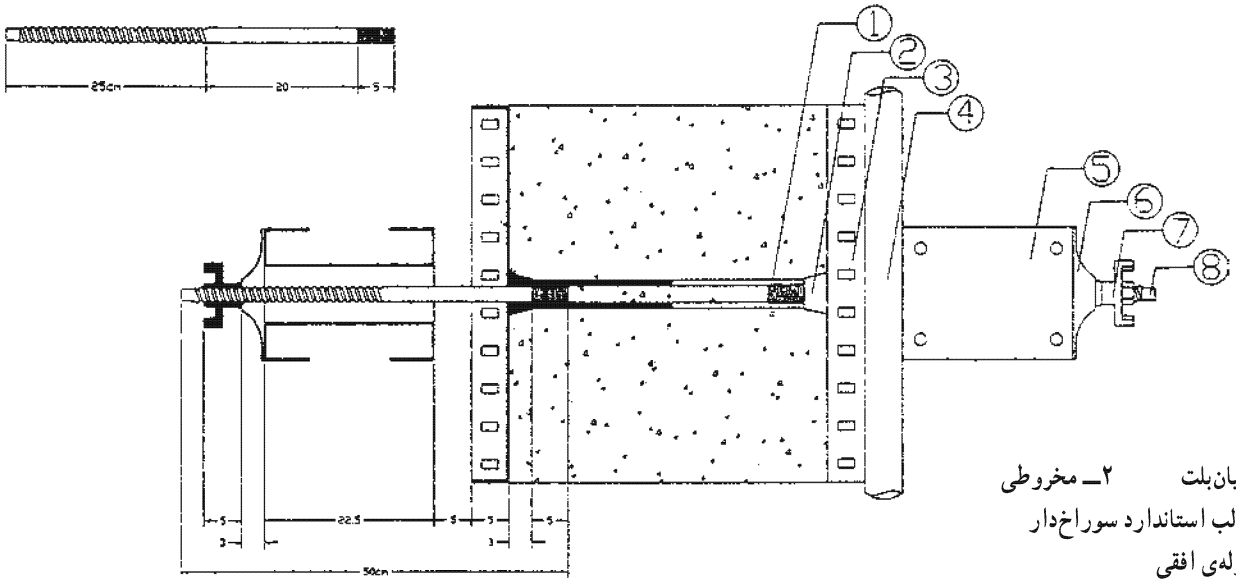


۱ــ میان‌بلت
۲ــ مخروطی
۳ــ قالب استاندارد سوراخ‌دار
۴ــ لوله‌ی افقی
۵ــ لوله‌ی قائم
۶ــ واشر بلت
۷ــ مهره‌ی خروسکی
۸ــ بلت بیرونی

شکل ۲۹ــ۷

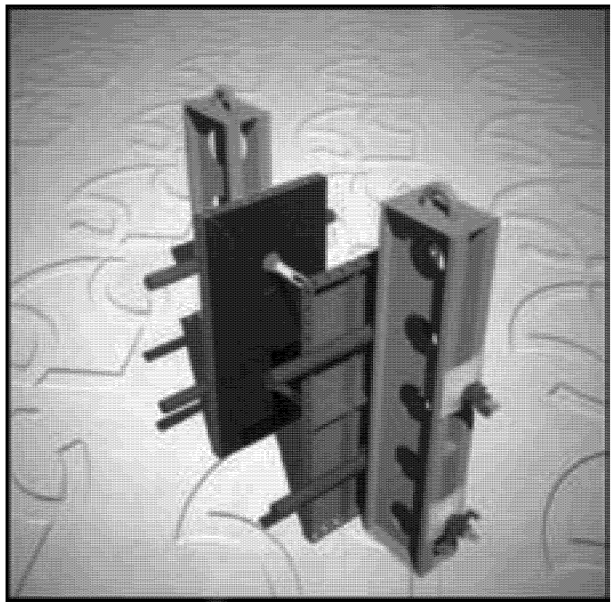


شکل ۳۰ــ۷



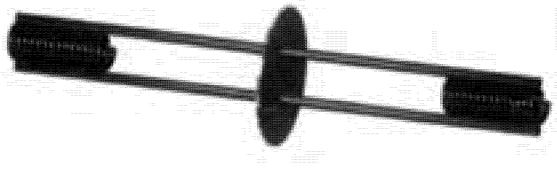
۱ــ میان‌بلت ۲ــ مخروطی
۳ــ قالب استاندارد سوراخ‌دار
۴ــ لوله‌ی افقی
۵ــ پشت‌بند قوی (سولجر) ۶ــ واشر بلت ۷ــ مهره‌ی خروسکی ۸ ــ بلت بیرونی

شکل ۳۱ــ۷



شکل ۳۲ــ۷

برای قالب‌بندی دیوارهای منابع آب و مانند آن که نشت‌نکردن آب اهمیت فراوان دارد، استفاده از میان‌بلت‌های آب‌بند، مطابق شکل ۳۳ــ۷ مفید است.

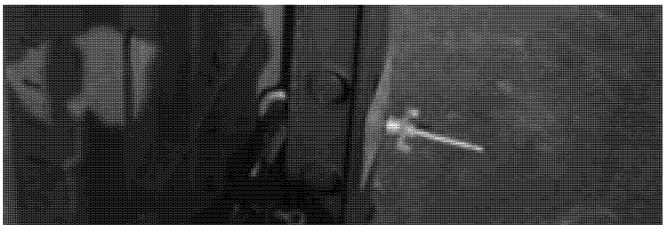


شکل ۳۳ــ۷

۱۷ــ۷ــ بُلت عصایی

در محل‌هایی که باید پشت‌بند قائم سنگین نصب شود امّا نیازی به بلت‌های فاصله نگه‌دار نبوده و نصب نشده است، برای

امکان نصب پشت‌بندهای قائم، از بلت‌های عصایی مطابق شکل ۳۴ـ۷ـ الف استفاده می‌شود. در این روش، قوس سر عصا بر روی لوله‌ی پشت‌بند افقی قرار می‌گیرد، سپس پشت‌بند قائم روی آن قرار گرفته و به‌وسیله‌ی واشر کاس و مهره‌ی خروسکی، مطابق شکل ۳۴ـ۷ـ ب، نصب می‌شود.



