

روش‌های اجرای ساختمان

رشته مهندسی عمران – عمران

استاد: دکتر مسعود احمدی

پیشگفتار

نوشتار پیشرو، گزیده‌ای از فعالیت‌های رایج در کارهای ساختمانی مرسوم می‌باشد. مطالب ارائه شده در این نوشتار، برای دانشجویان رشته‌ی مهندسی عمران در مقطع کارشناسی می‌باشد. مطالب به گونه‌ای در این ویرایش ارائه شدند تا قابل درک برای دانشجویان، فارغ‌التحصیلان و کارآموزان رشته‌ی مهندسی عمران باشد. مطالب اشاره شده در این نوشتار شامل ۱۰ بخش می‌باشد و سعی شده تا تمام فعالیت‌های ساختمانی از ابتدا تا انتهای فعالیت کارگاهی پوشش داده شود. این فعالیت‌ها از بخش خاکبرداری تا اتمام و تحویل پروژه به طور مختصر توضیح داده شده‌اند. امید است مطالب ارائه شده در ارتقاء سطح دانش دانشجویان و ارتباط مناسب مطالب دانشگاهی و صنعتی موثر واقع شود.

بخش ۱: گودبرداری و سازه‌های نگهبان

مقدمه

در بسیاری از پروژه‌های ساختمانی لازم است که زمین به صورتی خاکبرداری شود که جداره‌های آن قائم یا نزدیک به قائم باشد. این کار ممکن است به منظور احداث زیر زمین، کانال، منبع آب و .. صورت گیرد. فشار جانبی وارد بر این جداره‌ها ناشی از رانش خاک بر اثر وزن خود آن و نیز سربار^۱ احتمالی روی خاک کنار گود می‌باشد. این سربارها می‌توانند شامل خاک بالاتر از تراز افقی لبه‌ی گود، ساختمان مجاور، بارهای ناشی از بهره‌برداری از معابر مجاور و ... باشند. به منظور جلوگیری از ریزش ترانشه و تبعات منفی احتمالی ناشی از این خاکبرداری، سازه‌های موقتی را برای مهار ترانشه اجرا می‌کنند که به آن سازه‌های نگهدارنده^۲ می‌گویند.

اهداف اصلی ایمن‌سازی جداره‌های گود با استفاده از سازه‌های نگهدارنده، حفظ جان انسان‌های خارج و داخل گود، حفظ اموال خارج و داخل گود و نیز فراهم آوردن شرایط امن و مطمئن برای اجرای کار است. موضوع گودبرداری، طراحی و اجرای سازه‌های نگهدارنده در مهندسی عمران دارای گستره‌ی وسیعی است و نیاز به بررسی‌ها و مطالعات و ملاحظات ژئوتکنیکی، سازه‌ای، مواد و مصالح، تکنولوژیکی، اجرایی، اقتصادی و اجتماعی دارد. در نتیجه می‌توان گفت که انتخاب روش مناسب بستگی به جمیع شرایط تأثیرگذار دارد و می‌توان در شرایط مختلف، به صورت‌های گوناگونی باشد. از سوی دیگر، تئوری‌ها و روش‌های اجرایی گودبرداری و سازه‌های نگهدارنده، هم مبتنی بر اصول تئوریک و هم متأثر از ملاحظات اجرایی و تجربی، توأماً است. در ادامه روش‌های مختلف برای مهار گودها به تفصیل آمده است.

انواع روش‌ها:

۱. روش مهارسازی
۲. روش دوخت به پشت^۳
۳. روش دیواره دیافراگمی^۴
۴. روش مهار متقابل
۵. روش اجرای شمع^۵
۶. روش سپر کوبی
۷. روش خرپایی
۸. روش پشت بندهای افقی و مایل^۶

۱. روش مهارسازی

در این روش برای مهار حرکت و رانش خاک، با استفاده از تمهیداتی خاص، از خود خاک‌های دیواره کمک گرفته می‌شود. ابتدا در حاشیه زمینی که قرار است گود برداری شود، در فواصل معین چاه‌هایی حفر می‌شود. عمق این چاه‌ها برابر با عمق گود به اضافه مقداری اضافی برای شمع بتنی انتهایی تحتانی این چاه‌هاست. پس از حفر چاه‌ها درون آن‌ها پروفیل‌های I شکل یا H شکل قرار داده می‌شود. به منظور تأمین گیرداری و مهار کافی برای این پروفیل‌ها، انتهایی پروفیل‌ها را به میزان ۰/۲۵ تا ۰/۳۵ عمق گود، پایین‌تر از رقوم کف گود درون بخش شمع ادامه داده می‌شود و در انتهایی پروفیل‌ها نیز شاخک‌هایی در نظر می‌گیرند. سپس شمع انتهایی تحتانی را که قبلاً آرماتوربندی آن اجرا و کار گذاشته شده بود، بتن ریزی می‌شود. بدین ترتیب پروفیل‌های فولادی مذکور در شمع مهار می‌شوند و پروفیل‌های فولادی همراه با شمع نیز در خاک مهار می‌شوند. پس از اجرای این مرحله، عملیات گودبرداری به صورت مرحله به مرحله اجرا می‌شود.

در هر مرحله پس از برداشتن خاک در عمق آن مرحله، برای جلوگیری از ریزش خاک، با دستگاه‌های حفاری ویژه در بدنه گود چاهک‌هایی افقی یا مایل، به قطر حدود ۱۰ تا ۱۵ سانتی‌متر، در جداره گود حفر می‌شود (آنگاه درون این این چاهک‌ها به نوع خاک و پارامترهای

۱ surcharge

۲ retaining structures; support systems

۳ Nailing

۴ Diaphragm walls-Slurry wall

۵ Bored pile walls

۶ Braced wall using wale struts

فیزیکی و مکانیکی آن و نیز به عمق گود بستگی دارد و مقدار آن در حدود ۵ تا ۱۰ سانتی متر است) پس از انجام این مرحله، پانل‌های بتنی پیش ساخته‌ای را در بین پروفیل‌های قائم قرار می‌دهند. آن‌ها را از سویی به میلگردهای بیرون آمده از چاهک‌ها به نحو مناسبی متصل و از سوی دیگر پانل‌ها را به پروفیل‌های قائم متصل می‌کنند. به جای استفاده از این پانل‌های پیش ساخته می‌توان آن‌ها را به صورت درجا اجرا نمود. همچنین می‌توان ابتدا بر روی دیواره آرماتوربندی کرده و سپس بر روی آن بتن پاشی انجام داد.

برای اتصال پانل‌ها به میلگردهای بیرون آمده از چاهک‌ها می‌توان سر میلگرد های مزبور را رزوه کرد و سپس با استفاده از صفحات سوراخ‌دار تکیه‌گاهی و مهره آن‌ها را با پانل‌ها درگیر نمود. کلیه عملیات فوق را به صورت مرحله به مرحله، از بالا به پایین اجرا می‌کنند. ملات یا خمیری که برای تزریق استفاده می‌شود، مخلوطی از سیمان و آب یا سیمان و آب و ماسه است که ممکن است در آن از مواد افزودنی نیز استفاده شود. همچنین می‌توان از مواد پلیمری و دوغاب‌های با پایه غیر از سیمان پرتلند و با ترکیبات خاص نیز برای تزریق استفاده نمود. در تزریق با استفاده از سیمان پرتلند نسبت آب به سیمان در ابتدا حدود ۱/۵ است که به تدریج آن را کاهش داده و به حدود ۰/۵ رسانده می‌شود. طراحی و برنامه‌ریزی و اجرای عملیات تزریق باید توسط متخصصان آشنا به موضوع و یا با استفاده از دستگاه های خاص و طبق استانداردها و ضوابط خاص صورت گیرد. همچنین باید توجه داشت که در صورتی که فشار به کار برده شده برای تزریق بیش از حد لزوم باشد، ممکن است ناپایداری‌ها و شکست‌هایی در خاک ایجاد کند.

مزایای روش مهارسازی

۱. مشخصات مکانیکی خاک بر اثر تزریق بتن در درون چاهک‌ها بهبود می‌یابد؛ لذا بر اثر این امر، علاوه بر کمک گرفتن از خاک اطراف جداره برای مهار رانش خاک، میزان رانش خاک بر اثر بهبود مشخصات مکانیکی خاک کاهش می‌یابد.
۲. سازه نگهبان در داخل گود جاگیر نیست.
۳. از خاک موجود برای مهار دیواره گود استفاده می‌شود.

معایب روش مهارسازی

۱. استفاده از بدنه خاک مجاور دیواره گود ضروری است؛ لذا در مواردی که خاک مجاور گود در زیر یک ساختمان و یا در حریم همسایه یا در حریم تاسیسات و معابر شهری باشد، از این روش نمی‌توان استفاده کرد یا استفاده از آن با محدودیت همراه است.
۲. به دلیل ضرورت اجرای عملیات به صورت مرحله به مرحله، به زمان زیادی نیاز دارد، البته این امر ممکن است در پروژه‌های بزرگ مطرح نباشد؛ بلکه بر عکس ممکن است زمان کلی اجرای کار نیز، به ویژه با مدیریت صحیح، کاهش یابد.
۳. هزینه اجرای عملیات، به دلیل تکنولوژی پیشرفته‌تر، در مقایسه با روش‌های ساده‌تر بیشتر است؛ ولی در پروژه‌های بزرگ و احجام زیاد ممکن است این امر مطرح نباشد و بر عکس هزینه کلی کار کاهش یابد.
۴. به دستگاه‌های خاص نظیر دستگاه‌های لازم برای حفر چاهک‌ها، تزریق و حمل پانل‌ها نیاز دارد.
۵. به افراد با تخصص‌های بالاتر در رده‌های مختلف فنی برای اجرای عملیات مربوطه، در مقایسه با روش‌های ساده‌تر نیاز دارد.

۲. روش دوخت به پشت

این روش مشابهت زیادی با روش مهارسازی دارد. در این روش حفاری به صورت مرحله به مرحله و از بالا به پایین گود اجرا می‌شود. در هر مرحله به کمک دستگاه‌های حفاری ویژه چاهک‌های افقی و مایل در بدنه دیواره گود حفر می‌شود. سپس درون این چاهک‌ها کابل‌های پیش‌تنیدگی قرار می‌دهند و با تزریق بتن در انتهای چاهک، این کابل‌ها را کاملاً در خاک مهار می‌کنند. سپس کابل‌های مزبور را به کمک جک‌های ویژه‌ای می‌کشند و انتهای بیرون آمده‌ی کابل را بر روی سطح جداره گود مهار می‌کنند. آنگاه به درون چاهک‌های مزبور بتن تزریق می‌کنند. پس از سخت شدن بتن و کسب مقاومت کافی آن کابل‌ها را از جک آزاد می‌کنند. این کار باعث می‌شود که نیروی پیش‌تنیدگی موجود در کابل خاک را فشرده سازد و در نتیجه خاک فشرده‌تر و متراکم شده و رانش ناشی از آن کاهش می‌یابد و در عین حال کل نیروی رانش خاک در جداره گود به خاک‌های داخل بدنه دیواره منتقل شده و خاک بدنه انتهایی به عنوان سازه نگهبان عمل کرده و رانش خاک بدنه مجاور جداره را تحمل کند. عمق گودبرداری در هر مرحله بستگی به نوع خاک و فاصله بین چاهک‌ها دارد و معمولاً در حدود ۲ تا ۳ متر است.

استفاده از این روش موجب افزایش مقاومت برشی توده خاک، محدود نمودن و تحت کنترل در آوردن تغییر مکان‌های خاک در اثر افزایش مقاومت برشی در سطح لغزش بدلیل افزایش نیروی قائم و باعث کاهش نیروی لغزش در سطح گسیختگی و لغزشی می‌شود. باید توجه

داشت کلیه سطوح ترانشه‌های حفاری شده که توسط نیلینگ بایستی مسلح شوند با استفاده از شبکه مش و شاتکریت ابتدا حفاظت شده و سپس سیستم نیلینگ روی آن‌ها اجرا می‌شوند.

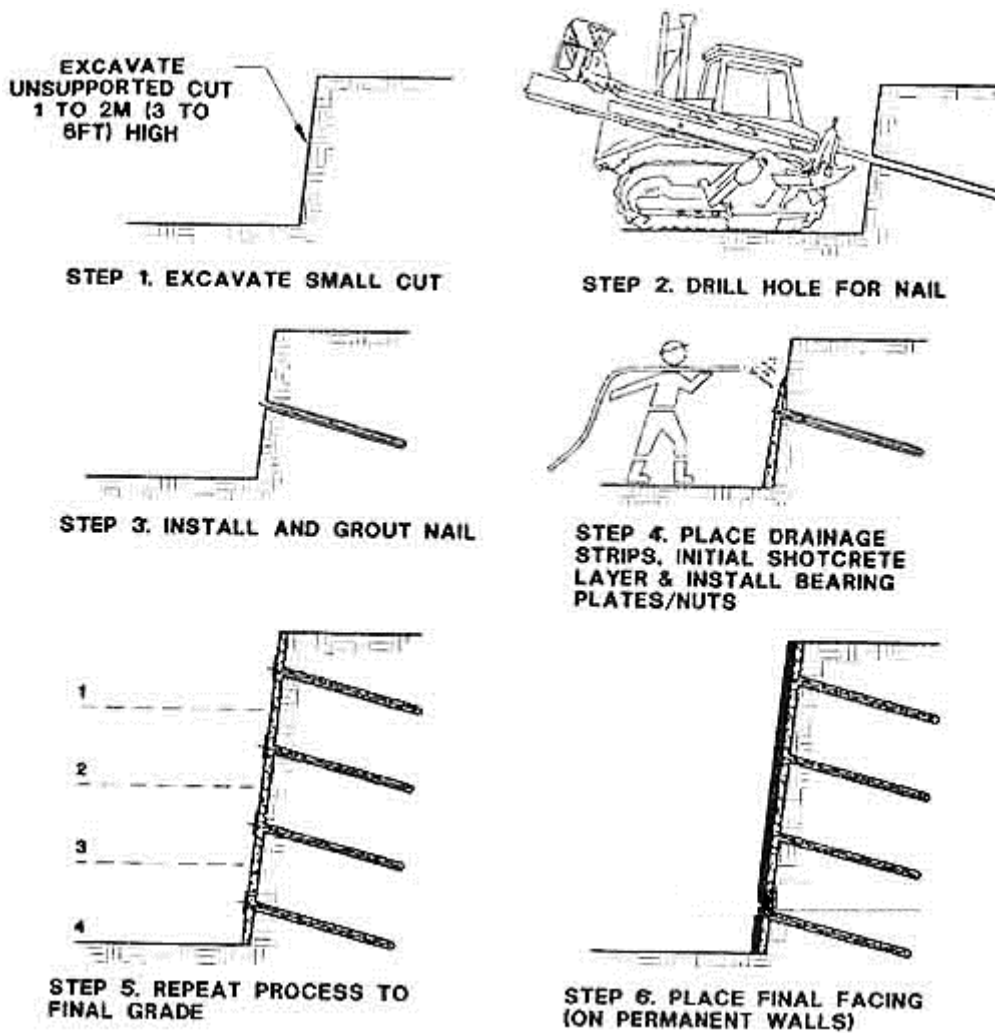
کاربرد نیلینگ در پروژه‌های عمرانی

۱. پایداری ترانشه‌ها در احداث بزرگراه‌ها و راه آهن‌ها
 ۲. پایداری جداره تونل‌ها و سازه‌های زیرزمینی
 ۳. پایداری و حفاظت گود در سازه‌های مناطق شهری، ساختمان‌های مجاور گود، ایستگاه‌های زیر زمینی مترو و ...
 ۴. پایداری کوله‌های مجاور پل‌ها در زمین‌های سست و ریزشی.
- مهار کششی نیلینگ معمولاً از آرماتورهای فولادی با قطر ۲۰ الی ۴۰ میلیمتر و با حد تسلیم ۴۲۰ الی ۵۰۰ مگاپاسکال استفاده می‌شوند که درون یک چاله حفاری شده با قطر ۷۶ الی ۱۵۰ میلیمتر قرار گرفته و دور آن درون چاله تزریق می‌گردد. فواصل بین مهارهای کششی در حدود ۱ الی ۲ متر می‌باشد و طول آن‌ها نیز در حدود ۷۰ الی ۱۰۰ درصد ارتفاع گود می‌باشد و حداقل شیب نسبت به افق حدوداً ۱۵ درجه می‌باشد. باید توجه داشت که رویه شاتکریت شده روی ترانشه‌های حفاری شده نقش سازه‌ای نداشته اما می‌توان جهت اطمینان برای پایداری موقت خاک بین مهارها استفاده نمود.



مراحل اجرای سیستم نیلینگ

- مطابق با شکل مراحل اجرای نیلینگ بصورت شماتیک نشان داده شده است.
۱. گودبرداری در مرحله اول ترانشه و یا گود و ایجاد پله بعدی عملیات.
 ۲. حفاری چاله جهت نصب مهار کششی
 ۳. قراردادن آرماتور داخل چاله و تزریق چاله.
 ۴. اجرای سیستم زهکشی و اجرای شاتکریت جداره و نصب ضخامت فولادی.
 ۵. گودبرداری مرحله بعدی ترانشه و یا گود و ایجاد پله‌های بعدی عملیات.
 ۶. اجرای پوشش شاتکریت نهایی پس از اتمام آخرین مرحله حفاری.