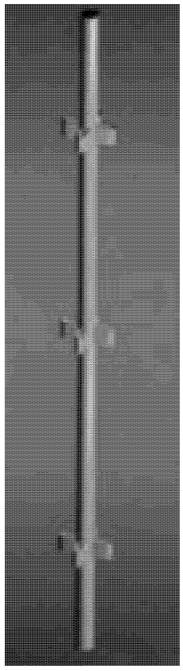
(ب)

شکل ۳۴ـ۷

۱۸ــ۷ــ داربست مدولار

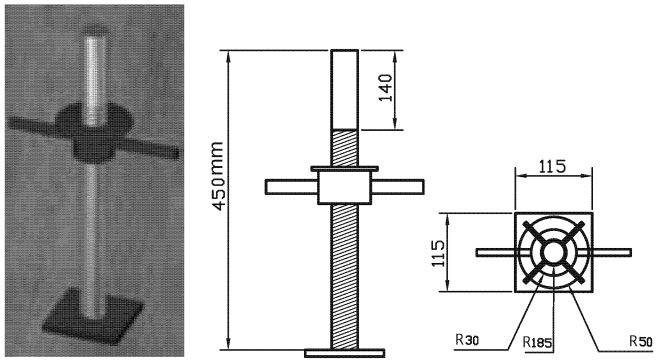
در قالب‌بندی فلزی سقف‌ها و تیرها، با توجه به ارتفاع و سنگینی نسبی قالب‌های فلزی، استفاده از داربست‌های مدولار تسهیلاتی را برای اجرای کار فراهم می‌آورد. برپایی این نوع داربست نسبتاً ساده است ؛ به این ترتیب که چند قطعه (عضو) مدولار از پیش‌ساخته شده را، به دلیل سبکی، به‌سرعت و سادگی به یکدیگر وصل می‌کنند و آن قدر این اتصالات را ادامه می‌دهند تا اندازه‌ی مورد نظر پدید آید. پس از اتمام کار قالب‌بندی می‌توان، به‌سهولت و با سرعت مناسب، آن را باز کرده و در جای دیگری مورد استفاده قرار داد. در اینجا به تشریح اعضای تشکیل‌دهنده‌ی داربست مدولار می‌پردازیم :

الف ــ اعضای قائم و ستونی: اعضای قائم با طول‌های متغیر ۱ تا ۳ متر وجود دارند که امکان توسعه‌ی آن‌ها نیز با پین‌های واسطه و تکرار اعضا فراهم است (شکل ۳۵ــ۷). همان‌طورکه در این شکل دیده می‌شود، این قطعه یک لوله است که بر روی آن، به فاصله‌های نیم‌متری، محل‌هایی در چهار جهت پیش‌بینی شده است تا بتوان قطعات افقی و مورب را به این محل‌ها وصل کرد.



شکل ۳۵ــ۷

با نصب عضو قائم بر روی پایه‌ی قابل تنظیم، اولاً سطح اتکا بیش‌تر می‌شود که این یک مزیت برای تقسیم فشار است و ثانیاً امکان تنظیم دقیق ارتفاع به‌وسیله‌ی پیچ‌ها فراهم می‌گردد (شکل‌های ۳۶ــ۷ و ۳۷ــ۷).

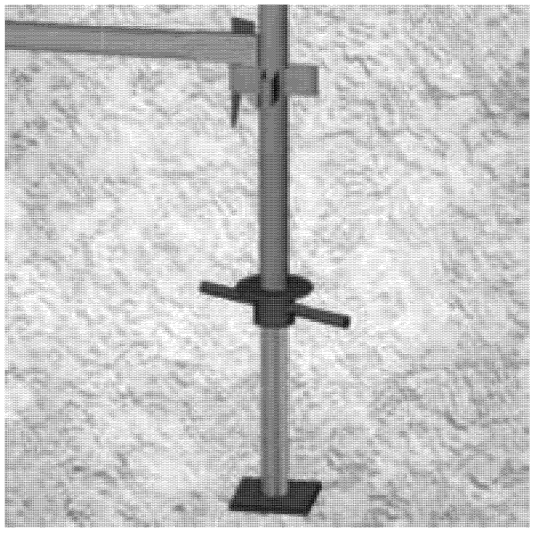


شکل ۳۶ــ۷

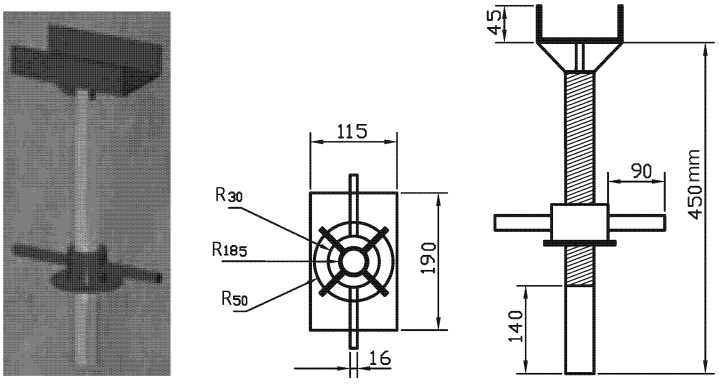
در قسمت بالای عضو قائم، از قطعه‌ای به نام «سَرجک» مطابق شکل‌های ۳۸ــ۷ و ۳۹ــ۷ استفاده می‌شود. این قطعه علاوه‌بر امکان تنظیم ارتفاع سقف، تکیه‌گاه مناسبی برای استقرار کش‌ها و پشت‌بندهای افقی اصلی قالب نیز می‌باشد.

در شکل ۴۰ــ۷، اتصال دو عضو قائم داربست مدولار را به یکدیگر به‌وسیله‌ی پین و خار نگه‌دارنده می‌بینید.

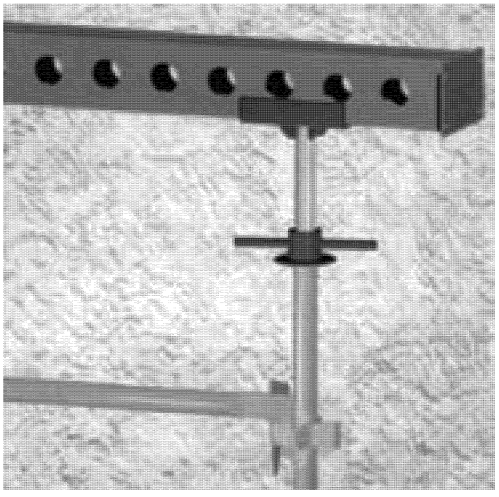
ب ــ اعضای افقی داربست: اعضای افقی با طول‌های متغیر ۷۵ تا ۲۹۵ سانتی‌متر وجود دارند. در قسمت ابتدا و انتهای یک عضو افقی فرم‌های مناسبی برای اتصال به عضوهای قائم پیش‌بینی شده است (شکل ۴۱ــ۷).



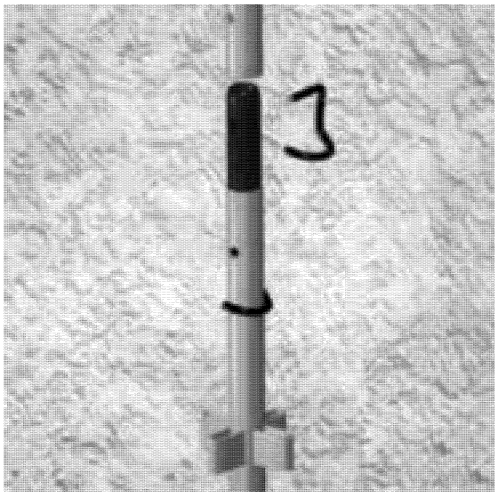
شکل ۳۷ــ۷



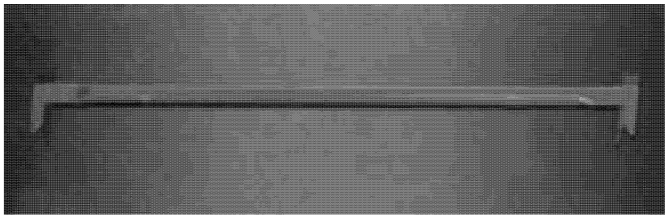
شکل ۳۸ــ۷



شکل ۳۹ــ۷

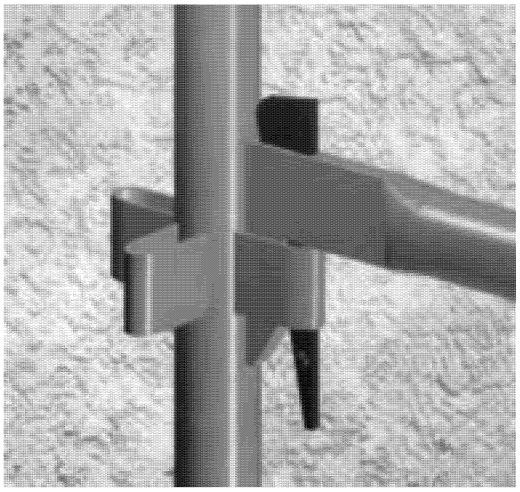


شکل ۴۰ــ۷



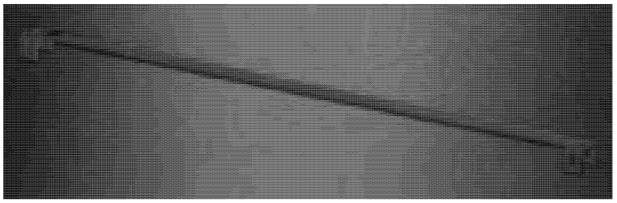
شکل ۴۱ــ۷

پس از قرارگیری زایده‌های قطعات افقی در محل‌های پیش‌بینی‌شده‌ی قطعات قائم، باید آن‌ها را به‌وسیله‌ی گوه‌هایی، مطابق شکل ۴۲ــ۷، به یک‌دیگر کاملاً محکم کرد.



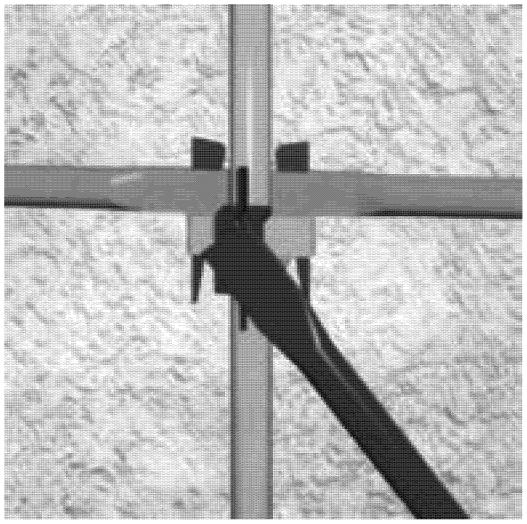
شکل ۴۲ــ۷

ج ــ اعضای قطری: اعضای قطری (بادبندهای قطری) با طول‌های ۱۷۰ تا ۳۶۰ سانتی‌متر، متناسب با ابعاد قطعات قائم و افقی، مورد استفاده واقع می‌شوند. با نصب اعضای قطری در دو جهت عمود بر هم، تعادل مجموعه‌ی داربست در برابر نیروهای افقی حفظ می‌شود. در شکل ۴۳ــ۷ یک عضو قطری داربست مدولار را مشاهده می‌کنید.



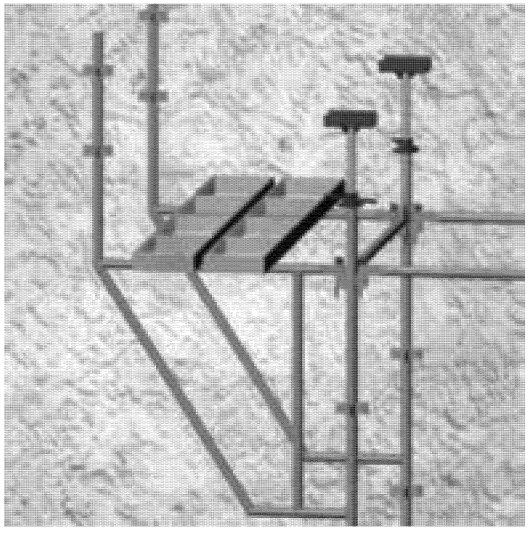
شکل ۴۳ــ۷

در شکل ۴۴ــ۷ اتصال اعضای افقی و قطری را به عضو قائم و محکم شدن آن‌ها را با نصب گوه می‌بینید.



شکل ۴۴ــ۷

د ــ سکوی کار: برای ایجاد تسهیلات ایستگاهی و یا تردد مجریان در اطراف کار و احیاناً قراردادن بعضی وسایل و تجهیزات سبک ضروری بر روی داربست‌های فلزی، سکوهای پیش‌ساخته‌ای مطابق شکل ۴۵ــ۷ طراحی و ساخته شده است که به‌راحتی بر روی داربست‌های فلزی نصب می‌شود.



شکل ۴۵ــ۷ــ سکوی کار برای داربست فلزی

فصل دهم

سقف‌های تیرچه بلوک

هدف‌های رفتاری: در پایان این فصل، هنرجو باید بتواند :

۱ــ هدف از اجرای سقف‌های تیرچه بلوک را توضیح دهد.

۲ــ روش حمل تیرچه‌ها را بداند و بتواند تیرچه را به اندازه‌ی طول مورد نیاز درآورد.

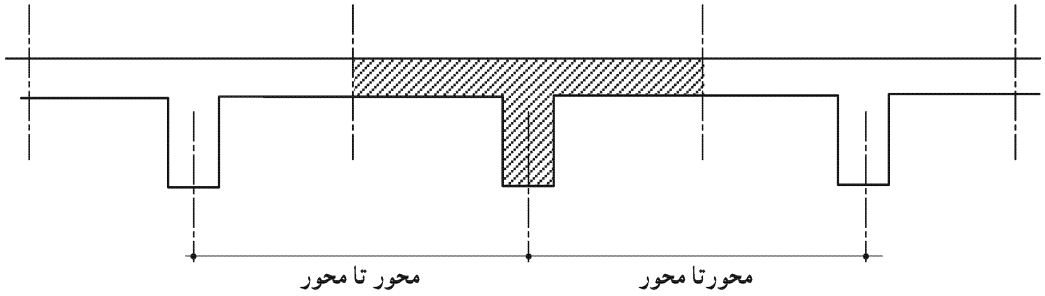
۳ــ با برخی ضوابط آیین نامه‌ایِ اجرای سقف تیرچه بلوک آشنا شده باشد.