مزایای روش دوخت به پشت

۱. مشخصات مکانیکی خاک بر اثر تزریق بتن به درون چاهک‌ها و نیز پیش تنیده شدن خاک بهبود می‌یابد در نتیجه هم از خاک اطراف جداره برای مهار رانش خاک استفاده می‌شود و هم میزان رانش خاک بر اثر بهبود مشخصات مکانیکی خاک کاسته می‌شود.
۲. سازه نگهبان در داخل گود جاگیر نیست.
۳. از خاک موجود برای مهار دیواره گود استفاده می‌شود.



معایب روش دوخت به پشت

۱. استفاده از بدنه خاک مجاور دیواره گود ضروری است. لذا در مواردی که خاک مجاور گود در زیر یک ساختمان یا در حریم همسایه یا در حریم تاسیسات و معابر شهری باشد از این روش نمی‌توان استفاده کرد یا استفاده از آن با محدودیت همراه است.

۲. به دلیل ضرورت اجرای عملیات به صورت مرحله به مرحله، به زمان زیادی نیاز دارد، البته این امر ممکن است در پروژه‌های بزرگ مطرح نباشد بلکه بر عکس ممکن است زمان کلی اجرای کار نیز، به ویژه با مدیریت صحیح، کاهش یابد.
۳. هزینه اجرای عملیات، به دلیل تکنولوژی پیشرفته‌تر، درمقایسه با روش‌های ساده‌تر بیشتر است؛ ولی در پروژه‌های بزرگ و احجام زیاد ممکن است این امر مطرح نباشد و بر عکس هزینه کلی کار کاهش یابد.
۴. به دستگاه‌های خاص نظیر دستگاه‌های لازم برای حفر چاهک‌ها، تزریق و حمل پانل‌ها نیاز دارد.
۵. به افراد با تخصص‌های بالاتر در رده‌های مختلف فنی برای اجرای عملیات مربوطه، در مقایسه با روش‌های ساده‌تر نیاز دارد.

۳. روش دیواره دیافراگمی

در این روش ابتدا به کمک دستگاه‌های حفاری ویژه محل دیوار نگهدارنده را حفر می‌کنند. به طور همزمان محل حفر شده را با گل بنتونیت و سیمان پر می‌کنند تا از ریزش خاک دیواره محل حفر شده جلوگیری شود. سپس قفسه آرماتورهای دیوار نگهدارنده را که از قبل ساخته و آماده کرده‌اند، در داخل محل حفر شده دیوار جای می‌دهند. آنگاه بتن‌ریزی دیوار را انجام می‌دهند. بتن مصرفی معمولاً از نوع بتن روان و با کارایی زیاد است. دیوارهای دیافراگمی معمولاً به صورت پیش ساخته و پیش کشیده نیز اجرا می‌شوند.

شرح روش:

یکی دیگر از روش‌های محافظت از جداره گود احداث دیوار دیافراگمی و یا دیوار دوغابی^۱ می‌باشد. در این روش ابتدا توسط دستگاه‌های گراب متناسب با شرایط زمین حفاری قسمتی از دیوار انجام می‌شود و همزمان با حفاری جهت پایداری جداره دیواره حفاری شده و جلوگیری از ریزش‌های موضعی از دوغاب بنتونیت استفاده می‌شود، تشکیل کیک بنتونیت در داخل دیواره حفاری شده و نفوذ در لایه‌های دانه‌ای جداره باعث می‌گردد که جداره همواره پایدار بماند و سپس بلافاصله پس از رسیدن به عمق مورد نظر آرماتور گذاری شده و در نهایت بتن‌ریزی می‌گردد. این روش در زیر هسته سدهای خاکی نیز کاربرد بسیار دارد و از هرگونه نشتی جلوگیری می‌نماید. استفاده از این تکنیک در مناطق شهری نیز با محدودیت‌هایی نظیر استفاده از روش مهاربندی افقی و مایل و المان‌های کششی مواجه است.



مزایای روش دیواره دیافراگمی

۱. سرعت اجرای کار بسیار زیاد است.
۲. درجه ایمنی کار بسیار زیاد است.
۳. دیوار دیافراگمی هم به عنوان سازه نگهدارنده گود رفتار می‌کند و هم در حین بهره برداری از آن به عنوان دیوار حایل استفاده می‌شود.

۴. دیوار دیافراگم به ویژه برای حفاری‌ها و گودهای با طول زیاد مناسب است.

معایب روش دیواره دیافراگمی

۱. در احجام کم هزینه کار بسیار زیاد است، ولی در احجام بزرگ هزینه کلی اجرای کار می‌تواند از روش‌های ساده‌تر کمتر نیز باشد.
۲. در این روش دستگاه‌های حفاری مربوطه نیاز به فضای کار زیادتری دارند و در صورتی که از نظر فضای دو طرف دیواره محدودیت وجود داشته باشد، اجرای کار ناممکن خواهد بود و یا اینکه به سختی صورت می‌گیرد.
۳. در این روش به دستگاه‌های حفاری ویژه‌ای نیاز است.
۴. در این روش به نیروهای با تخصص بالا برای کار با دستگاه‌های مورد نظر و سایر موارد نیاز است.

۴. روش مهار متقابل

این روش برای گودهای به عرض کم مناسب است. در این روش ابتدا در دو طرف گود، در فواصلی معین از یکدیگر چاهک‌های را حفر می‌کنند. طول این چاهک‌ها برابر با عمق گود به اضافه مقداری اضافه‌تر به میزان حدود ۲۵/۰ تا ۳۵/۰ برابر عمق گود است. این عمق اضافه به منظور تأمین گیرداری انتهای تحتانی پروفیل‌هایی است که در چاهک قرار داده می‌شوند. سپس درون این چاهک‌ها پروفیل‌های فولادی H یا I شکل مطابق با محاسبات و نقشه‌های اجرایی قرار می‌دهند. طول این پروفیل‌ها را معمولاً به گونه‌ای در نظر می‌گیرند که انتهای فوقانی آن‌ها تاحدی بالاتر از تراز بالای گود قرار بگیرد. آنگاه قسمت فوقانی هر دو پروفیل قائم مزبور را به کمک تیرها و خرپاهایی به یکدیگر متصل می‌کنند. این کار موجب می‌شود که هر دو پروفیل متقابل قائم، به پایداری یکدیگر کمک کنند. پس از آن، عملیات گود برداری را به تدریج انجام می‌دهند. در صورت لزوم، در نقاط دیگری از ارتفاع پروفیل‌های قائم نیز سیستم مهار متقابل را اجرا می‌کنند. در صورتی که خاک خیلی ریزشی باشد باید در بین اعضای قائم از الوارهای چوبی یا اعضای مناسب دیگر استفاده نمود. سیستم مهار متقابل فوق‌الذکر باید در جهت عمود بر سیستم قبلی آن یعنی در جهت طول گود نیز به صورتی مناسبی مهار بندی شود.



مزایای روش مهار متقابل

۱. گودبرداری‌های با عرض کم دارای مزایای بسیار زیادی است که از آن جمله سرعت زیادتر، هزینه کمتر و جاگیری کمتر را می‌توان نام برد.
۲. این روش به ویژه در بسیاری از عملیات‌های اجرای کانال‌ها می‌تواند بسیار سودمند واقع شود.

معایب روش مهار متقابل

در صورتی که عرض گود زیاد، مثلاً بیش از ۱۰ متر شود و نیز در صورتی که عمق گود زیاد باشد ممکن است مهاربندی‌های عرضی و یا مهاربندی‌های ترازهای مختلف دست و پا گیر شده و موجب بروز مشکل در اجرای کار بشود.

۵. روش اجرای شمع

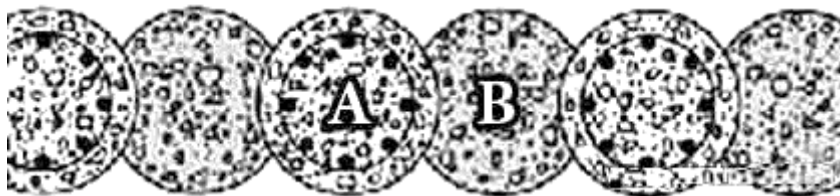
در این روش در پیرامون زمینی که قرار است گود برداری شود در فواصل معینی از هم شمع‌هایی اجرا می‌کنند. این شمع‌ها می‌توانند از انواع مختلف مصالح سازه‌ای نظیر فولاد، بتن و چوب باشند. همچنین شمع‌های بتنی را می‌توان به صورت پیش‌ساخته یا درجا اجرا کرد. در این روش شمع‌ها فشار جانبی خاک را به صورت تیرهای یکسر گیردار تحمل می‌کنند. طول گیرداری لازم در انتهای شمع‌ها چیزی در حدود ۳ درصد است. پس از اجرای شمع‌ها می‌توان عملیات گودبرداری را اجرا کرد. در صورت لزوم باید شمع‌ها را در امتداد گود مهاربندی کرد.



شرح روش:

یکی از روش‌های متداول در پایداری و حفاظت جداره‌ها با شرایط متنوع در زمین‌های سخت، سست و نرم استفاده از شمع‌های درجا می‌باشد و در برخی موارد علاوه بر ایفای نقش حفاظت جانبی نقش آب‌بندی را نیز انجام می‌دهد و همواره در صورت نیاز بار قائم نیز تحمل می‌کند. مهاربندی جداره‌ها توسط شمع‌های درجا در موارد زیر به عنوان گزینه برتر برای سیستم‌های حفاظت جانبی گود مطرح می‌باشند:

- در مواردی که امکان اجرای سپر فولادی (کوبیدن و نصب) وجود ندارد و یا سختی و تراکم زمین بیش از حد توان سپر کوبی و با دشواری زیادی مواجهه می‌باشد.
 - در شرایطی که دلیل وجود آب‌های زیر زمینی و بالا بودن سطح آن نیاز به آب‌بند بودن جداره می‌باشد.
 - در مواردی که امکان ایجاد مهارهای جانبی (کششی) در زیر ساختمان‌های مجاور ناشی از گودبرداری وجود ندارد و یا در تلاقی با تاسیسات زیر بنایی شهری و سازه‌های زیرزمینی (تونل) باشد.
 - در مواقعی که امکان استفاده از سیستم حفاظت گود به عنوان بخشی از سازه اصلی و باربری وجود داشته باشد
- روش‌های مختلف برای اجرای تکنیک‌های شمع‌های درجا ریز وجود دارد و متداول‌ترین آن‌ها عبارتند از:
- الف) اجرای دیوار محافظت پیوسته (آب بند):
- در این روش ابتدا شمع‌هایی با بتن پلاستیک یک در میان حفاری و اجرا می‌گردد و سپس با رعایت هم‌پوشانی شمع‌های اصلی و سازه‌ای با رعایت احداث جداره زنجیره‌ای و پیوسته اجرا می‌گردد.



(ب) اجرای دیوار محافظت ناپیوسته:

در مواردی که توده خاک و سنگ دارای چسبندگی زیاد بوده و سطح آب‌های زیر پایین باشد، می‌توان از شمع‌های درجا ریز ناپیوسته و با فاصله استفاده نمود. در این روش به دلیل چسبندگی بین دانه‌ها خاک بین شمع‌ها با وجود پدیده قوس خوردگی پایداری جانبی وجود دارد. با در نظر گرفتن شرایط و پارامترهای ژئوتکنیکی خاک معمولاً حداکثر فاصله محور تا محور شمع‌های اصلی ۲ برابر قطر شمع‌ها می‌باشد. همچنین در این روش پایداری در برابر نیروهای جانبی نیز مدنظر قرار می‌گیرد. این روش در پایداری‌های کوتاه مدت کارایی داشته و در اثر مرور زمین احتمال هوازدگی بین شمع‌ها وجود دارد و در دراز مدت نیز تغییر مشخصات خاک و برخی از پارامترهای آن مانند از دست دادن آب و یا حالت اشباع پیدا نمودن آن باعث ریزش خاک بین شمع‌ها شده و برای جلوگیری از آن می‌توان از بتن پاشی (شاتکریت) و با بستن مش پوشش لازم را جهت پایداری ایجاد نمود.



مزایای روش اجرای شمع

۱. سرعت عملیات اجرایی بسیار بالاست.
۲. سیستم به هیچ وجه دست و پا گیر نیست.
۳. در احجام زیاد هزینه عملیات کاهش می‌یابد.
۴. گاهی اوقات می‌توان از شمع‌ها به عنوان سازه نگهبان دائم (نظیر دیوار حائل) یا بخشی از آن نیز استفاده کرد.
۵. شمع‌های پیش ساخته را پس از جمع‌آوری می‌توان در پروژه‌های دیگر نیز استفاده کرد.
۶. در گودهای با عمق تا حدود ۵ متر معمولاً اقتصادی‌اند.

معایب روش اجرای شمع

۱. در صورتی که ارتفاع گودبرداری زیاد باشد هم باید فواصل شمع‌ها از هم کم شوند و هم باید از مقاطع سازه‌ای قوی‌تری برای اجرای کار استفاده کرد.
۲. در بسیاری از پروژه‌های شهری به دلیل مشکلات شمع‌کوبی نمی‌توان از شمع‌های پیش‌ساخته استفاده کرد و فقط باید شمع‌ها را به صورت درجا اجرا کرد.

۶. روش سپر کوبی

در این روش ابتدا در طرفین گود سپرهایی را می‌کوبند و سپس خاکبرداری را شروع می‌کنند. پس از آن که عمق خاکبرداری به حد کافی رسید در کمرش سپرها و بر روی آن‌ها تیرهای پشت بند افقی را نصب می‌کنند. سپس قیدهای فشاری قائم را در جهت عمود بر صفحه سپرها به این پشت بندهای افقی وصل می‌کنند. سپرها و پشت‌بندها و قیدهای فشاری در عرض‌های کم و خاک‌های غیر سست معمولاً از نوع چوبی است، ولی در عرض‌های بیشتر و خاک‌های سست‌تر استفاده از سپرها و پشت‌بندها و قیدهای فشاری فلزی اجتناب‌ناپذیر است.

در این روش صفحات فلزی داخل خاک و جداره گود توسط چکش پنوماتیک و با استفاده از لرزش کوبیده می‌شوند و با انواع اتصالات بین خود به یکدیگر متصل شده و یک جداره پیوسته را تشکیل می‌دهند. از مزایای این روش راحتی در کوبیدن، نصب و بیرون کشیدن آن‌ها به دیگر روش‌ها برتری داشته و مصالح آن مجدداً قابل استفاده در پروژه‌های دیگر می‌باشد، همچنین در این روش به المان‌های افقی و مایل کمتری نیاز می‌باشد. بنابراین محدودیت‌های اشغال فضای داخل گود کمتر وجود دارد. لیکن از جمله معایب این روش وابستگی به نصب سپرهای فلزی می‌باشند که در محیط‌های شهری بدلیل وجود تاسیسات زیربنایی شهری و ایجاد لرزش و صدای ناشی

از کوبش سپرها محدودیت‌هایی را بوجود می‌آورد. همچنین کوبیدن سپرها در زمین‌های سنگی و یا خاک‌های بسیار متراکم به سختی انجام‌پذیر است و در زمین‌های با شرایط بالا با محدودیت مواجهه می‌گردد.



مزایای روش سپرکوبی

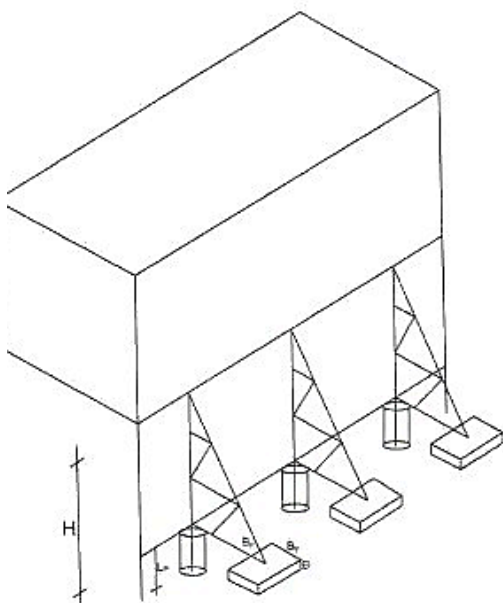
۱. سرعت اجرایی کر بسیار زیاد است .
۲. درجه ایمنی کار بسیار زیاد است.
۳. برای اجرای کانال‌ها به ویژه با طول‌های زیاد مناسب است.

معایب روش سپرکوبی

۱. در این روش به دستگاه‌های سپرکوبی که به هر حال یک دستگاه ویژه است نیاز است.
۲. این روش به نیروهای با تخصص بالاتر نسبت به روش‌های ساده‌تر نیاز دارد.
۳. دستگاه‌های سپرکوب به جای کافی برای اجرای کار نیاز دارند.
۴. این روش برای عرض‌های کم مناسب‌تر است.

۷. روش خrpایی

این روش یکی از مناسب‌ترین و متداول‌ترین روش‌های اجرایی سازه نگهدارنده در مناطق شهری است. اجرای آن ساده بوده و نیاز به تجهیزات و تخصص بالایی ندارد و در عین حال قابلیت انعطاف‌پذیری از نظر اجرا در شرایط مختلف دارد. شمای کلی این نوع سازه نگهدارنده در شکل زیر نشان داده شده است. برای اجرای این نوع سازه نگهدارنده ابتدا در محل عضوهای قائم خریا که در مجاورت دیواره گود قرار دارند چاه‌هایی را حفر می‌کنند. عمق این چاه‌ها برابر با عمق گود به اضافه مقداری اضافه برای اجرای شمع انتهایی تحتانی عضو خریا است.



طول شمع را که با LP نشان داده می‌شود از طریق محاسبه به دست می‌آورند. آنگاه درون شمع را آرماتوربندی کرده و عضو قائم را در داخل شمع قرار داده و سپس شمع را بتن‌ریزی می‌کنند. پس از سخت شدن بتن انتهای تحتانی عضو قائم به صورت گیردار در داخل شمع قرار خواهد داشت. سپس خاک در امتداد دیواره گود با یک شیب مطمئن برداشته می‌شود. آنگاه فونداسیون پای عضو مایل را اجرا می‌کنند. این فونداسیون در پلان به صورت مربعی است. بعد یا عرض فونداسیون را با BF و ضخامت یا ارتفاع آنرا با B نشان می‌دهند. پس از آن عضو مایل را از یک طرف به عضو قائم و از طرف دیگر به ورق کف ستون بالای فونداسیون متصل می‌کنند. عملیات فوق را برای تمام خرپاهای سازه نگهبان در امتداد دیواره به صورت همزمان اجرا می‌کنند. حال خاک محصور بین اعضای قائم و افقی خرپا را در سرتاسر امتداد دیواره به صورت مرحله به مرحله بر می‌دارند و در هر مرحله اعضای افقی و قطری خرپا رابه تدریج نصب می‌کنند تا اینکه خرپا تکمیل شود.

مزایای روش خرپایی

۱. برای عموم گودهای واقع در مناطق شهری مناسب است.
۲. از نظر اجرا در شرایط مختلف، قابلیت انعطاف زیادی دارد.
۳. امکان استفاده مجدد از خرپا وجود دارد.
۴. ساده است و به تخصص و دستگاه‌های خاص نیازی ندارد.

معایب روش خرپایی

۱. سرعت اجرا در مقایسه با روش‌های پیشرفته‌تر نسبتاً کمتر است.
۲. خرپاها جاگیرند.
۳. احتمال الزامی بودن برداشتن بخشی از خاک با روش‌های دستی وجود دارد.

۸. روش پشت بندهای افقی و مایل

این روش ساده برای نگهداری و حفاظت جداره‌های حاصل از گودبرداری و برای جلوگیری از تغییر مکان‌های جانبی در گودهایی با عرض کم در محیط‌های شهری استفاده می‌شود. از معایب این روش اتلاف قابل توجهی از فضای کاری داخل گود و محدودیت در بکارگیری ماشین آلات و تجهیزات مورد نیاز و همچنین افزایش ریسک برخورد با المان‌ها و به مخاطره انداختن آن‌ها می‌باشد.

اولین گام در اجرای پشت‌بندهای افقی و مایل قرار دادن شمع‌های صفحه‌ای یا همان جزء عمودی است. شمع‌های صفحه‌ای تا رسیدن به عمق مورد نظر حفاری و جاسازی می‌شوند. در مرحله‌ی بعد و بعد از قرار دادن شمع‌های صفحه‌ای، حفاری شروع می‌شود. حفاری تا رسیدن به مقدار معینی از عمق که از قبل مشخص شده است، ادامه می‌یابد. با رسیدن به عمق مورد نظر، محل نصب اولین پشت‌بند که فاصله‌ی کمی هم با سطح زمین دارد (تقریباً ۵۰ سانتیمتر) مشخص می‌شود. با رسیدن به این عمق، اولین پشت‌بند افقی نصب می‌شود. پشت‌بند همراه با والر و سخت‌کننده نصب می‌شود که در مجموع استرات نامیده می‌شود. در نهایت فرایند حفاری و جایگذاری پشت‌بندها به طور پی در پی تا عمق از قبل مشخص شده ادامه می‌یابد تا اینکه مقدار مطلوبی از پشت‌بندها نصب شوند.

یکی از نقاط قوت این روش، امکان استفاده از آن در عمق‌های زیاد و عرض‌های کم است که امکان استفاده از روش‌های دیگر پایدارسازی گود وجود ندارد. علاوه بر این، روش خاص اجرای این نوع از پایدارسازی آن را برای استفاده در مناطق دارای خاک‌های سست بسیار مناسب کرده است. از معایب این روش می‌توان به استفاده زیاد از اجزای پایدارسازی (پشت‌بندها) اشاره نمود که متعاقباً موجب هدر رفت بخش زیادی از فضایی کار می‌شود و از طرفی هم احتمال حوادث در اثر برخورد با اجزای این روش پایدارسازی را افزایش می‌دهد.



بخش ۲: پی و قالب بندی پی

به مجموعه قسمت‌هایی از ساختمان که با خاک در ارتباط است و منتقل نمودن بار ساختمان و زمین، به وسیله آن انجام می‌شود، پی می‌گویند. هدف از پی‌سازی، پر نمودن بخش‌های پی‌کنی شده با مصالح مقاوم و مستحکم است. انتخاب نمودن هر کدام از انواع مصالح مورد استفاده در پی‌سازی به مقاومت زمین و نوع ساختمان مورد اجرا وابسته است.

پی‌ها از منظر مصالح مصرفی

۱. پی شفته آهکی

این گونه پی‌ها از ترکیب شن، ماسه، خاک، مقدار معینی آهک شکفته و آب حاصل می‌شوند و برای ساخت ساختمان‌های کوچک و با ارتفاع کم (حداکثر تا ۲ طبقه) به کار برده می‌شود.

۲. پی سنگی

در ساختمان‌های کوچک با بار واردهی اندک و در حوزه‌هایی که سنگ طبیعی زیاد بوده و بنابراین سنگ‌ها به صورت ارزان پیدا می‌شوند، این نوع پی را به کار می‌برد. ملات این گونه پی‌ها، ماسه سیمان است.

۳. پی آجری

مصالح به کار رفته در این نوع پی‌ها، آجر فشاری مرغوب و ملاط ماسه سیمان و یا ملاط باتارد است. این نوع پی جهت استفاده در ساختمان‌های کوچک و کم ارتفاع به کار برده می‌شود.

۴. پی بتنی (غیر مسلح)

از این نوع پی برای استفاده در ساختمان‌های سبک و یک طبقه از نوع نواری استفاده می‌شود. زاویه‌ی پخش بار در این نوع پی‌ها ۴۵ درجه بوده و می‌توان جهت صرفه‌جویی در بتن به صورت پلکانی یا شیب‌دار پیاده‌سازی نمود.

۵. پی بتن مسلح (بتن آرمه)

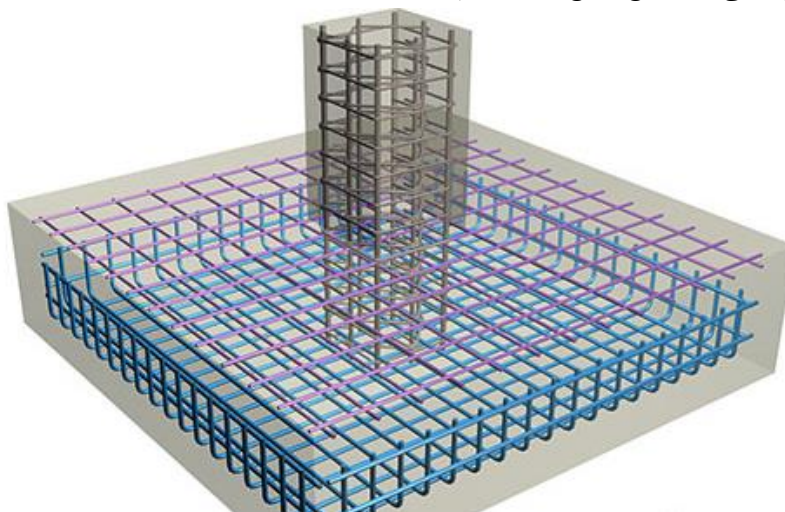
این نوع از پی بهترین نوع پی‌سازی و رایج‌ترین آن به شمار می‌رود. در حال حاضر پی‌سازی اغلب ساختمان‌های چند طبقه را با بتن آرمه می‌سازند. پخش بار در این نوع از پی‌ها ۳۰ تا ۴۵ درجه است.

پی‌ها از نظر شکل کلی آن (سیستم ساخت)

با توجه به مقاومت زمین، مقدار بار وارده از ساختمان و نیز نوع اسکلت ساختمان، نوع پی طراحی و محاسبه می‌شود.

پی‌های تکی (منفرد):

پی تکی اغلب هنگامی به کار برده می‌شود که بار وارده از ساختمان نسبتاً اندک بوده و تعداد طبقات آن حدود ۳ الی ۴ طبقه باشد و از سویی احتمال نشست غیریکنواخت زمین نیز وجود نداشته باشد. یعنی نوع خاک زمینی که ساختمان روی آن ساخته می‌شود، همسان بوده و مقاومت آن در همه جا یکسان باشد. در ساختمان‌های اسکلت فلزی و بتنی به دلیل اینکه کلیه بارها به ستون وارد می‌شود و ستون‌ها بار را به پی انتقال می‌دهند، بایستی پی از نوع بتن آرمه (بتن + فولاد) باشد. در این گونه پی‌های بتن آرمه که از نوع منفرد آن به کار می‌رود، سطح مقطع پی‌ها می‌تواند مربع، مربع مستطیل، چند گوشه، دایره و یا شکل دیگری داشته باشد.

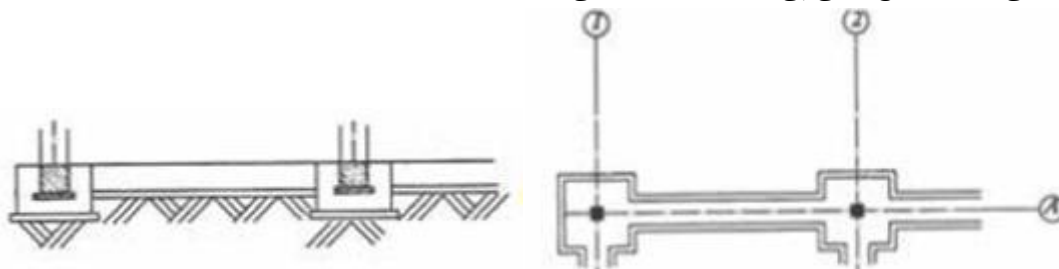


پی کلاف شده:

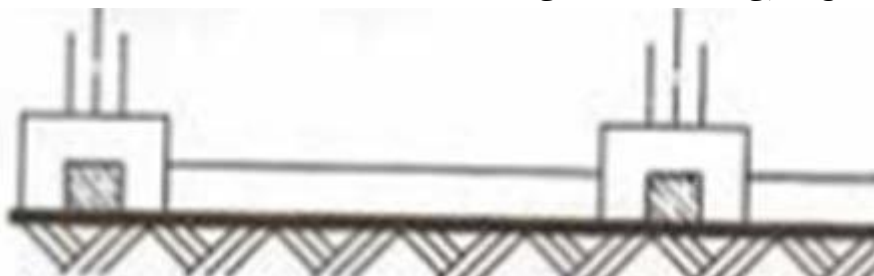
به اتصال دو پی منفرد به وسیله شناژ (تیر بتن آرمه) پی کلاف شده اطلاق می شود. در حوزه های زلزله خیز مناسب ترین نوع پی جهت ساختمان های مسکونی معمولی به شمار می آید.

نحوه ی اتصال و ارتباط بین شناژ و پی، به چهار صورت زیر صورت می گیرد:

الف- سطح بالایی شناژ و سطح بالایی پی در یک راستا قرار می گیرند.



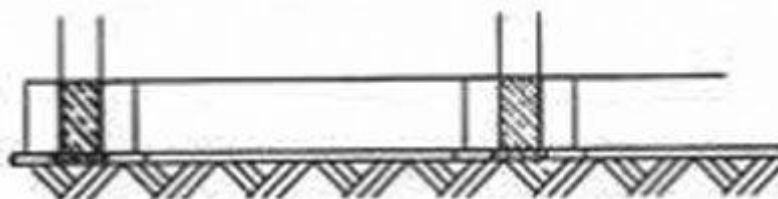
ب- سطح زیر شناژ با سطح زیر پی در یک راستا قرار می گیرد.



ج- سطح زیر و روی شناژ مانند شکل زیر در میان پی قرار می گیرد.



د- سطح زیر و روی شناژ، مانند شکل زیر در امتداد سطح بالا و پایین پی قرار می گیرد. در این حالت ارتفاع شناژ و پی با هم برابر است.



پی های نواری

پی های نواری، به پی هایی گفته می شود که طول آن در مقایسه با پهنای آن زیاد باشد. این گونه پی ها بار وارده را در راستای طول پخش کرده و به خاک منتقل می کنند. پی های نواری را وقتی می سازند که زیر یک ردیف ستون (در ساختمان های اسکلت فلزی یا بتن آرمه) یا در زیر یک دیوار (در ساختمان های آجری) و یا زیر ستون و دیوار با یکدیگر جای گرفته باشند. موارد کاربرد این نوع پی ها نسبتاً زیاد می باشد، به خصوص در مواردی که فاصله ی پی ها از هم کم باشد، پیرامون ساختمان را زمین های همسایه احاطه کرده و امکان وسعت دادن پی از هر چهار طرف ممکن نباشد. آرماتور گذاری پی نواری را می توانید در تصویر زیر مشاهده کنید.



پی‌های مشترک (دوبل)

اگر یک پی برای دو یا چند ستون به کار برده شود، پی را مشترک نام‌گذاری می‌نمایند.

موارد استفاده‌ی پی مشترک:

- نزدیکی فاصله‌ی پی‌ها به هم
- پی در کنار زمین همسایه باشد
- برای ستون‌های مجاور درز انبساط (ستون کناری) و ستون میانی پی مشترک ساخته می‌شود، در این حال پی به شکل دوزنقه بنا می‌شود که قاعده‌ی بزرگ آن در راستای بار بیشتر و قاعده‌ی کوچک آن در راستای بار کمتر قرار داده می‌شود.

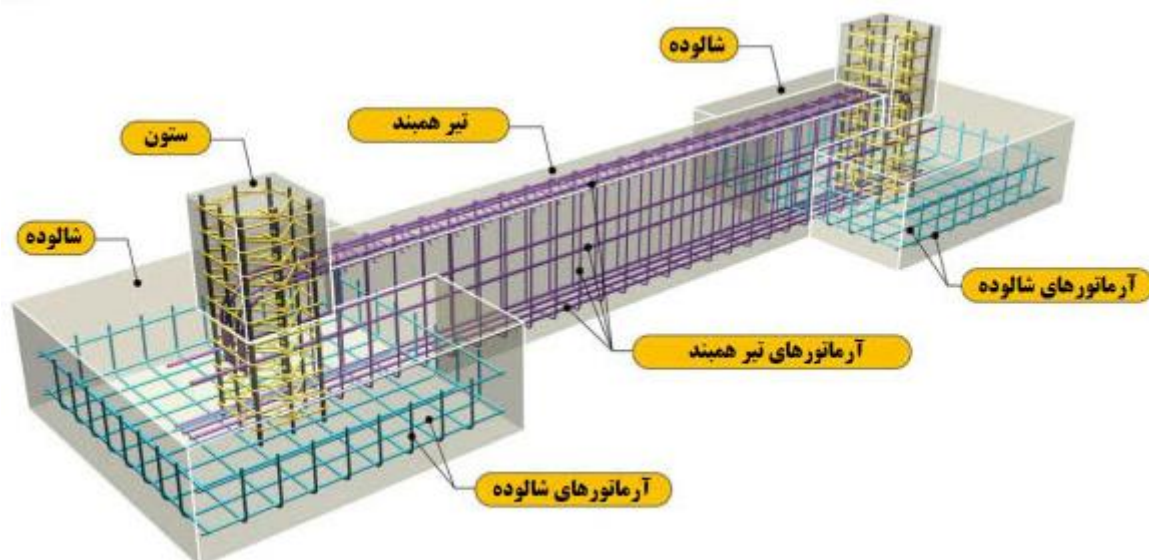
پی باسکولی^۱

هنگام پیاده‌سازی پی کلاف شده، هرگاه روی دو پی که در کنار هم قرار دارند، دو نیروی غیر همسان وارد شود، آن‌ها را با استفاده از قانون اهرم توسط شناژ طوری به هم متصل می‌نمایند تا فشار در زیر هر دو پی به یک اندازه وارد شود. این نوع پی، پی باسکولی گفته می‌شود. در این نوع پی تعداد آرماتورهای بالای شناژ را تقویت می‌کنند. کلاف دو عملکرد اصلی دارد:

۱. انتقال تنش از پی دارای خروج از مرکزیت به پی دیگر (نوعی تعدیل تنش)

۲. کنترل نشست‌های مطلق و نامتقارن پی

مطابق شکل زیر تیر هم بند باید ۵ تا ۱۰ سانتی متر بالاتر از سطح زمین قرار گرفته باشد تا در انتقال بار به زمین مشارکت نداشته باشد.