۴ــ مراحل اجرای سقف‌های تیرچه بلوک را بداند.

۵ــ یک سقف تیرچه بلوک را، با توجه به نکات ایمنی و ضوابط فنی، تا مرحله‌ی بتن‌ریزی اجرا نماید.

۱ــ۱۰ــ تعریف سقف تیرچه بلوک

اجرای سقف‌های تیرچه بلوک، به خاطر امتیازهای خاصی که نسبت به انواع سقف‌های متداول در ایران دارد، مورد توجه دست‌اندرکاران امور ساختمان قرار گرفته است. برای سبک‌تر کردن وزن سقف و صرفه‌جویی در مصرف بتن، قسمتی از مقطع کششی بتن را که تأثیر زیادی در مقاومت سقف ندارد حذف می‌کنند و فقط آن مقدار از سطح مقطع را که برای جاگذاری میل‌گردهای کششی لازم است باقی می‌گذارند (شکل ۱ــ۱۰).

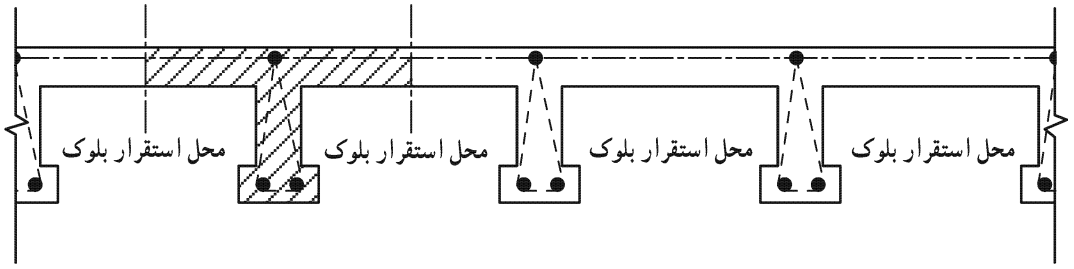


شکل ۱ــ۱۰ــ مقطع T

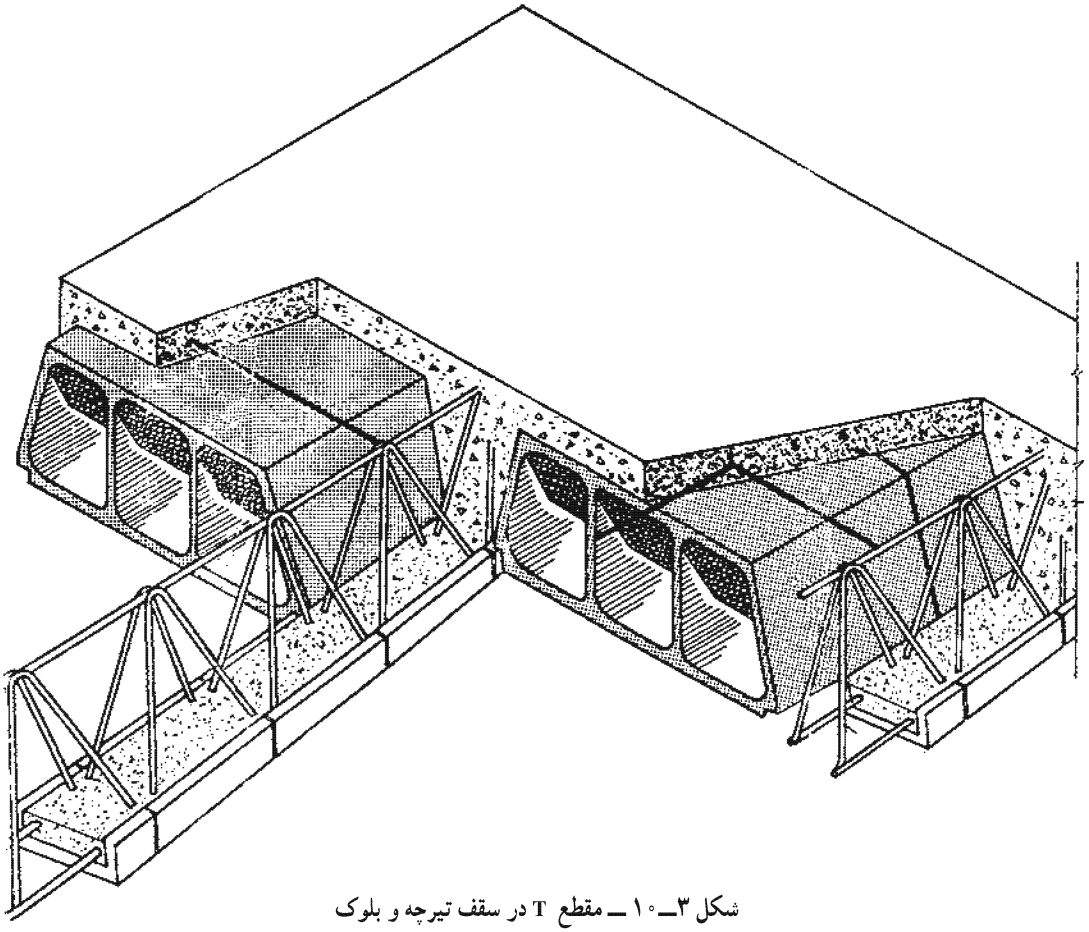
به این ترتیب با کم شدن حجم بتن، وزن مرده‌ی ساختمان به مقدار قابل ملاحظه‌ای کاهش پیدا می‌کند. باید توجه داشت که فاصله‌ی قسمت‌های باقی‌مانده‌ی کششی به یکدیگر باید به اندازه‌ی کافی کم باشد. تا دو ناحیه‌ی فشاری و کششی مقطع بتنی سقف به طور یک‌پارچه عمل کنند و سقف از مقاومت کافی و مناسب برخوردار باشد.

در این روش، گرچه وزن سقف کم می‌شود ولی هزینه‌ی قالب‌بندی آن نسبتاً زیاد می‌شود، بدین جهت فاصله‌ی بین هر دو تیرچه را با بلوک‌های سفالی یا بتنی توخالی سبک وزن پر می‌کنند تا نیازی به قالب‌بندی محل‌های خالی و پرکردن آن محل‌ها نباشد (شکل‌های ۲ــ۱۰ و ۳ــ۱۰).