پی صفحه‌ای (پی گسترده)

از این نوع از پی‌ها در مواردی به کار می‌رود که بارهای وارده از ساختمان بسیار زیاد بوده (بار آسمان خراش‌ها) و یا مقاومت زمین به اندازه‌ای کم باشد که جهت منتقل نمودن بار به خاک، تمام سطح زیر ساختمان لازم باشد. پی صفحه‌ای به شکلی یکپارچه از بتن آرمه

در تمام بخش‌های زیر ساختمان ساخته می‌شود که کلیه‌ی ستون‌ها و دیوارها روی آن واقع می‌شود. در برخی از مواقع که بار بسیار فراوان باشد، سطح پی را وسیع‌تر از سطح ساختمان روی آن می‌سازند تا پخش بار در سطح بزرگ‌تری صورت گیرد. پی‌های صفحه‌ای به صورت‌های مختلف نظیر پی صفحه‌ای ساده، صفحه با دیوار محیطی، صفحه‌ای با تیر، صفحه‌ای با دیوار بتنی در یک جهت و صفحه‌ای با دیوار بتنی در دو راستا اجرا می‌شوند. توزیع یکنواخت‌تر تنش و کاهش نشست غیر یکنواخت پی از مزایای پی گسترده است.

قالب‌بندی پی

قالب بندی فونداسیون سازه از مهم‌ترین بخش‌های اجرایی سازه به شمار می‌رود؛ چرا که فونداسیون ساختمان در واقع پایه و اساس سازه است و باید در اجرای **قالب‌بندی پی** تمامی نکات و استانداردهای مربوط به قالب‌بندی رعایت شود.

در قالب‌بندی فونداسیون سازه بتنی از پنل‌هایی با جنس‌های متفاوت استفاده می‌شود. پنل‌های قالب‌بندی دارای اندازه و اشکال مختلفی هستند که انتخاب آن‌ها با توجه به نوع سازه و نحوه‌ی پیاده‌سازی فونداسیون بر اساس نقشه‌های اجرایی انتخاب می‌شود. در صورتی که ضخامت دیوار بیشتر باشد و یا فشار بتن بالا باشد می‌توان در پیاده‌سازی قالب‌ها از قطعات تکمیلی مثل بلت‌ها استفاده نمود. در ساخت سازه بتنی بعد از نقشه برداری از زمین و مشخص کردن مختصات اجرای فونداسیون در مرحله اول گودبرداری انجام می‌شود. بعد از انجام گودبرداری سازه، بتن مگر اجرا می‌شود و سپس آرماتوربندی فونداسیون انجام می‌شود. بعد از اجرای دقیق آرماتوربندی نوبت به اجرای قالب‌بندی فونداسیون می‌رسد.

در ابتدا روش و حدود اجرای قالب بندی فونداسیون با توجه به نقشه‌های اجرایی مشخص می‌شود و سپس عملیات قالب‌بندی آغاز می‌شود. برای قالب‌بندی فونداسیون سازه بتنی می‌توان از قالب‌های آجری، چوبی، فلزی و ... با توجه به شرایط اجرای سازه استفاده نمود. در اجرای **قالب‌بندی پی** ساختمان، توصیه می‌شود که در صورت امکان از قالب‌بندی فلزی فونداسیون استفاده شود. استفاده از قالب‌بندی فلزی باعث ایجاد استحکام و تراز مناسب در فونداسیون می‌شود و بخصوص در پروژه‌هایی که در آن‌ها عمق فونداسیون بالاست بسیار توصیه می‌شود.

فونداسیون سازه ممکن است به صورت نواری، گسترده یا منفرد اجرا شود. معمولاً برای پیاده‌سازی فونداسیون سازه در مرحله قالب‌بندی از قالب‌های مدولار به همراه اتصالاتی مانند پین، گوه، گیره و ... برای اجرای بهتر و دقیق‌تر فونداسیون استفاده می‌شود. در اجرای کنج‌های داخلی و خارجی فونداسیون معمولاً از نبشی صفر کمک گرفته می‌شود. استفاده از قالب‌های مدولار در اجرای انواع پی‌های نواری، منفرد، شیب دار، سکو و ... می‌تواند قیمت قالب‌بندی فونداسیون تا حد زیادی کاهش دهد و سرعت اجرای کار را بالا ببرد.

در صورت استفاده از قالب آجری در ساخت فونداسیون ساختمان بهتر است یک لایه سیمانی نازک روی قالب‌های آجری انجام شود. این عمل مقاومت بتن را بالا می‌برد و عملکرد قالب‌بندی آجری را افزایش می‌دهد. اگر شرایط برای اجرای سیمان کاری فراهم نبود حتماً قبل از اجرای بتن‌ریزی روی قالب‌های آجری را با یک لایه پلاستیکی که دارای ضخامت کافی است پوشانده شود تا آب بتن توسط قالب‌های آجری جذب نشود. در اجرای **قالب‌بندی پی** رعایت پایداری و استحکام قالب‌ها نکته بسیار مهم و حیاتی است. قالب‌ها باید در جای مشخص شده‌ی خود کاملاً محکم و بدون حرکت نصب شوند و درزهای میانی آن‌ها با استفاده از مصالح مناسب پوشانده شود تا در هنگام بتن‌ریزی، بتن از درزهای لابلای قالب‌ها بیرون نزنند.

قالب‌بندی فونداسیون در سه نوع آجری، چوبی و فلزی تقسیم می‌شود.

قالب‌های فلزی:

در بیشتر ساختمان‌سازی‌ها از این روش استفاده می‌شود زیرا هم محکم‌تر از روش‌های دیگر هست و هم سطح شاقولی بهتری نسبت به روش‌های دیگر دارد.

قالب آجری:

قالب‌های آجری از لحاظ سرعت کار و اقتصادی مقرون به صرفه می‌باشد. ضخامت آجرچینی برای قالب‌بندی می‌تواند تا ۱۰ سانتی‌متر هم باشد. با استفاده از ملات گل برای چیدن آجرها می‌توان پس از خشک شدن بتن آجرها را برداشته و دوباره استفاده کرد. در صورت چیدن آجرها با ملات گل، حتماً باید تمهیداتی را برای جلوگیری از ریزش قالب در هنگام آرماتوربندی و بتن‌ریزی در نظر گرفت.

قالب چوبی:

این قالب‌ها معمولاً از الوار، تخته سه لایی و یا تخته‌های ضد رطوبت ساخته می‌شوند. این تخته‌ها را به دلیل قابلیت انعطاف و وزن کم از چوب درخت سوزنی و چوب کاج وارداتی تهیه می‌کنند. تهیه این قالب‌ها بسیار آسان است، اما برای سازه‌های بزرگ که به تعداد زیادی قالب بتن نیاز است ساخت این نوع قالب وقت‌گیر است.

نحوه انجام قالب‌بندی فونداسیون:

قالب‌بندی برای ساختمان‌ها از نظر بزرگی و کوچکی ساختمان متفاوت است. در ساختمان‌های کوچک معمولاً برای قالب‌بندی فونداسیون از آجر استفاده می‌شود. بدین طریق که بعد از خاک‌برداری و تعیین محورها اندازه‌ی پی‌ها را با آجر چیده و بعد از آن شناژها را به آن متصل می‌نمایند. ضخامت این آجر چینی می‌تواند حتی تا ۱۰ سانتیمتر نیز باشد. بهتر است برای این آجر چینی از ملات گل استفاده شود زیرا در این صورت بعد از سخت شدن بتن می‌توان آجرها را برداشته و مجدداً استفاده کرد، ولی با تمام این وجود در این روش ممکن است در موقع بتن‌ریزی دیوارهای قالب تحمل وزن بتن را ننموده و از همدیگر متلاشی شود که در این صورت می‌باید قبل از بتن‌ریزی پشت کلیه قالب‌ها با خاک و یا آجر و یا مصالح دیگر بسته شود؛ به طوری که بدون هیچ مشکلی بتواند وزن بتن را تحمل نماید. اساسی‌ترین مشکل در این نوع قالب‌بندی این است که آجر آب بتن مجاور خود را مکیده و آن را خشک نموده و فعل و انفعالات شیمیایی را در آن متوقف می‌نماید و در نتیجه حدود ۵ سانتیمتر بتن مجاور خود را فاسد می‌کند. برای جلوگیری از این کار بهتر است که رویه آجر با یک ورقه نایلونی پوشانده شود تا آجر و بتن مستقیماً در تماس نباشند.

مزیت دیگر این عمل آن است که بعد از سخت شدن بتن، آجرها به راحتی از قالب جدا شده و می‌تواند در محل‌های دیگری مورد استفاده قرار گیرند. به تصور عامیانه می‌توان قبل از بتن‌ریزی قالب‌های آجری را با پاشیدن آب کاملاً سیراب نمود به گونه‌ای که آجرها آب بتن را جذب نکنند. این تصور کاملاً بی‌اساس می‌باشد زیرا اولاً با پاشیدن آب، آجر کاملاً سیراب نمی‌شود و حتی مقدار زیادی آب در قالب جمع شده که خارج کردن آن از قالب بسیار مشکل و گاهی غیر ممکن می‌باشد و این آب موجود در داخل پی جای بتن را گرفته و موجب پوکی قطعه می‌شود. در ساختمان‌های بزرگ قالب پی‌ها را با تخته‌های چوبی تهیه می‌نمایند. بدین طریق که ارتفاع پی‌ها را که روی نقشه مشخص می‌باشد تعیین نموده و با کنار هم قرار دادن تخته‌ها به همان اندازه و اتصال آن‌ها با یکدیگر به وسیله چوب‌های چهار تراش قالب پی و یا هر قسمت دیگر را می‌سازند. البته باید توجه داشت که تخته‌ها باید آن‌چنان به یکدیگر اتصال داشته باشند که بتوانند وزن بتن و ضربه‌ها و ارتعاشات بوجود آمده بوسیله ویبراتور را تحمل نمایند. این مساله در مورد شناژها مهم‌تر است. در این مورد باید تخته‌ها را از بالا به وسیله قطعات چوب چهار تراش به یکدیگر متصل نمود.

سنگین‌ترین و مشکل‌ترین بخش فونداسیون استفاده از مواد بتن است، برای استفاده از بتن باید پایداری مجموعه قالب، دفع نیروی هیدرو استاتیک و فشار جانبی بتن و دفع نیروی بالا رانش را در نظر گرفت.

بخش ۳: چاه جذبی و سپتیک تانک

۱. چاه جذبی:

در مواردی که فاضلاب کم و محدود به چند خانواده باشد و زمین در عمق‌های نسبتاً کم (حدود ۲۰ متری) به لایه‌های آبرفتی نفوذپذیر برسد و سفره‌های آب زیرزمینی حداقل ۳ تا ۴ متر پایین‌تر از لایه‌های یاد شده قرار گرفته باشد و یا از این سفره‌ها هیچ‌گونه برداشتی برای مصارف بهداشتی و شرب نشود، روش استفاده از چاه فاضلاب، ساده‌ترین و ارزان‌ترین روش دفع فاضلاب است. ساختمان چاه جذبی از قسمت‌های دهانه‌ی چاه (طوقه)، میله چاه، انباره چاه، گلدان ورودی چاه و دال بتنی روی گلدان (درپوش بتنی چاه) تشکیل می‌شود.

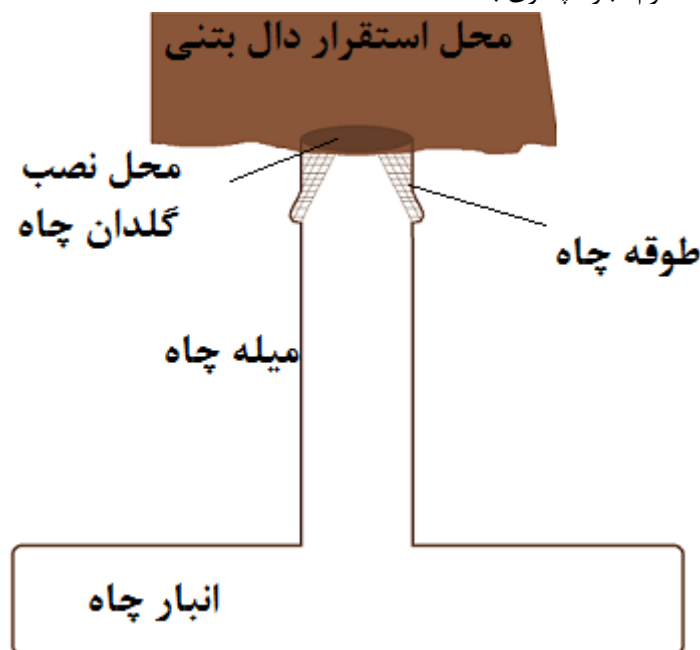
الف: میله‌ی چاه

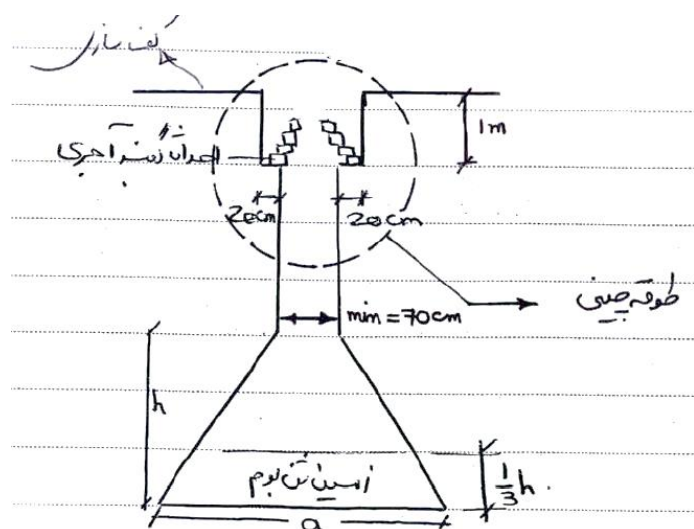
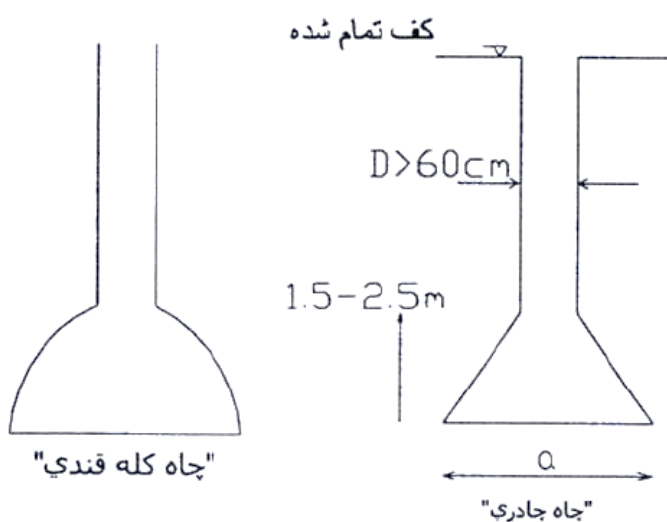
استوانه‌ای عمود بر زمین و به قطر ۸۰ تا ۱۰۰ سانتی‌متر است. طول میله‌ی چاه بستگی به جنس زمین محل دارد. میله چاه حداقل ۶ متر طول دارد و معمولاً تا جایی ادامه دارد که چاه کن به رگه ماسه‌ای و سنگی برسد. این نوع بستر خاک قابلیت جذب آب را دارد. جهت عمودی میله‌ی چاه در تمام مسیر باید رعایت شود و در صورت رسیدن به تخته سنگ باید محل حفر چاه تغییر کند و یا اینکه با دینامیت سنگ را از مسیر برداشت. میله‌ی چاه فقط وظیفه انتقال فاضلاب به انباره را دارد.

ب: انباره‌ی چاه

در انتهای میله چاه، تونل‌هایی به طرفین حفر می‌شود تا تماس فاضلاب با بستر زمین افزایش یابد و آب بیشتری جذب شود. عمق انباره‌ی چاه بستگی به کاربری ساختمان و جمعیت آن دارد. مسیر حفر انباره‌ی چاه باید به گونه‌ای باشد که بیشترین تماس فاضلاب را با بستر شنی زیرین فراهم کند.

معمولاً ارتفاع انباره بین ۱/۵ تا ۲/۵ متر و عرض آن ۱ تا ۲ متر می‌باشد. هرچه زمین دجتر باشد عرض انباره به ارتفاع انباره نزدیک‌تر می‌شود و هر چه زمین سست‌تر باشد عرض انباره از ارتفاع آن بیشتر می‌شود. انباره را به صورت چادری یا کله قندی می‌کنند. درحالی‌که مقاومت خاک کم است بهتر است فرم انباره چادری باشد.

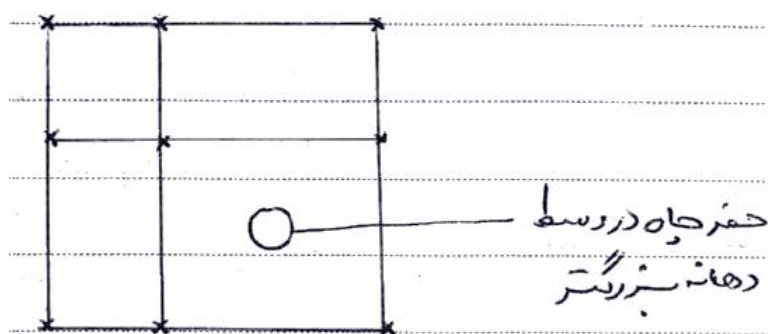




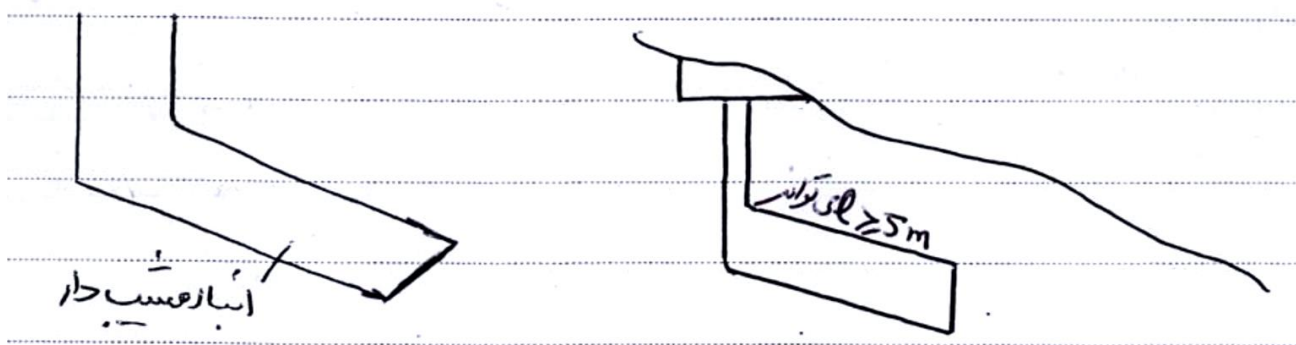
معمولا انباره را تا جایی حفر می کنند که به مقدار یکسوم ارتفاع انباره در زمین شن بوم باشد. در حفر چاه ابتدا میله ی چاه را حفر کرده تا زمین شن بوم ادامه داده و سپس انباره را از کف شروع به احداث کرده و بالا می آورند. برای تعیین حجم انباره که بستگی به مقدار فاضلاب تولیدی، مواد تشکیل دهنده فاضلاب و میزان نفوذپذیری زمین دارد، نمی توان عدد دقیقی ارائه نمود، اما به صورت تقریبی می توان از جدول زیر استفاده کرد:

حجم انباره بر حسب مترمکعب	نفر
۵۰	۱۰
۱۰۰	۲۰
۱۵۰	۳۰
۱۸۰	۴۰
۲۲۵	۵۰
۲۷۵	۶۰

انباره می تواند در جهت طول یا عرض باشد ولی حتما باید در نزدیکی ساختمان خودی باشد. محل چاه جذبی باید خارج از محدوده ساختمان باشد و اگر امکان پذیر نبود حتی المقدور در بیشترین فاصله از ستون ها و پی ها باشد. همان طور که گفته شد بهترین حالت این است که محل انباره خارج از سطح اشغال ساختمان باشد تا هم دسترسی بهتر بوده و اگر فروکش هم کرد ساختمان دچار مشکل نشود. اگر به ناچار، حفر چاه در سطح اشغال ساختمان باشد؛ در وسط دهانه های بزرگ تر این عمل اجرا شود.



گاهی اوقات نمی توان انباره را در دو جهت و حتی دو طرفه اجرا نمود. در این حالت ها انباره یکطرفه و شیبدار حفر می شود. اگر زمین شیبدار باشد و روی زمین شیبدار ساختمان اجرا شود، انباره نیز شیبدار اجرا می شود.

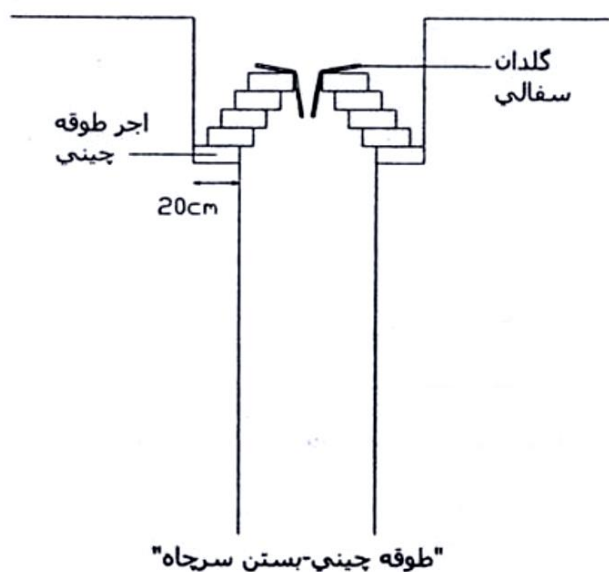


ج: طوقه‌ی چاه

در میله‌ی چاه، ۱ تا ۲ متر پایین‌تر از سطح زمین، لبه‌ای ایجاد می‌کنند و با اتکا به آنجا آجرچینی را بشکل مخروط شروع می‌کنند. این مخروط در نزدیکی سطح زمین به حدود ۲۰ تا ۳۰ سانتیمتر می‌رسد. طوقه‌ی چاه در تماس دائم با آب قرار دارد و ملات مورد استفاده در آن "ماسه و آهک" می‌باشد که در برابر آب مقاوم است.

سر میله چاه را طوقه چینی می‌کنند یعنی به صورت گنبدی آجر چینی می‌کنند. این کار باعث می‌شود تا چاه فشاری عمل کند و روی آجرها را یک گلدان سفالی قرار می‌دهند تا باعث هدایت صحیح فاضلاب شود و بدنه میله چاه فرسوده نشود. ابعاد گلدان سفالی به این بستگی دارد که چند خط فاضلاب به درون چاه ریخته می‌شود. اگر یک خط فاضلاب باشد قطر گلدان حدود ۶۰ سانتی‌متر و اگر ۴ تا ۵ خط فاضلاب باشد ۸۰ سانتی‌متر می‌شود. طوقه چینی از ۲۰ سانتی‌متر اطراف میله شروع شده و به بالا می‌آید و در انتها نیز به گلدان سفالی ختم می‌شود.

کف تمام شده



د: گلدان

آب قدرت تخریب قابل توجهی دارد، تخته سنگ‌های سوراخ شده در پای آبشارها شاهی بر این موضوع است. به منظور جلوگیری از شستشو و تخریب میله‌ی چاه توسط آب فاضلاب، مقطعی شبیه به شکل زیر را در دهانه آن قرار می‌دهند تا آب بصورت عمودی وارد میله شود و با دیواره و با طوقه برخورد نکند.



ورودی فاضلاب به میله چاه

نحوه ی طوقه چینی

ملات آماده ی ماسه و سیمان را به طور یکنواخت در محل طوقه چینی پهن نموده و توسط آجر مرغوب و آب خورده شده چیده می شود. آجرها را به صورت روی سطح کار می گذارند که از داخل شکافی میان آن ها نباشد و پشت کار را با خرده های آجر و ملات ماسه سیمان پر می نمایند. در شکل های ارائه شده در زیر می توانید طرز پهن نمودن ملاط برای طوقه را در کارگاه و نیز رج اول چیده شده ی طوقه را روی زمین مشاهده نمایید.



سپس روی رج اول ملات ریخته می شود و آن را به صورت همسان پهن می کنند. رج دوم را آغاز و آجرها را به گونه ای قرار می دهند که بین ۲ تا ۳ سانتی متر از رج اول به سمت درون چاه جلوتر باشد و این کار را ادامه می دهند تا رج دوم تکمیل شود. سپس رج های بعدی به همین صورت مثل شکل زیر اجرا می شود تا به زیر سطح لوله های فاضلاب برسد.



سپس یک گلدان را در میان طوقه چینی می گذارند و بعد از آن لوله فاضلاب را وارد آن می کنند و بعد طوقه چینی را تا نیم متر مانده به کف به همان صورت ادامه می دهند و در این حالت لوله ی هواکش چاه را اجرا می کنند. روی طوقه چینی آجری یک طوقه چینی بتنی یکنواخت ایجاد می شود. وقتی خشک و محکم شد در پوش آن گذاشته می شود. پس از اینکه سنگ درپوش را گذاشتند، کف سازی اجرا و پیاده سازی می شود. محل چاه را نیز علامت گذاری می کنند.

تعیین ارتفاع مورد نیاز طوقه

این ارتفاع در حالات مختلف متفاوت است. در صورتی که زمین دج باشد از دهانه‌ی چاه به عمق ۲ متر و در صورتی که زمین نیمه سفت باشد به عمق ۳ الی ۴ متر طوقه چینی می‌نمایند. در صورتی که زمین ریزشی بود، از محلی که زمین سفت می‌شود توسط آجر دورچینی می‌نمایند یا به وسیله قطعات پیش ساخته‌ی لوله‌ای و گذاشتن آن از زمین سفت تا سطح زمین از ریزش آن ممانعت می‌نمایند.

جنس و روش نصب و پیاده‌سازی لوله‌های فاضلاب

جنس این لوله‌ها از چدن یا پولیکا می‌باشد. روش کار و پیاده‌سازی این لوله‌ها به این صورت است که بعد از نصب گلدان، لوله‌ی فاضلاب به وسیله‌ی یک زانوی ۹۰ درجه در جای خود قرار می‌گیرد که فاضلاب ورودی را به میان چاه بریزد و از پاشیدن فاضلاب به دیواره‌ی چاه پیشگیری شود. پیرامون لوله با ماسه نرم پر می‌شود. سپس طوقه چینی را از بالای گلدان تا نیم متر مانده به کف ادامه می‌دهند.

نصب لوله هواکش و پوشاندن درب چاه

چون پس از زمانی طولانی، درون چاه گازهایی تولید می‌شود و برای بیرون رفتن آن به هواکش نیاز است، لوله‌ای با قطر ۳ یا ۴ سانتی‌متر روی دهانه‌ی چاه پیاده‌سازی می‌شود تا بتواند گازهای تولید شده را به بیرون از فضای بسته چاه منتقل کند. غالباً این لوله‌های هواکش، زمان گذاشتن درپوش روی دهانه‌ی چاه و فرش موزاییک اجرا می‌شوند. معمولاً نیم متر مانده به کف جهت درپوش چاه، روی طوقه‌ی آجری طوقه‌ی بتنی ساخته می‌شود و بدین وسیله زیرسازی درپوش چاه صورت می‌گیرد. درپوش‌های بتنی یا به حالت آمده در بازار موجود است و یا توسط ماسه سیمان مرغوب و میل گرد ساخته می‌شود و سپس در مکان خود یعنی روی طوقه چینی بتنی قرار می‌دهند. این درپوش از دو دستگیره برای حمل و اغلب زمان‌ها یک لوله هواکش در میان آن می‌باشد. بعد از گذاشتن درپوش در جای خود و نصب و پیاده‌سازی لوله هواکش فرش موزاییک روی آن را پوشش می‌دهد.

شیب لوله‌های انتقال فاضلاب

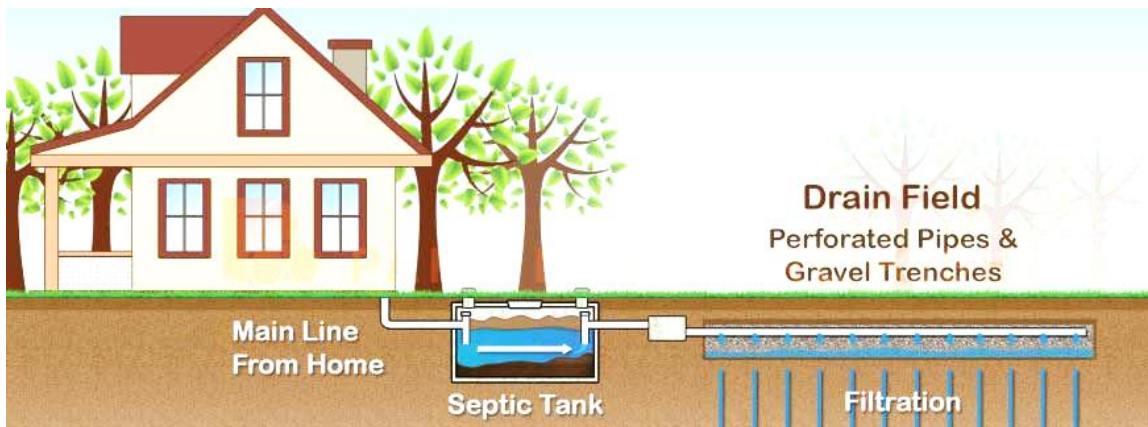
شیب لوله‌های انتقال فاضلاب بیشتر تابع جنس لوله‌هاست. مثلاً لوله‌های چدنی شیبی در حدود ۱/۵ تا ۲ درصد احتیاج دارند در حالی که لوله‌های پلیکا شیب ۱ درصد دارند. علت این امر میزان صاف بودن سطح داخلی لوله‌هاست.

مهم‌ترین نکات و اصول ایمنی برای حفر چاه

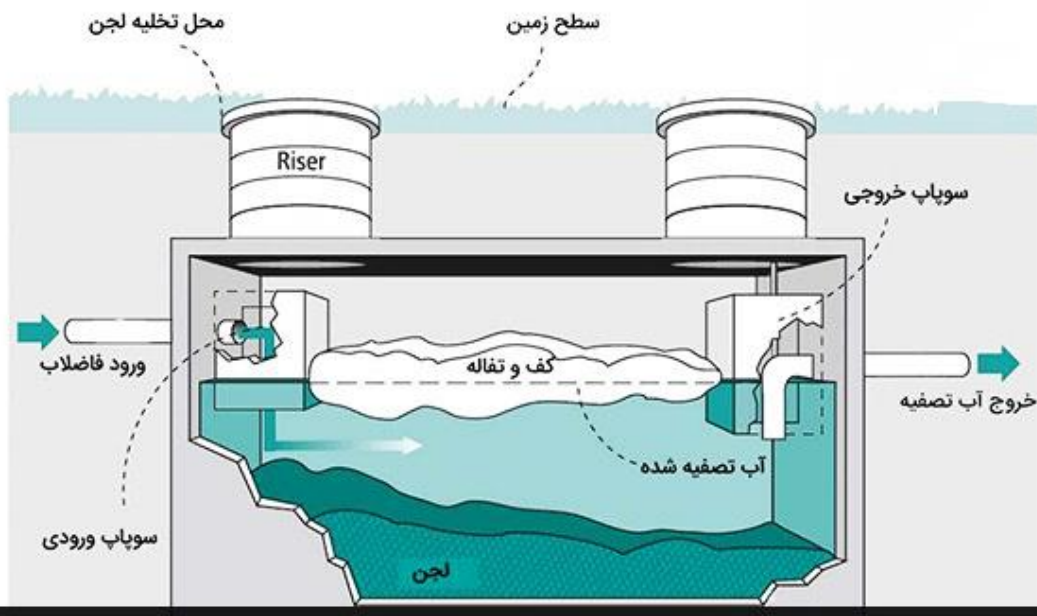
- دهانه چاه بیشتر از ۵۰ سانتی متر نباید باشد.
- رعایت فاصله مناسب با دیوارهای جانبی و ستون‌های موجود بنا که باید حداقل ۳ متر باشد.
- رعایت مقدار فاصله استاندارد با باغچه و محل‌هایی که آبریزی در آن زیاد می‌باشد.
- فاصله استاندارد از لوله کشی‌های آب سرد و گرم رعایت شود.
- تا حد امکان محل حفر چاه دارای خاک دست ریز نباشد.
- حفر چاه باید در جایی که رفت و آمد کمتر در آنجا انجام شود. همانند زیر پله‌ها، حیاط خلوت‌ها و غیره (اگر مجبور شدید که چاه را در محل‌های پر رفت و آمد همانند راهروها یا کف آشپزخانه حفره کنید، باید پس از طوقه‌چینی روی آن را بوسیله یک دال بتنی بپوشانید).
- جلوگیری از لوله‌کشی فاضلاب به صورت افقی چون خطر مسدود شدن لوله‌های افقی بیشتر می‌کند.
- محل دقیق حفر چاه قبل از حفر چاه باید با مختصات چاه‌های اطراف بررسی کرد. باید در نظر داشت که تا شعاع سه متری چاه، چاهی دیگری حفر نشده باشد.
- رعایت فاصله چاه فاضلاب و چاه آب به اندازه کافی (در حدود ۳۰ متر)

۲. سپتیک تانک

در مناطقی که امکان حفر چاه فاضلاب نباشد (مثلاً شمال کشور که سطح آب بالاست، یا مناطقی که زمین آن‌ها به بستر شنی نمی‌رسد) بجای حفر چاه فاضلاب، از روش حوضچه سپتیک استفاده می‌شود. در این روش ۲ یا حتی ۵ حوضچه سپتیک را بصورت سری بهم وصل می‌کنند و مطابق شکل، فاضلاب پس از عبور از هر حوضچه مقداری از ناخالصی‌های خود را از دست می‌دهد.



سپتیک تانک مخزنی سرپوشیده و معمولاً ساخته شده از پلی اتیلن یا بتن مسلح با مصالح مصرفی مرغوب و غیرقابل نفوذ است. برای زلال سازی بهتر فاضلاب و گرفتن نوسان های جریان آن سپتیک تانک را از دو یا سه انباره ی مستطیل شکل می سازند. ورود و خروج فاضلاب از یک انباره به انباره دیگر از سوراخ های پیش بینی شده در دیوارهای جداکننده آن ها، در عمق ۳۰ تا ۴۵ سانتی متری در زیر سطح فاضلاب، انجام می شود تا مواد شناور نیز از انباره خارج نگردند. برای خروج گازهای متعفن تولید شده از عمل باکتری ها در سپتیک تانک، نصب لوله ی هواکش به قطر ۱۰ سانتی متر (۴ اینچ) که تا بام ساختمان های مجاور امتداد یافته است، ضرورت دارد. ایجاد دریچه ی آدمرو، بر روی سقف انباره ها یکی دیگر از ضروریات ساختمان سپتیک تانک می باشد.