پس از قرار دادن میل‌گردهای تقویتی و حرارتی لازم، سقف یک پارچه‌ی مناسبی به‌وجود می‌آید که مقاومت لازم را داشته و از جهات اقتصادی و عایق حرارتی و صوتی نیز نسبت به سقف‌های متداول، برتری‌های محسوسی دارد (شکل ۳ــ۱۰).



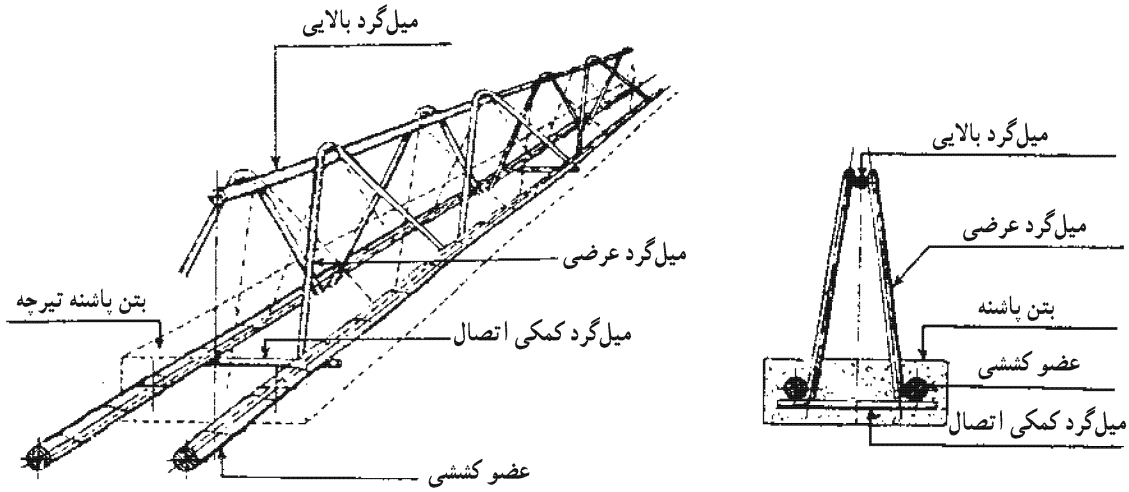
شکل ۲ــ۱۰



شکل ۳ــ۱۰ ــ مقطع T در سقف تیرچه و بلوک

۲ــ۱۰ــ تیرچه‌ی بتنی

برای ساخت تیرچه‌های بتنی، آرماتورهای اصلی مورد نیاز سقف را به یک شبکه‌ی خرپایی با ایستایی کافی متصل می‌کنند تا بتواند وزن بلوک‌ها، وسایل و افرادی را که روی آن کار می‌کنند، در پاشنه‌ی بتنی محدودی، تحمل کند. این بتن می‌تواند در قالب‌های فلزی ناودانی شکل، یا در فوندوله‌ی سفالی شکل گرفته و خود را بگیرد. شکل پاشنه‌ی تیرچه به گونه‌ای است که تکیه‌گاه کافی و مناسبی را برای نصب بلوک‌ها فراهم می‌سازد (شکل‌های۲ــ۱۰ و ۴ــ۱۰).



شکل ۴ــ۱۰

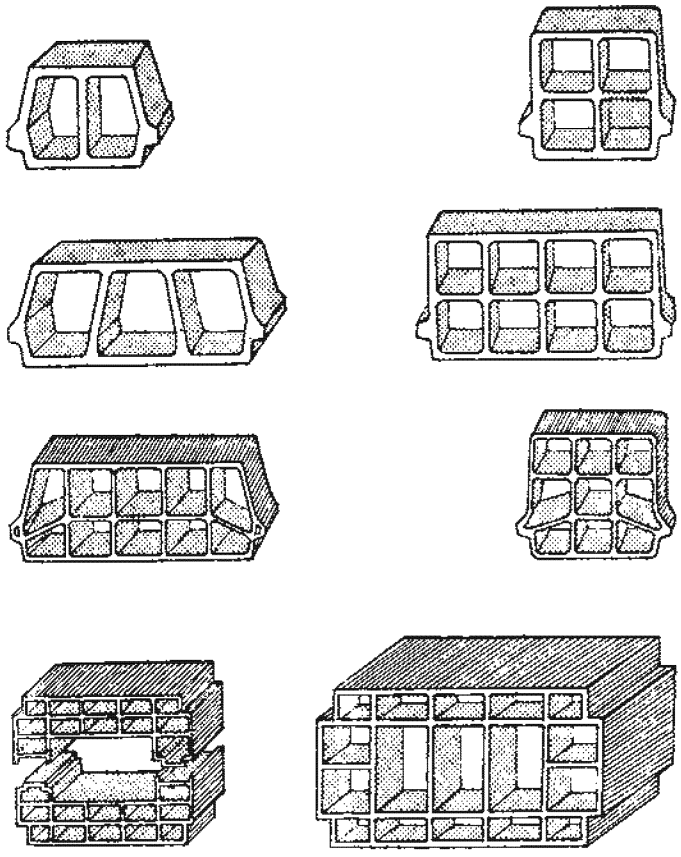
۳ــ۱۰ــ بلوک

از بلوک به عنوان قالب دائمی یا قالبی که پس از اجرای سقف، در آن باقی می‌ماند، استفاده می‌شود. قسمت زیرین بلوک برای تأمین یک سطح صاف به منظور نازک‌کاری سقف و تیغه‌های داخلی بلوک به منظور تقویت مقطع آن تعبیه می‌گردد. بلوک‌ها در محاسبات مقاومت سقف به حساب نمی‌آیند بلکه به منزله‌ی قالب‌هایی در نظر گرفته می‌شوند که باید نیروهای اجرایی پیش از بتن‌ریزی سقف را تحمل کنند و مثلاً در روی سقف، پیش از بتن‌ریزی، قدرت تحمل نیروی حاصل از ردشدن کارگران ساختمان یا فرغون را داشته باشند. شکل بلوک با توجه به موارد یاد شده طراحی می‌شود. جنس بلوک توخالی معمولاً بتن با مصالح سنگی معمولی یا بتن با مصالح سبک وزن و یا سفال است. ارتفاع و طول بلوک تابع ضخامت کل سقف و نیز فاصله‌ی تیرچه‌ها از یکدیگر است. عرض بلوک معمولاً ۲۰ تا ۲۵ سانتی‌متر است. وزن بلوک باید طوری باشد که توسط یک نفر به آسانی با دست در روی سقف جابه‌جا شود و به هر حال وزن آن از ۲۰ کیلوگرم بیش‌تر نباشد. بلوک‌های سفالی باید عاری از ترک و دانه‌های آهکی باشد. سطح خارجی بلوک به جهت ایجاد چسبندگی لازم به بتن بالایی و هم‌چنین به نازک‌کاری زیر سقف، شیاردار است. در شکل ۵ــ۱۰ چند نوع بلوک دیده می‌شود.