نحوه کارکرد مخزن سپتیک

به عبارت دیگر سپتیک تانک یکی از اجزای کلیدی سیستم فاضلاب است که شبیه یک دستگاه تصفیه فاضلاب کوچک کار می کند. که در آن فاضلاب به کمک فرآیندهایی از قبیل ته نشینی، شناورسازی و بیولوژیکی تصفیه می گردد. از سپتیک تانک ها بطور گسترده ای در واحدهای مسکونی و ویلاهای، مجتمع های مسکونی و اداری، کارگاه های عمرانی و ساختمانی، کارخانجات تولیدی و صنعتی، هتل ها، رستوران ها، و مجتمع های تفریحی و ورزشی استفاده می شود.

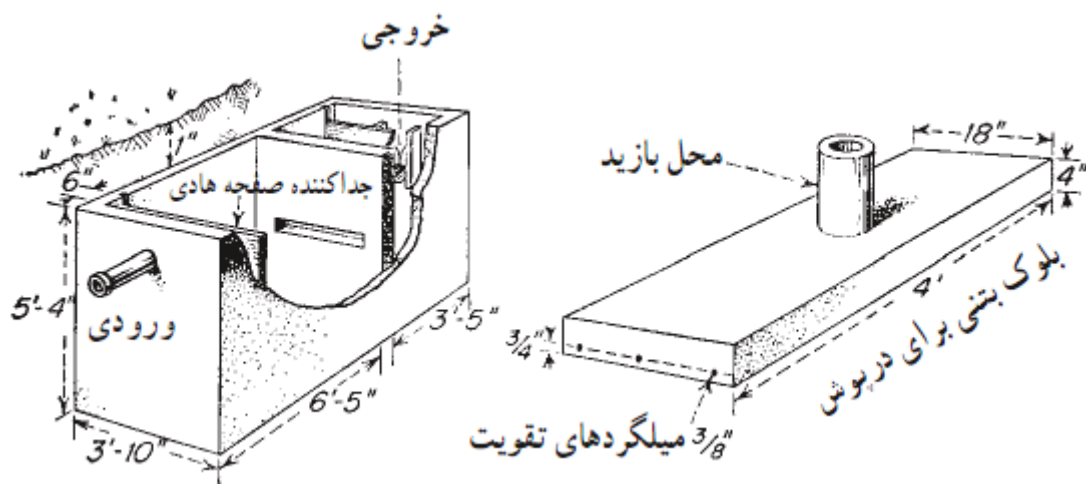
اجزای سپتیک تانک

سپتیک تانک از اجزای مختلفی تشکیل شده که از اجزای مهم هر سپتیک تانک، سیستم ورودی فاضلاب شامل لوله و بافل ورودی، مخزن اولیه سپتیک تانک که بیشترین حجم سپتیک تانک را به خود اختصاص داده و معمولاً حدود ۷۰ درصد حجم کل سپتیک تانک مربوط به این بخش است، مخزن زلال سازی که حدود ۳۰ درصد حجم کل سپتیک تانک را شامل شده و در آن فاضلاب عاری از مواد قابل ته نشینی می باشند، دیواره ی جداکننده که باعث جلوگیری از ورود لجن شناور شده به مخزن زلال سازی می شود، تهویه که از طریق

این مجرا گازهای تولید شده ناشی از فرآیندهای بی‌هوازی تصفیه فاضلاب از سپتیک خارج می‌گردد و سیستم خروجی فاضلاب که شامل بافل و لوله خروجی سپتیک پلی اتیلن می‌باشد.

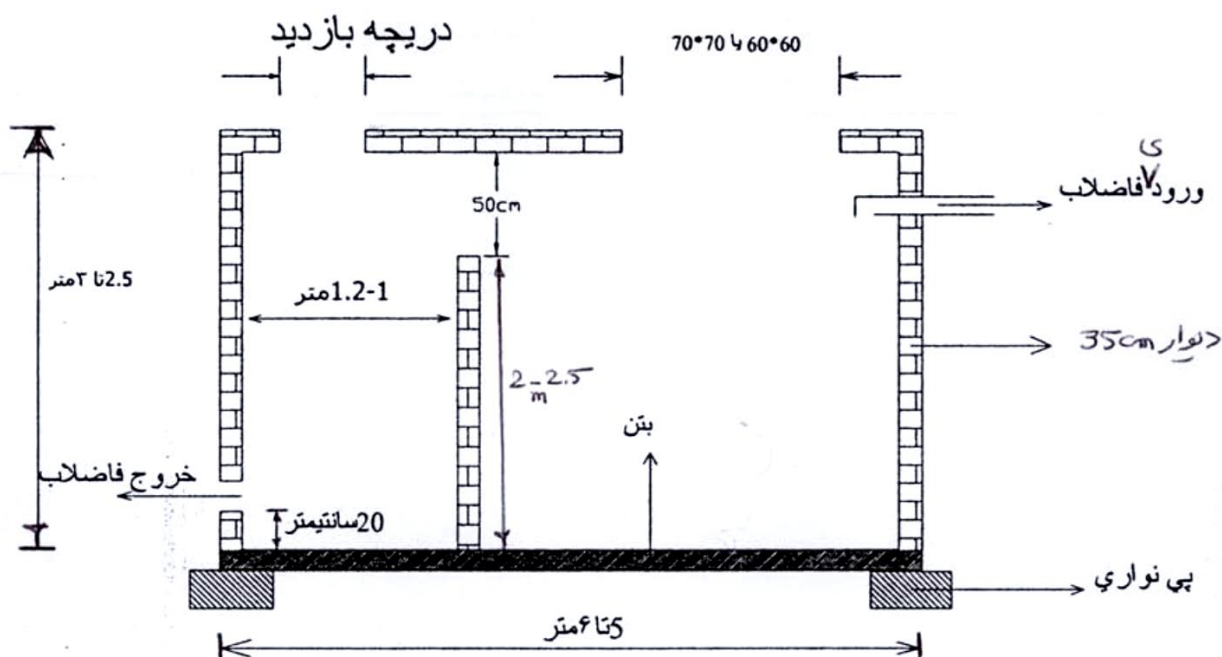
فاضلاب پس از ورود به انباره و به علت کاهش سرعت جریان آن، قسمتی از مواد معلق را به صورت ته‌نشینی از دست می‌دهد و از سوی دیگر انباره خارج می‌شود. مواد ته‌نشین شده به صورت لجن در کف انباره هضم می‌شود؛ به طوری که انباره هر چند سال یکبار (بسته به حجم تانک) نیاز به خالی کردن پیدا می‌کند. سپتیک از بدنه‌ای با دیوار آجری به ضخامت ۳۵ سانتی‌متر تشکیل شده که روی پی نواری روی گوشه‌ها قرار گرفته است و کف آن از بتن تشکیل شده است. روی مخزن دو دریچه بازدید تعبیه شده است و بخش داخلی مخزن به دو قسمت مجزا که از بالا با هم ارتباط می‌یابند.

سپتیک داخل زمین است و ورودی آن پایین‌تر از خط فاضلاب است. برای اینکه بوی فاضلاب باعث آزار نگردد دریچه‌های سپتیک آب‌بندی می‌شوند و روی آب‌بندی را لاستیک قرار می‌دهند.

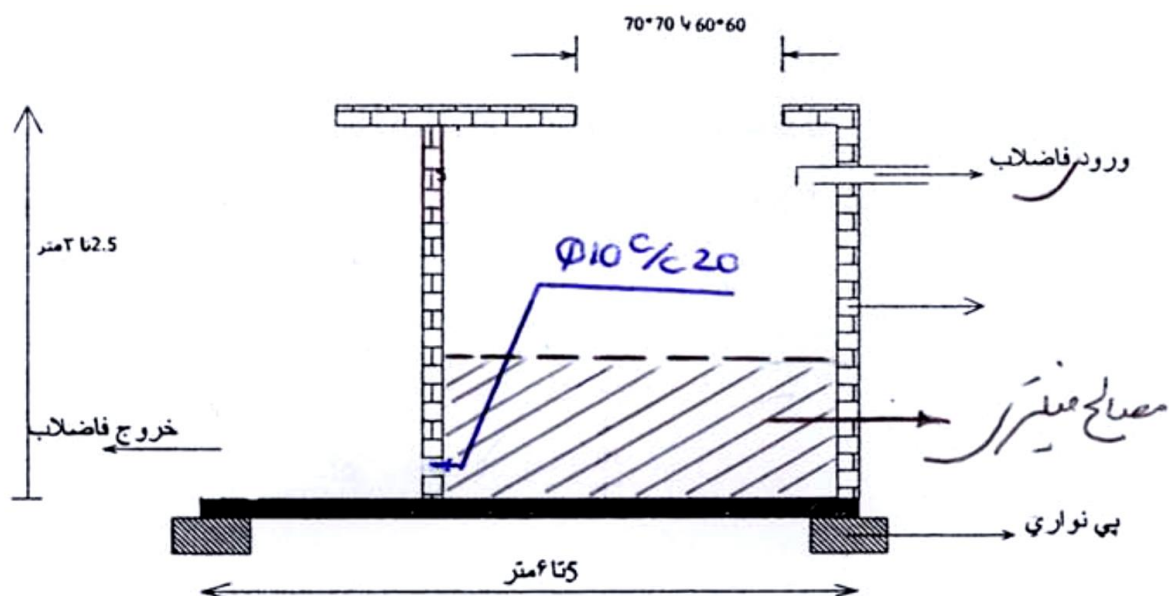


انواع سیستم‌های سپتیک

۱- فاضلاب به بخش راست دیوار داخلی مخزن ریخته می‌شود و وقتی که آب آن از دیوار بالا زد به بخش سمت چپ دیوار می‌ریزد و بخش جامد فاضلاب در سمت راست باقی می‌ماند. وجود یک دیوار کوچک (بالا آمدگی) در محل خروجی مخزن به این خاطر است که اگر توده‌های ریز جامد از بالای دیوار رد شد و به بخش سمت چپ آمد در این محل گیر کند. هنگامی که ۵۰ درصد مخزن پر شد چاه را تخلیه می‌کنند که زمان تخلیه معمولاً ۱/۵ تا ۶ سال بر حسب حجم مخزن طول می‌کشد.



۲- تفاوت این نوع با نوع اول در سوراخ کوچکی است که در زیر دیوار داخلی مخزن ایجاد می کنند و کف مخزن را فیلتر گذاری می کنند. بطوری که آب از زیر دیواره داخلی رد شود. بدیهی است که در این روش آب سریعاً زهکشی می شود و نیاز نیست آب از دیواره بالا بزند تا از آن عبور کند. عیب عمده ی این روش این است که فضاهای داخلی فیلتر بعد از مدتی پر می شود و این گرفتگی باعث می شود سیستم به خوبی عمل نکند و فاضلاب (آب+ توده های جامد) از بالای دیوار رد شود لذا باید هر چند وقت یکبار فیلترها بررسی گردد.



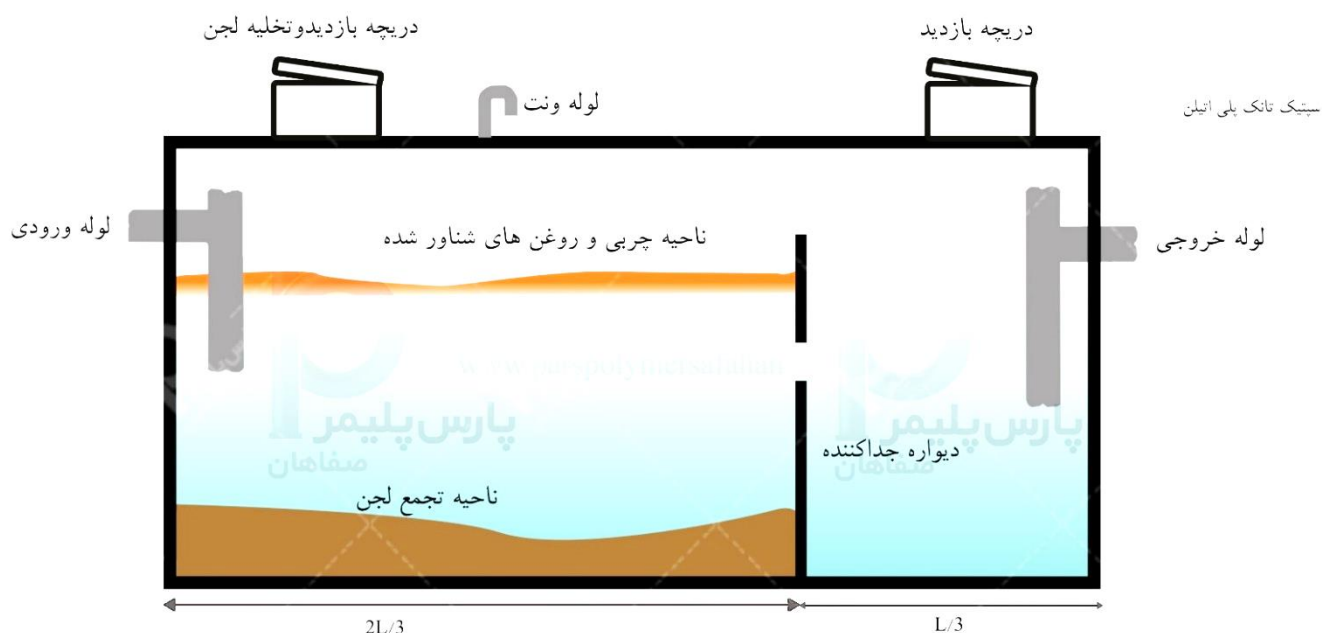
اجزای مهم سپتیک تانک

الف) دیواره جدا کننده داخلی، که این قسمت به جهت جلوگیری از ورود چربی، روغن شناور شده و معلق و همچنین، لجن موجود به مخزن دوم یعنی مخزن زلال ساز تعبیه شده است.

ب) مخزن زلال ساز فاضلاب، تعبیه این مخزن به جهت ذخیره و نگهداری آب زلال شده و عاری از فاضلاب و لجن شناور می باشد که تقریباً حدود ۳۰ درصد از حجم مخزن سپتیک تانک را به خود اختصاص داده است.

ج) قسمت مربوط به تهویه هوا، تعبیه این قسمت به جهت ایجاد فضای مناسب برای تبادل گازهای تولید شده (گازهایی که از فرآیندهای بی هوازی فاضلاب به دست می آید) به بیرون از مخزن در نظر گرفته می شود. گاز موجود در این قسمت معمولاً گاز متان و گاز سولفید هیدروژن است که باید از مخزن سپتیک پلی اتیلن خارج شود.

د) قسمت خروجی فاضلاب، که این قسمت تشکیل شده از بافل و لوله خروجی مربوط به سپتیک تانک فاضلاب پلی اتیلنی می باشد.



بخش ۴: درزهای ساختمانی

درزها در کلیه مواردی که بتن ریزی در حجم زیاد و یا در سطح زیاد انجام می گیرد، قابل کاربرد هستند، ولی کاربرد اصلی درز در سازه های آبی و از جمله مخازن است.

بتن به محض اینکه در محل خود ریخته شود، در حین مرحله ی عمل آوری کمی اکت و انقباض پیدا می کند. در طول فرایند عمل آوردن بتن در مرحله ی اول باعث می شود ترک های سطحی موچکی مشاهده شود. زمانی که بتن ریخته می شود با دمای محیط کمی منبسط یا منقبض می شود. بنابراین به کار بردن بعضی درزهای حرکتی در ترکیب با دال های بزرگ بخصوص با ابعاد ۶ متر در ۶ متر یا بزرگ تر مفید است. هر سازه ی بتنی که تعدادی درز حرکتی در آن به کار رفته باشد، یک سازه ی خوب طراحی شده ی مهندسی می باشد. همچنین زمانی که بتن داخل محوطه لی محصور شده بوسیله ی دیوارها یا ساختمان ها ریخته شود یا زمانی که یک شیء مانند درپوش دریچه در داخل دال قرار می گیرد؛ درزهای حرکتی مفید خواهند بود. درزهای حرکتی اجازه می دهند تا بتن بدون انتقال تنش به دیگر قسمت های سازه که موجب ترک خوردگی داخل بتن دال یا دیوار می شود، به راحتی منبسط یا منقبض شود.

تقسیم بندی درزها:

الف- درزهای ساخت (درزهای اجرایی)

این درزها عموماً به منظور تسهیل عملیات بتن ریزی با توجه به محدودیت حجم بتن ریزی در نظر گرفته می شود. در درزهای ساختمانی، طراح، انتظار عکس العمل در قبال حرکت های مختلف سازه ی بتنی را نداشته، بلکه فقط سعی دارد تا براساس ظرفیت های کارگاهی فاصله ی درزها را تعیین کند. در این گونه درزهای باید پیوستگی بین بتن و آرماتور در دو قسمت مجاور درز به صورت کامل حفظ شود. این درزها با توجه به محدودیت حجم بتن ریزی به صورت یکپارچه و به عنوان حدفاصلی بین بتن جدید با بتن قدیمی بکار می روند. از این گونه درزها، انتظار عکس العمل در مقابل حرکت های مختلف سازه ی در بتن نبوده و فاصله ی آنها صرفاً براساس ظرفیت کارگاهی بتن ریزی تنظیم می شود. محل درزهای ساختمانی معمولاً در نقشه های سازه ی قابل پیش بینی نیست، مگر اینکه طراح دقیقاً امکانات، محدودیت های کارگاهی و توان اجرایی مجری طرح را بداند. در این درزها باید پیوستگی آرماتور و بتن بین دو قسمت مجاور طرح به صورت کامل حفظ شود. بنابراین آرماتورها در محل این درز، قطع نشده و از طرفی با روش های مختلف باید سعی نمود که بتن جدید به خوبی به بتن قدیمی بچسبد.

به منظور ایجاد پیوستگی کامل بین سطوح بتنی در ظرفیت درز، معمولاً سعی می شود سطح بتن قدیمی تر حتی المقدور زیر و ناصاف و همراه با پستی و بلندی گردد. به این منظور گاهی در حالتی که هنوز بتن قدیمی سفت نشده با پاشیدن آب و یا مخلوط آب و هوا با فشار و نیز با استفاده از یک برس سیمی، ریزدانه ها را از سطح بتن قدیمی جدا کرده تا بدین ترتیب درشت دانه ها نمایان شوند و سطح ناصاف و نامنظمی حاصل شود. مراقبت از بتن قدیمی و مرطوب نگه داشتن آن باید تا زمانی که بتن ریزی جدید انجام می شود، ادامه یابد، مگر سطح خود درز بتن قدیمی که مراقبت از آن باید چند ساعت قبل از بتن ریزی جدید، قطع شود، بصورتی که یک خشکی سطحی و کم عمق در سطح بتن حاصل شود. درست قبل از آغاز بتن ریزی لایه ی جدید، باید سطح زیر شده ی قدیمی کاملاً تمیزه شده (در صورت امکان بدون استفاده از آب) و با یک لایه ی نازک از دوغاب سیمان یا ملات ماسه سیمان پرمایه، اندود شود. آنگاه با دقت کامل و به صورتی که جدا شدن دانه ها در بتن جدید مجاور درز صورت نگیرد، بتن ریزی لایه ی جدید انجام گیرد. بتن ریزی لایه ی جدید باید بدون وقفه و بلافاصله پس از اندود لایه ی قدیمی صورت بگیرد. تاخیر در این امر، سبب سفت شدن لایه ی دوغاب یا ملات ماسه سیمان شده و به ایجاد لایه های غیرچسبنده منجر خواهد شد.

به جای استفاده از یک لایه دوغاب سیمان یا ملات ماسه سیمان در سطح درز، می توان بتن لایه ی جدید را در ارتفاعی در حدود ۱۰ تا ۱۵ سانتی متر پرمایه تر انتخاب کرد. برای این منظور می توان عیار سیمان بتن در این محدوده را معادل ۵۰ کیلوگرم بر متر مکعب، بیشتر انتخاب نمود.

ب- درزهای حرکتی

درزهای حرکتی درزهایی هستند که برای همساز کردن حرکت های نسبی قسمت های مختلف یک سازه به صورت عمدی تعبیه می شوند. این حرکت ها می توانند در اثر تغییرات درجه ی حرارت، افت بتن و یا نشست های نامساوی به وجود بیایند. از انواع درزهای حرکتی می توان به درز انقطاع، درز انبساط، درز انقباض و درز کنترلی اشاره نمود.

۱- درز اجرایی

در هر توقف عملیات بتن‌ریزی که موجب سخت شدن بتن می‌گردد درز اجرایی بوجود می‌آید. به طور کلی هرگاه زمان قطع بتن‌ریزی از ۳۰ دقیقه تجاوز کند باید آن را یک درز اجرایی به حساب آورد.

قطع بتن باعث بوجود آمدن درز سرد^۱ (محل قطع بتن) در بتن می‌گردد که باعث عدم پیوستگی دقیق بتن به یکدیگر می‌گردد. به زبان ساده‌تر، به سطح بتن خمیری جدید و بتن سفت قدیمی، سطح واریز یا درز اجرایی گفته می‌شود. مهم‌ترین ضعف درز سرد، کاهش برش‌پذیری بتن می‌باشد.

محل و اجرای درزهای ساخت

معمولاً سعی می‌شود محل درز ساخت به محل یکی دیگر از انواع درزها منطبق گردد. در تیرها و شاهی‌ها محل آن باید تقریباً عمود بر محور این اعضا بوده و هیچگاه با محور عضو موازی نباشد. درز ساخت می‌تواند در اعضا و قطعات بتن آرمه در محل لنگر خمشی ماکزیمم قرار گیرد. همچنین باید قطع بتن‌ریزی در مجاورت تکیه‌گاه نبوده، بلکه در نزدیکی وسط دهانه باشد.

در بتن‌ریزی‌های حجیم، باید از سطوح واریز خیلی بزرگ اجتناب شود، این سطوح باید به صورت پلکانی یا شکسته احداث شوند. ایجاد سطوح واریز قائم، باید به وسیله قالب موقت صورت پذیرد.

نکته: جایی که می‌خواهید بتن را قطع کنید، یک سری آرماتور عمودی به فواصل ۱۵ الی ۲۰ یا ۳۰ سانتی‌متر از طریق شبکه بالا و پایین مهار کنید، بعد رابیتس رو بصورت دو لایه به پشت میلگردها ببندید و با سیم آرماتوربندی مهارش کنید. این کار مثل یه قالب یک بار مصرف عمل می‌کند و داخل کار می‌ماند، فقط بهتر است که میلگردها از روی شبکه بالا نیاید تا پوشش آن قسمت کم نشود و بتن ترک نخورد.

نکته: در بتن‌ریزی پی باید از سطح واریز افقی اکیداً اجتناب کرد، یعنی نباید محل قطع بتن به صورت افقی باشد.

پیوستگی بتن جدید و قدیم:

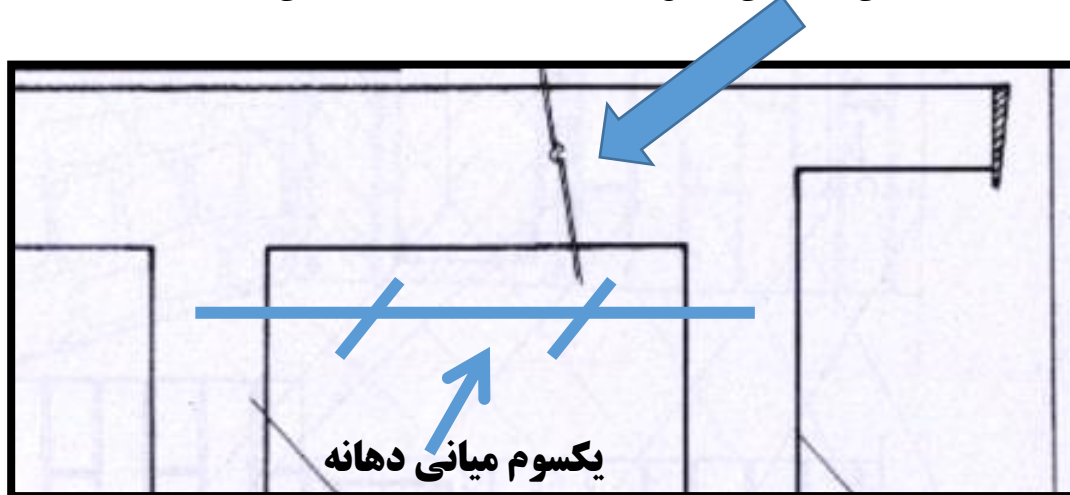
برای تأمین پیوستگی بتن جدید و قدیم پس از زخمی کردن سطح واریز، باید آن را به مدت طولانی خیس نگاه داشته و قبل از شروع بتن‌ریزی مجدد به کمک هوای فشرده، آب سطحی را از روی بتن زدود. برای تأمین پیوستگی بیشتر می‌توان با نظر دستگاه نظارت بر مقدار کارایی بتن افزود. این کار از طریق افزایش اسلامپ، افزایش ماسه و یا کاهش مقداری از درشت دانه‌ها صورت می‌گیرد.

ضوابط درزهای اجرایی در آئین‌نامه‌ی آبا

- ❖ تعداد درزهای اجرایی باید در کمترین حد لازم برای انجام کار انتخاب شود.
- ❖ در تعیین موقعیت درزهای اجرایی باید دقت کافی به عمل آید. تیپ درزهای اجرایی و موقعیت آن‌ها بسته به اهمیت کار باید در نقشه‌ها منعکس یا در کارگاه بوسیله دستگاه نظارت تعیین شود. در هر حال تعیین موقعیت درزهای اجرایی را نباید به محل یا زمانی دلخواه از قبیل پایان روز کار موکول کرد.
- ❖ در درزهای اجرایی باید سطح بتن را تمیز کرد و دوغاب خشک شده را از روی آن زدود.
- ❖ درزهای اجرایی را باید در مناطقی پیش‌بینی کرد که در آن‌ها تلاش‌ها و به‌ویژه نیروهای برشی کمترین مقدار را دارند. در صورت لزوم برای انتقال نیروهای برشی و سایر تلاش‌ها، در محل درزهای اجرایی باید پیش‌بینی‌های لازم به عمل آید.

1 cold joint

- ❖ برای تامین پیوستگی بتن در محل درزهای اجرایی باید سطح بتن قبلی را خشن ساخت و سپس لایه بعد را ریخت.
- ❖ باید تمامی سطوح درزهای اجرایی را قبل از بتن‌ریزی جدید به صورت اشباع با سطح خشک درآورد.
- ❖ درزهای اجرایی نباید بدون شکل باشند بلکه باید امتدادی عمود بر امتداد تنش‌های عمودی داشته باشند. از ایجاد درزهای بزرگ اجرایی باید خودداری کرد و درزهای لازم را به صورت پلکانی یا سطوح شکسته در نظر گرفت.
- ❖ ایجاد درزهای اجرایی قائم باید با قالب‌های مناسب انجام شود.
- ❖ ایجاد درزهای اجرایی کف‌ها باید در یکسوم میانی دهانه دال‌ها و تیرهای اصلی و فرعی قرار گیرند. در تیرهای اصلی فاصله هر درز اجرایی تا تیر فرعی متقاطع با آن‌ها نباید از دو برابر عرض تیر فرعی کمتر باشد.



- ❖ تیرها یا دال‌های متکی بر ستون‌ها یا دیوارها را تا زمانی که این اعضای قائم حالت خمیری دارند، نباید بتن‌ریزی کرد.
- ❖ بتن تیرها و سرستون‌ها را نباید بصورت یکپارچه با بتن دال ریخت، مگر آن‌که خلاف آن در نقشه‌ها یا دفترچه مشخصات تصریح شده باشد.

۲- درز حرکتی

درز انقطاع

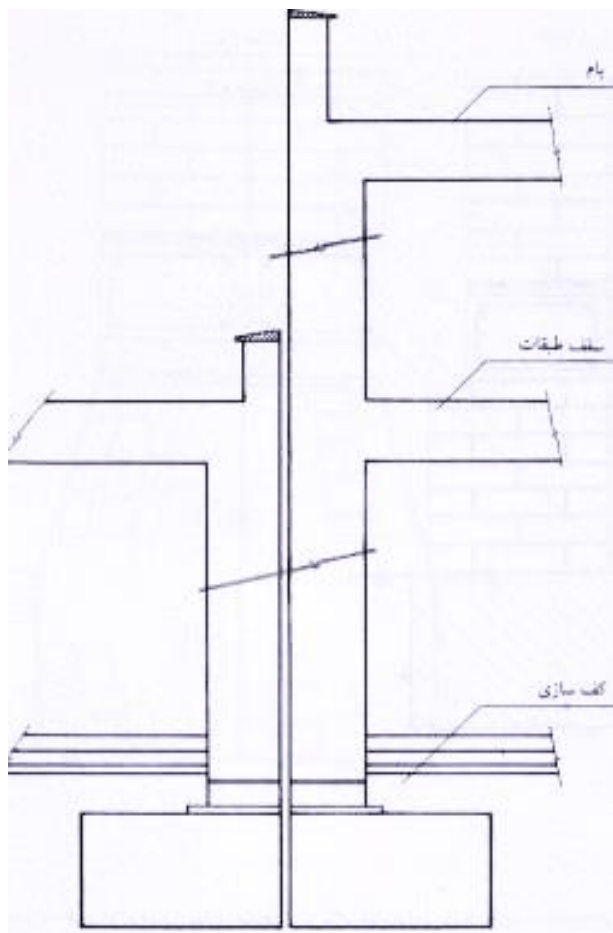
دلیل کاربرد این نوع درز، برای جلوگیری از خسارت و کاهش خرابی ناشی از ضربه ساختمان‌های مجاور به یکدیگر به ویژه در زمان وقوع زلزله است. در ساختمان‌هایی که دارای ارتفاع بیش از ۱۲ متر یا دارای بیش از ۴ طبقه هستند، از این نوع درز باید استفاده شود که حداقل درز انقطاع در تراز هر طبقه برابر یک‌صدم ارتفاع آن تراز از روی شالوده می‌باشد.

با توجه به آن‌که معمولاً ستون‌ها در طبقات بالاتر باریک‌تر از ستون در طبقات پایین‌تر است، پس عملاً در طبقات بالا که به درز انقطاع بیشتری نیاز است فضای بیشتری نیز موجود است و عملاً با رعایت درز انقطاع در طبقات پایین در طبقات بالاتر نیز درز انقطاع رعایت می‌گردد.

نکته: فاصله‌ی درز انقطاع را می‌توان با مصالح کم مقاومت که در هنگام وقوع زلزله، بر اثر برخورد دو ساختمان به آسانی خرد می‌شود، به نحو مناسبی پر نمود.

نکته: رعایت درز انقطاع با استفاده از یونولیت که به نوعی حکم قالب را نیز دارد و با توجه به حالت ارتجاعی یونولیت باقی ماندن آن در درز انقطاع بلامانع است.

نکته: در ساختمان‌های با اهمیت خیلی زیاد و زیاد و یا در ساختمان‌های با هشت طبقه یا بیشتر، هر یک از ساختمان‌های مجاور یکدیگر ملزم به رعایت فاصله‌ای معادل حاصل ضرب $0/5$ در ضریب رفتار ساختمان در تغییر مکان جانبی نسبی طرح آن ساختمان در هر طبقه می‌باشد.



نکته: سهم هر ملک در درز انقطاع یک دویستم ارتفاع ساختمان می‌باشد. در پیاده‌سازی درز انقطاع در سازه‌های بتن‌آرمه، بهتر است برای راحتی اجرا مقدار پوشش بتن محافظ ستون‌ها به عدد درز انقطاع اضافه شود و بر اساس این عدد ریسمان‌کشی درز انقطاع انجام شود.

ضوابط درز انقطاع در مبحث هشتم

پلان ساختمان باید واجد خصوصیات زیر باشد:

الف) طول ساختمان از سه برابر عرض آن یا ۲۵ متر بیشتر نباشد.

ب) نسبت به هر دو محور اصلی تقریباً قرینه باشد.

پ) پیشامدگی‌های آن الزامات زیر را برآورده نماید:

۱- اندازه‌ی پیشامدگی در هر راستایی نباید از ۲۰٪ بعد ساختمان در همان راستا بیشتر باشد و علاوه بر آن بعد دیگر پیشامدگی نباید از مقدار پیشامده کمتر باشد.

۲- چنانچه اتصال قسمت پیشامده با ساختمان، بیش از نصف بعد ساختمان در آن راستا باشد، این قسمت، پیشامدگی تلقی نمی‌شود و در این صورت محدودیتی برای بعد دیگر وجود ندارد؛ مشروط بر آن که پلان ساختمان به طور نامناسبی نامتقارن نگردد.

در صورت نداشتن هر یک از الزامات فوق باید با ایجاد درز انقطاع، ساختمان را به قطعات مناسب تقسیم نمود به گونه‌ای که هر قطعه واجد شرایط یاد شده باشد. لازم نیست که درز انقطاع در شالوده ساختمان امتداد یابد.

اختلاف سطح در طبقه:

حتی المقدور از ایجاد اختلاف سطح در طبقه پرهیز شود. در صورت وجود اختلاف سطح در طبقه، باید دیوارهای حد فاصل دو قسمتی که اختلاف سطح دارند با کلاف‌بندی مناسب تقویت شوند و یا اینکه دو قسمت ساختمان بوسیله درز جدایی از یکدیگر جدا شوند و همچنین ساختمان باید دارای تقارن سازه‌ای مناسب باشد، در غیر این صورت باید از درز انقطاع استفاده شود.

ضوابط درز انقطاع در مبث نهم

در یک ساختمان با شکل طولانی و گسترده به علت وجود اختلاف فاز در حرکت لرزه‌ای، نیروهای پیچیده‌ای بر سازه عمل خواهند کرد، در چنین ساختمان‌هایی در فواصل مناسب، پیش‌بینی درز انقطاع لازم است. اگر نسبت طول به عرض ساختمان بیش از ۳ باشد، دیگر نمی‌توان دیافراگم‌ها صلب فرض کرد. از این جهت، باید با ایجاد درز انقطاع آن را به مستطیل‌هایی تبدیل کرد که نسبت طول به عرض آن‌ها بیشتر از ۳ نباشد.