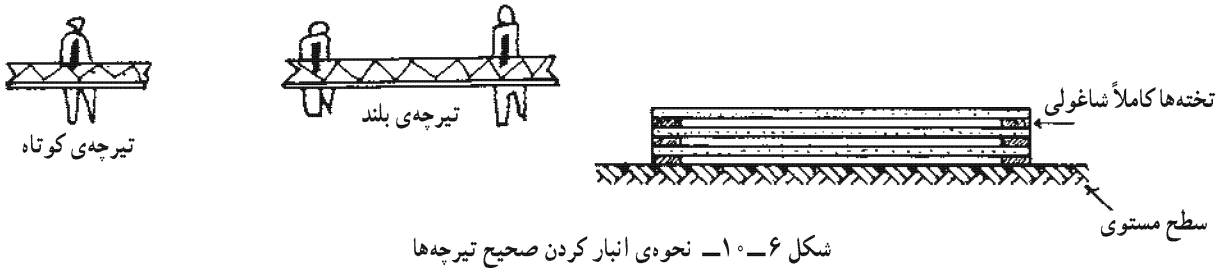
۴ــ۱۰ــ روش حمل تیرچه و بلوک و انبار کردن آن‌ها

معمولاً وزن یک تیرچه در حدی است که، با توجه به طول آن، یک یا دو نفر بتوانند آن را حمل کنند. البته تیرچه‌های به طول کم‌تر از ۳ متر را یک نفر هم می‌تواند حمل کند مشروط بر آن که وسط تیرچه را بگیرد؛ ولی تیرچه‌های بلندتر از ۳ متر، حتماً باید، توسط دو نفر حمل شوند به‌طوری که از هر طرف، مقداری **کنسول** شده باشد (شکل ۶ــ۱۰).

برای انبار کردن و روی‌هم قرار دادن تیرچه‌ها باید دقت شود که بتن تیرچه‌های زیرین خرد نشود. بنابراین هیچ‌گاه نباید تیرچه‌ها را به پهلو خواباند. همچنین بلوک‌ها باید طوری روی هم چیده شوند که بلوک‌های زیرین خرد نشوند (حداکثر ۱۰ ردیف) برای انبار کردن بلوک‌ها، باید سوراخ‌های آن‌ها رو به بالا باشد و چون بلوک‌ها ترد و شکننده‌اند در موقع حمل باید دقت شود که ضربه‌ای به آن‌ها وارد نشود.



شکل ۵ــ۱۰ــ برخی از انواع بلوک‌های بتنی و سفالی

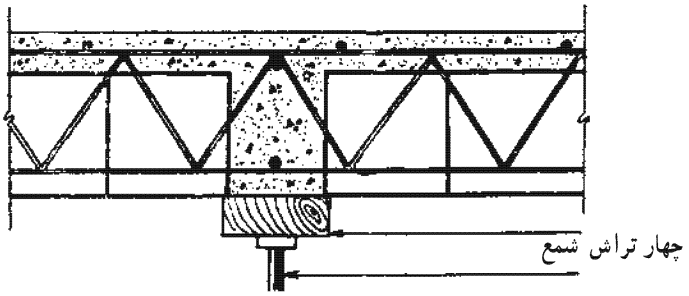


شکل ۶ــ۱۰ــ نحوه‌ی انبار کردن صحیح تیرچه‌ها

۵ــ۱۰ــ کلاف میانی

برای جلوگیری از پیچش تیرهای T و برای توزیع یک‌نواخت بار روی سقف تیرچه بلوک و همچنین در محل‌هایی که بار منفرد موجود باشد، یک کلاف میانی بتنی که جهت آن عمود بر جهت تیرچه‌ها است، در سقف تعبیه می‌شود. حداقل عرض کلاف میانی برابر عرض بتن پاشنه‌ی تیرچه، و ارتفاع آن برابر ارتفاع سقف خواهد بود. در صورتی که بار زنده‌ی سقف، کم‌تر از ۳۵۰ کیلوگرم بر متر مربع و طول دهانه بیش از ۴ متر باشد (شکل ۷ــ۱۰) یک کلاف میانی در سقف تعبیه می‌شود که حداقل سطح مقطع آهن‌های طولی آن باید برابر نصف مقادیر میل‌گرد کششی تیرچه‌ها باشد. برای دهانه‌ی کم‌تر از ۴ متر و بار زنده‌ی سقف کم‌تر از ۳۵۰ کیلوگرم بر مترمربع، به کلاف میانی نیازی نیست. در مورد بار زنده‌ی بیش از ۳۵۰ کیلوگرم بر متر مربع و دهانه‌ی ۴ تا ۷ متر، دو کلاف میانی، و برای دهانه‌ی بیش از ۷ متر، سه کلاف میانی اجرا می‌شود. حداقل سطح مقطع میل‌گردهای طولی این کلاف‌ها برابر سطح مقطع میل‌گردهای کششی تیرچه خواهد بود. میل‌گردهای کلاف میانی در بالا و پایین تعبیه می‌شوند و حداقل قطر میل‌گرد در مورد میل‌گرد آج‌دار

۶ میلی‌متر و در مورد میل‌گرد ساده ۸ میلی‌متر است. در صورتی که بار منفرد سبک روی سقف وارد شود، باید توسط کلاف‌های میانی مناسب، این بار منفرد را روی تیرهای T پخش نمود.



شکل ۷ــ۱۰ــ تیر کلاف میانی

۶ــ۱۰ــ تعبیه‌ی سوراخ (بازشو) در سقف

در صورتی که عرض سوراخ از فاصله‌ی بین دو تیرچه‌ی مجاور کوچک‌تر باشد، کافی است که قبل از بتن‌ریزی دال بالایی، در محل سوراخ، قالب چوبی یا فلزی قرار داده و دور آن را بتن‌ریزی نموده و پس از گرفتن بتن، قالب را باز کنند. چنانچه عرض سوراخ، از فاصله‌ی بین دو تیرچه بیش‌تر باشد، طبق شکل ۸ــ۱۰، تیرچه‌های مجاور آن را به صورت مضاعف اجرا کرده و لبه‌های بازشو را به وسیله‌ی تیرچه‌های کوتاه‌تر و میل‌گردهای تقویتی می‌پوشانند. در صورتی که مقطع مرکب تیرچه‌های مضاعف برای تحمل‌بارگذاری ضعیف باشد، به وسیله‌ی تیرهای کمکی که به تیرهای اصلی تکیه داشته باشند. محل بازشو مطابق شکل ۹ــ۱۰ تعبیه می‌گردد.

۷ــ۱۰ــ مراحل اجرای سقف تیرچه بلوک

سقف تیرچه بلوک را طی مراحلی به شرح زیر اجرا می‌کنند :

۱ــ نصب تیرچه‌ها بر روی تکیه‌گاه (تیر بتنی، تیرآهن، دیوار بتنی یا دیوار آجری) و تنظیم فاصله‌ی بین تیرچه‌ها به کمک بلوک‌های ابتدا و انتهای هر ردیف

۲ــ نصب تکیه‌گاه‌های موقت (شمع‌بندی)

۳ــ نصب بلوک‌ها در بین تیرچه‌ها

۴ــ آرماتوربندی سقف تیرچه بلوک

۵ــ تکمیل قالب‌بندی

۶ــ آماده‌سازی سقف برای بتن ریزی

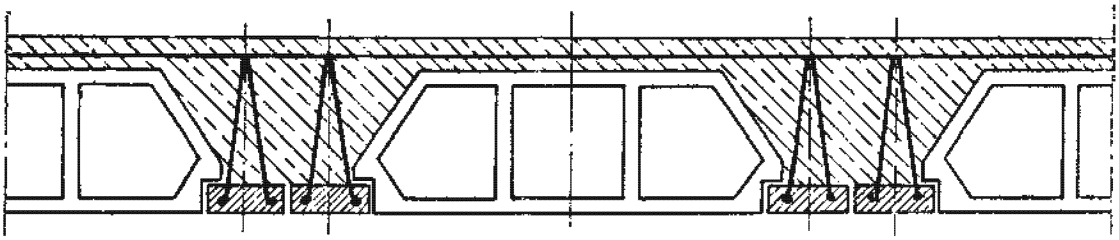
۷ــ بتن‌ریزی و متراکم کردن آن

۸ــ عمل آوردن بتن

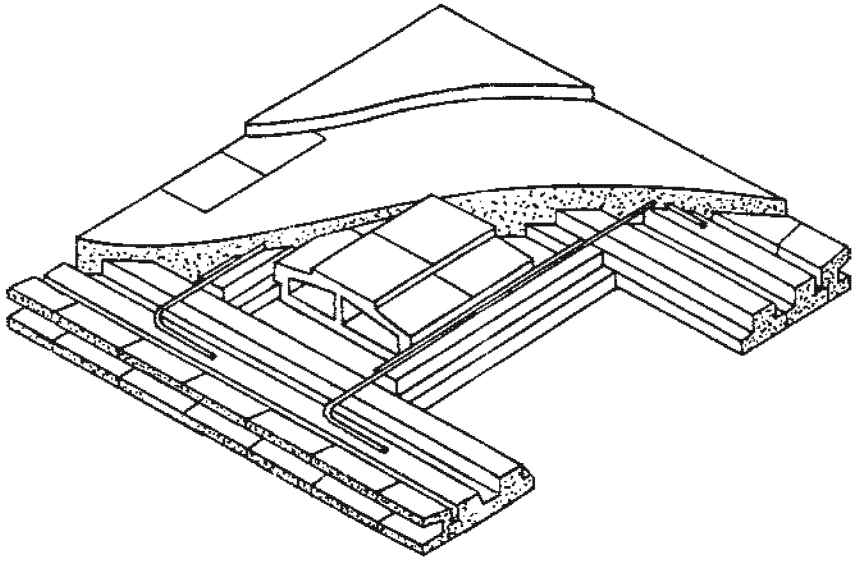
۹ــ باز کردن قالب‌ها و جمع‌آوری تکیه‌گاه‌های موقت

۱ــ۷ــ۱۰ــ نصب تیرچه‌ها: قبل از نصب تیرچه‌ها بر روی تکیه‌گاه موردنظر، باید سطح تکیه‌گاه کاملاً تراز و مسطح باشد. همچنین به اختلاف سطح سقف‌ها، محل طُرّه‌ها، تیغه‌بندی روی سقف، بازشوها و محل عبور لوله‌های تأسیساتی براساس نقشه‌های اجرایی به دقت توجه شود و همچنین قبل از نصب تیرچه بر روی تکیه‌گاه، سلامت ظاهری آن باید مورد بازبینی قرار گیرد. اگر طول تیرچه بلندتر از اندازه‌ی لازم باشد، می‌توان بتن پاشنه را با قلم تیز یا با دستگاه فرز کوتاه کرد. در این مورد نباید از ضربه زدن و یا شکستن با چکش استفاده شود. میل‌گردهای اضافی را نیز می‌توان با قیچی یا با دستگاه برنول برید.

تیرچه‌ها را به موازات هم برروی تکیه‌گاه قرار می‌دهند و برای تنظیم فاصله‌ی آن‌ها از یک‌دیگر، یک بلوک در ابتدا و یک بلوک در انتهای هر دو تیرچه‌ی متوالی قرار می‌دهند. به این بلوک‌ها، بلوک‌های تنظیمی گفته می‌شود (شکل ۲۴ــ۱۰).



شکل ۸ــ۱۰ــ سقف با تیرچه‌های مضاعف



شکل ۹ــ۱۰ــ طرز اجرای بازشو کوچک در سقف تیرچه و بلوک

۲ــ۷ــ۱۰ــ نصب تکیه‌گاه‌های موقت (شمع‌بندی): می‌توان گفت در سقف تیرچه بلوک تیرچه‌ها علاوه بر وظیفه‌ی اصلی خود، نقش پشت‌بندهای قالب کف و بلوک‌ها نقش قالب‌های کف را ایفا می‌کنند. چون تیرچه‌ها نمی‌توانند بار تحمل کنند، درزیر آن‌ها چارتراش‌هایی (کش) به ابعاد حداقل ۵ . ۱۰ سانتی‌متر به فاصله‌های حدود ۱ متر بر روی شمع‌های چوبی یا جک‌های سقفی قرار می‌دهند. فاصله‌ی شمع‌ها از یک‌دیگر حدود ۱ متر است که شمع‌های چوبی باید بر روی گوه‌ها قرار گیرند تا امکان باز کردن آن‌ها پس از اجرای کامل سقف فراهم باشد. این شمع‌ها باید با چپ و راست‌های مناسب به یکدیگر مهار شوند، تیرچه‌ها را با یک خیز معکوس (به سمت بالا) و حداکثر $\frac{۱}{۳۰۰}$ طول دهانه نصب می‌کنند تا پس از بارگذاری سقف و برداشتن شمع‌ها، به حالت مسطح درآید. این خیز در تیرچه‌ها توسط شمع‌ها یا جک‌های سقفی (قبل از نصب بلوک‌ها) تأمین می‌شود.

۳ــ۷ــ۱۰ــ نصب بلوک‌ها در بین تیرچه‌ها: بلوک‌ها را بعد از اجرای شمع‌بندی زیر تیرچه‌ها و قالب‌بندی کلاف‌های فرعی و بازشوها، در بین تیرچه‌ها نصب می‌کنند و به این ترتیب بین تیرچه‌ها با بلوک پر می‌شود. باید دقت شود که بلوک‌های ابتدایی و انتهایی، روی تکیه‌گاه قرار نگیرند. بهتر است نصب بلوک‌ها از نزدیک لبه‌ی داخلی تکیه‌گاه شروع شود و به نزدیک لبه‌ی داخلی تکیه‌گاه دیگر ختم گردد.

۴ــ۷ــ۱۰ــ آرماتوربندی سقف تیرچه بلوک: پس از نصب بلوک‌ها بر روی تیرچه‌ها، آرماتوربندی سقف انجام می‌شود. آرماتوربندی سقف تیرچه بلوک شامل کلاف‌های میانی، تکیه‌گاهی، میل‌گردهای افت و حرارت، محل بازشوها، طره‌ها و میل‌گردهای آویز سقف کاذب (در صورت لزوم) می‌باشد.

۵ــ۷ــ۱۰ــ تکمیل قالب‌بندی: در این مرحله از کار، قسمت‌هایی مانند دور سقف، دور بازشوها و حدفاصل تکیه‌گاه‌ها

قالب بندی می‌شوند. قالب‌ها چوبی یا فلزی هستند که با اجرای پشت‌بندها و پایه‌ها و اتصالات کافی و مناسب، درجای خود محکم می‌شوند تا در مقابل نیروهای ناشی از وزن، ضربه و لرزش بتن، در هنگام متراکم کردن آن، تغییر شکل ندهند.

۶ــ۷ــ۱۰ــ آماده‌سازی سقف برای بتن‌ریزی: قبل از بتن‌ریزی سقف تیرچه‌بلوک، باید کلیه‌ی مواد زاید از لابه‌لای تیرچه‌ها، بلوک‌ها و داخل قالب‌ها پاک شوند. صحت محل بازشوها، سقف کاذب و مجاری مورد نیاز دقیقاً از روی نقشه‌ی اجرایی کنترل شود و فاصله‌ی آرماتورها، اتصال و پوشش آن‌ها نیز بررسی گردد. از کنترل‌های ضروری دیگر در این مرحله، کنترل یک نواختی سقف و استحکام چارتراش‌ها و شمع‌هاست. پس از کنترل‌های لازم، سقف شسته می‌شود تا علاوه بر پاک شدن گردو خاک احتمالی، بلوک‌ها نیز سیراب شوند.

۷ــ۷ــ۱۰ــ بتن‌ریزی و متراکم کردن آن: از عوامل مؤثر در کیفیت یک سازه‌ی بتنی، اجرای صحیح بتن‌ریزی است که بدون آن حتی اگر از مصالح بسیار خوب و بتن با کیفیت عالی نیز استفاده شده باشد، نتیجه‌ی کار اطمینان بخش نخواهد بود. بتن‌ریزی و متراکم‌کردن بتن باید به نحوی باشد که از به‌هم خوردن یک نواختی مخلوط جلوگیری شود و تمام گوشه‌ها و فاصله‌های بین آرماتورها به‌خوبی با بتن پر شود و حباب‌های محبوس در بتن، تا آن‌جا که ممکن است، از آن خارج گردد.

۸ــ۷ــ۱۰ــ عمل آوردن بتن: عمل آوردن بتن عبارت از به‌وجود آوردن شرایطی است که در آن واکنش شیمیایی آب و سیمان به‌نحوی مطلوب انجام گیرد و مقاومت و پایایی بتن افزایش یابد. این مرحله از کار کم‌خرج است ولی بی توجهی به آن موجب خسارت شدیدی خواهد شد. در هنگام عمل آوردن بتن، توجه به عوامل زیر لازم است.

ــ جلوگیری از خشک شدن سریع بتن، که برای این عمل می‌توان روی بتن ریخته شده را با گونی مرطوب، پارچه‌ی مرطوب و ... پوشانید.

ــ جلوگیری از وارد شدن ضربه و لرزش به بتن درحال خودگیری.

ــ حفظ دمای محیط بین ۵ تا ۲۰ درجه‌ی سانتی‌گراد.

۹ــ۷ــ۱۰ــ باز کردن قالب‌ها و جمع‌آوری تکیه‌گاه‌های موقت: جمع‌آوری تکیه‌گاه‌های موقت نباید قبل از به‌دست آمدن مقاومت کافی در سقف برای تحمل وزن خود و سربارهای وارد صورت گیرد. مدت زمان لازم برای کسب مقاومت بتن و امکان برداشتن قالب، بستگی به نوع سیمان مصرفی، خصوصیات بتن ریخته شده، وضعیت آب و هوا، نوع و مقدار مواد افزودنی در بتن دارد. عمل بازکردن قالب‌ها باید با احتیاط و بدون ایجاد ضربه انجام شود. برای آن که افتادگی ناشی از خزش بتن به حداقل برسد، تعدادی از شمع‌ها در فواصل حدود ۳ متر از یک‌دیگر برای مدتی در زیر سقف باقی می‌ماند.

۸ــ۱۰ــ محدودیت‌ها و ویژگی‌های فنی سقف تیرچه بلوک

سقف‌های تیرچه بلوک ازنظر اجرایی دارای محدودیت‌هایی به شرح زیر هستند :

۱ــ فاصله‌ی محور تا محور دو تیرچه‌ی متوالی نباید از ۷۰ سانتی‌متر بیش‌تر باشد.

۲ــ بتن پوششی قسمت بالایی تیر (بتن روی بلوک) نباید از ۵ سانتی‌متر یا $\frac{۱}{۱۲}$ فاصله‌ی محور تا محور تیرچه‌ها کم‌تر باشد.

۳ــ عرض تیرچه نباید کم‌تر از ۱۰ سانتی‌متر باشد ؛ همچنین نباید از $\frac{۲}{۷}$ برابر ضخامت کل سقف کم‌تر باشد.

۴ــ حداقل فاصله‌ی دو بلوکِ دوطرف یک تیرچه، پس از نصب، نباید کم‌تر از ۶/۵ سانتی‌متر باشد.

۵ــ ضخامت سقف برای تیرهای با تکیه‌گاه ساده نباید از $\frac{۱}{۲۰}$ دهانه کم‌تر باشد. در مورد تیرهای یک سره (تکیه‌گاه‌های گیردار) نسبت ضخامت به دهانه، به $\frac{۱}{۲۶}$ کاهش می‌یابد. در سقف‌هایی که مسأله‌ی خیز مطرح نباشد، این مقدار تا $\frac{۱}{۳۵}$ دهانه کاهش می‌یابد.

۶ــ حداکثر دهانه‌ی مورد پوشش سقف (در جهت طول تیرچه‌ی پیش‌ساخته‌ی خرپایی) با تیرچه‌های منفرد، نباید از ۸ متر بیش‌تر شود، توصیه می‌شود برای اطمینان بیش‌تر، دهانه‌ی مورد پوشش بیش‌تر از ۷ متر نباشد و در صورت وجود سربارهای زیاد و یا دهانه‌ی بیش از ۷ متر، طبق شکل ۸ــ۱۰ از تیرچه‌های مضاعف استفاده شود.