درز کنترلی

انبساط و انقباض بتن در اثر تغییرات رطوبت و حرارت در آن تنش‌هایی را به وجود می‌آورند که گاه از مقاومت بتن بیشتر بوده و به ترک‌خوردگی منجر می‌شود. محل درز کنترل به ملاحظات معماری و مهندسی بستگی دارد. موارد کاربرد این نوع درزها، برای جدا کردن واحدهای عظیم مولد برق از قسمت‌های مجاور، منطقه‌ای کردن و محدود ساختن احتمال خرابی در قسمت‌هایی از ساختمان، جلوگیری از بروز ترک به علت تمرکز تنش در محل‌هایی که تغییر مقطع قابل توجهی حادث شده، جداسازی قسمت‌های مختلف یک شالوده به علت تفاوت باربری آن‌ها و جدا ساختن بازوهای مختلف سازه‌هایی که شکل پلان آن‌ها $U, H, T, L, +$ می‌باشد.

درز انبساط

این درزها برای تأمین امکان انقباض و انبساط ناشی از تغییرات درجه حرارت، به طوری که در نقاط مختلف ساختمان ترک‌خوردگی و در مقاطع سازه تلاش‌های ثانوی زیاد، ایجاد نشوند، تعبیه می‌گردند. مکان‌های تعبیه درزهای انبساط در کف‌های بتنی، موزاییک فرش کف، دیوارهای آجری، پل‌های بتنی، بین فنداسیون و کف‌های بتنی، سازه‌های بتن‌آرمه و سازه‌های فولادی می‌باشد. در این درز، بتن و آرماتور به صورت کامل قطع شده و بین دو قسمت مجاور، شکافی نیز در نظر گرفته می‌شود. این درزها در تمام قسمت‌های سازه از سقف تا کف به صورت پیوسته ادامه یافته و سازه را به دو قسمت مجزا تقسیم می‌کند.

از موارد پیش‌بینی این نوع درز می‌توان به محل اتصال یک ساختمان جدید به ساختمان موجود، محل اتصال ساختمان‌هایی که از چند قسمت تشکیل شده باشد، محل اختلاف طبقه در ساختمان‌هایی که قسمتی از آن با تعداد طبقات بیشتر و قسمتی با تعداد طبقات کمتر ساخته می‌شود، اتصال دو قسمت از یک ساختمان که با دو سیستم متفاوت ساخته می‌شوند و برای اتصال دو قسمت از ساختمان که با اختلاف وزن زیادی بنا می‌شوند، اشاره نمود.

نکته: اندازه‌ی درز انبساط به پارامترهایی نظیر درجه حرارت محیط ساختاری بنا، کیفیت اقلیمی محیط، مکان مورد احداث و نوع پروژه و موقعیت پروژه بستگی دارد.

نکته: در ساختمان‌های بتنی فاصله این درز ۵۰ متر می‌باشد که همین فاصله در ساختمان‌های فلزی حداکثر به ۳۰ متر کاهش پیدا می‌کند. اما به هر حال محل دقیق آن هنگام طراحی، با توجه به تمام عوامل مؤثر درز انبساط و انقباض ساختمان تعیین می‌شود.

نکته: مقدار متوسط درز انبساط حدود ۲ تا ۲/۵ سانتی‌متر است.

اجرای درز انبساط

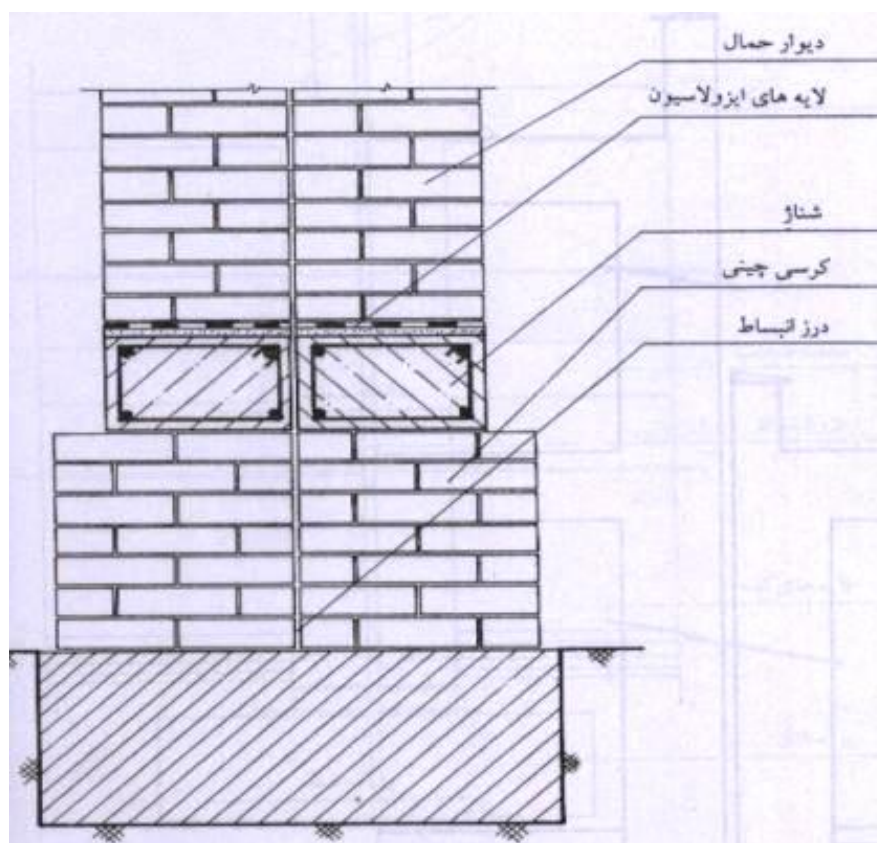
بتن و آرماتور به صورت کامل قطع شده و بین دو قسمت مجاور، شکافی در نظر گرفته می‌شود. این درزها باید با کمترین مقاومت در مقابل انقباض و انبساط قادر به باز و بسته شدن باشند و از طرفی در مقابل کلیه حرکت‌های محتمل در محل درز، آب‌بند باقی بماند. عموماً این درزها در تمام قسمت‌ها به طور پیوسته قرار گرفته و از کف تا سقف ادامه می‌یابند.

نکته: درزها در موقع نازک‌کاری باید پوشانده شوند، و این پوشش باید به نحوی انجام شود که هیچ‌گونه مانعی در مورد جابجایی درز ایجاد نکند. پوشش درز انبساط در خارج باید به نحوی باشد که درز را در مقابل عوامل جوی در امان نگاه‌دارد و در کف‌ها از مصالحی که در عبور و مرور مقاومت دارند، استفاده شود.

در ساختمان‌هایی که طول آن‌ها زیاد است نسبت به اهمیت ساختمان هر ۲۰ تا ۳۰ متر یک برش سراسری ایجاد می‌کنند که پهنای این درز در حدود ۱۰ سانتی‌متر است. هدف از این کار، جلوگیری از نشست‌های ناهماهنگ می‌باشد.

اجرای درز انبساط در پی

معمولاً اجرای درز انبساط در پی سازه مشکل‌تر از سایر قسمت‌ها می‌باشد. بعضی از آیین‌نامه‌ها اجازه می‌دهند درز انبساط از روی پی سازه شروع شود.

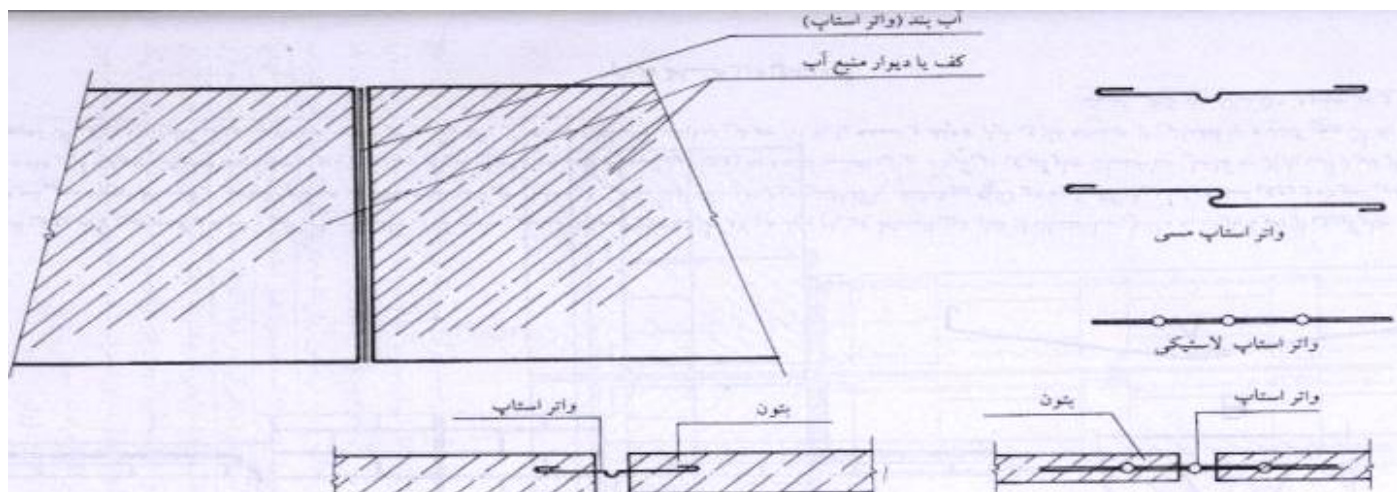


اگر کلیه پی‌سازی با هر مصالحی که باشد از سطح زمین پایین‌تر قرار بگیرد اجرای درز انبساط باید بلافاصله بعد از خروج ساختمان از سطح زمین شروع شده و در کلیه لایه‌های کرسی چینی، بالشتک بتنی، شناژ و ... ادامه پیدا کند.

آب‌بندی درز انبساط در بام

برای جلوگیری از نفوذ باران به داخل ساختمان از کنار درز انبساط در بام باید در دو طرف درز انبساط جزئیاتی مانند کنار جان پناه بام اجرا شود و همچنین روی آن را تسمه‌کشی کنند و روی تسمه را با ورق گالوانیزه بپوشانند.

برای آب‌بندی درز انبساط در منابع آب باید از نوارهای مسی یا لاستیکی (واتر استاپ) استفاده نمود. این نوارها به علت ارتجاعی بودن مانع حرکات و نشست‌های منبع نمی‌شود ولی از طرفی مانع نفوذ آب می‌گردد.

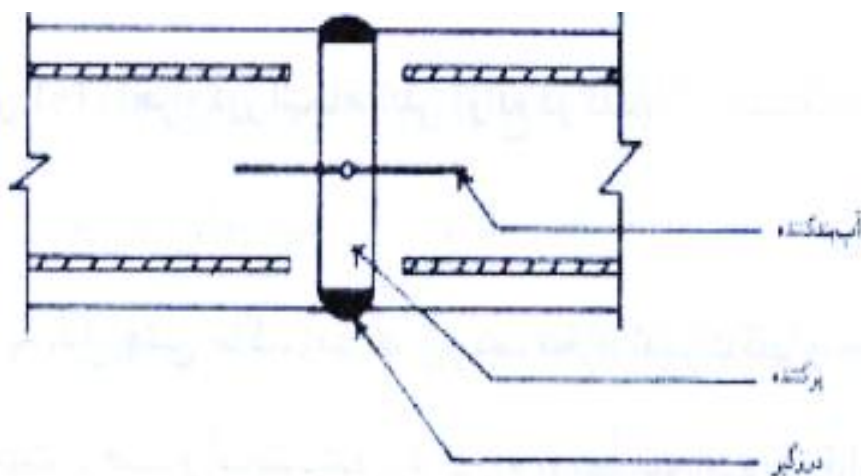


ضوابط اجرایی درز انبساط در آئین‌نامه‌ی ACI 350R

به طور کلی درزهای انبساطی باید نزدیک تغییرات ناگهانی در شکل سازه قرار داده شوند و ترجیحاً باید در فواصلی باشند که از ۳۷ متر بیشتر نباشند. همچنین عرض درز باید به اندازه‌ای باشد که با تغییر مکان مورد انتظار، همساز باشد. این توصیه در مورد سازه‌های بهداشتی معمولی است که با یک مایع پر شده باشد. کلیه آرماتورها باید در فاصله ۲ سانتی‌متری از وجه درز قطع شوند.

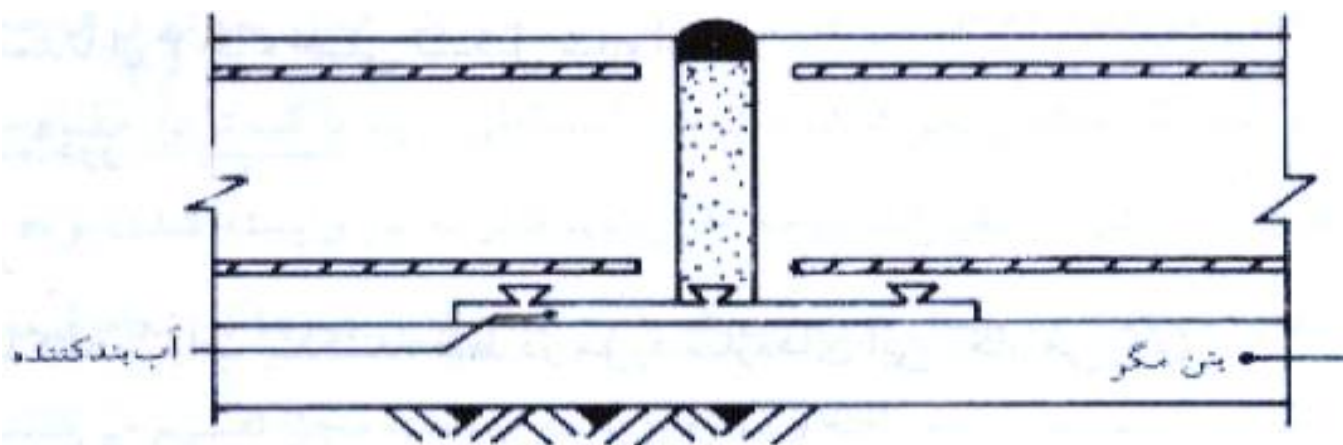
اجزای درز انبساط قائم

درز انبساط در واقع شکافی به عرض ۲ تا ۳ سانتی‌متر بوده که از سه جزء اصلی پرکننده درز، درزگیر و آب‌بند کننده (در مورد سازه های آبی) تشکیل می‌شود.

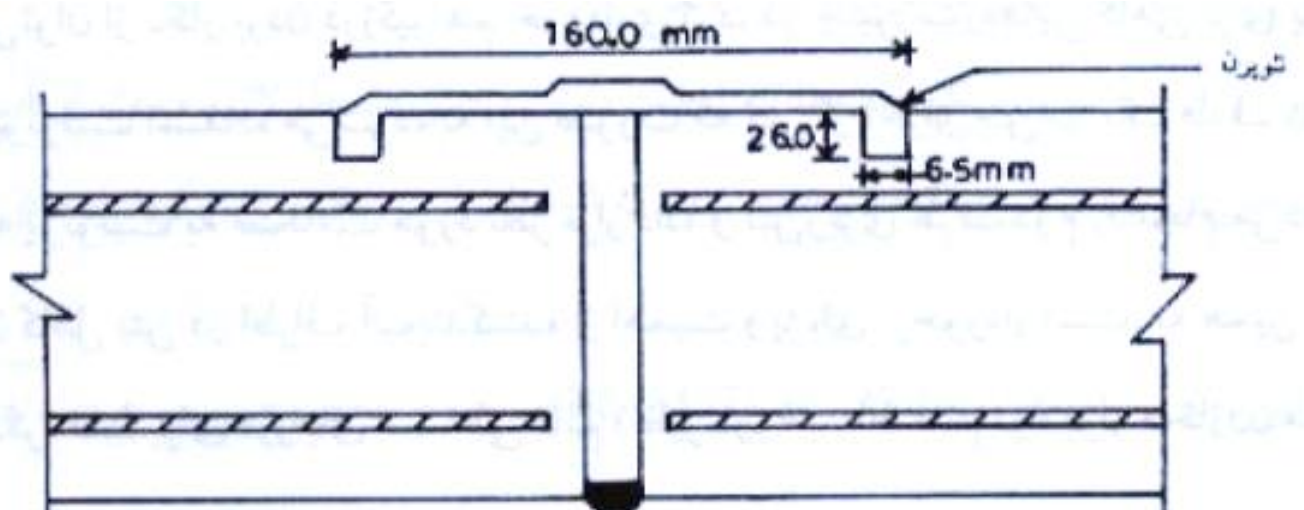


اجزای درز انبساط افقی

برای سهولت تراکم بتن در اطراف آب‌بند کننده، در درزهای انبساطی افقی واقع در کف سازه‌های آبی از جزئیات زیر استفاده می‌شود:



اگر پیش‌بینی می‌شود که به دلیل جنس خاک، زمین در زیر کف تغییر شکل‌ها و حرکات‌های غیر عادی خواهد داشت، به جهت مراقبت از آب بند کننده باید آن را در وسط ضخامت بتن قرار داد. بکار بردن جزئیات فوق در درزهای انبساطی افقی واقع در سقف معمول نیست. زیرا بدلیل عدم وجود یک تکیه‌گاه مناسب، ممکن است آب‌بند کننده در طول زمان از زیر سقف جدا شود. در این حالت برای آب‌بندی و اطمینان از عدم ورود آب به داخل، از لاستیک‌های مصنوعی یا نئوپرن استفاده می‌شود.



ضوابط درز انبساط در مبحث نهم

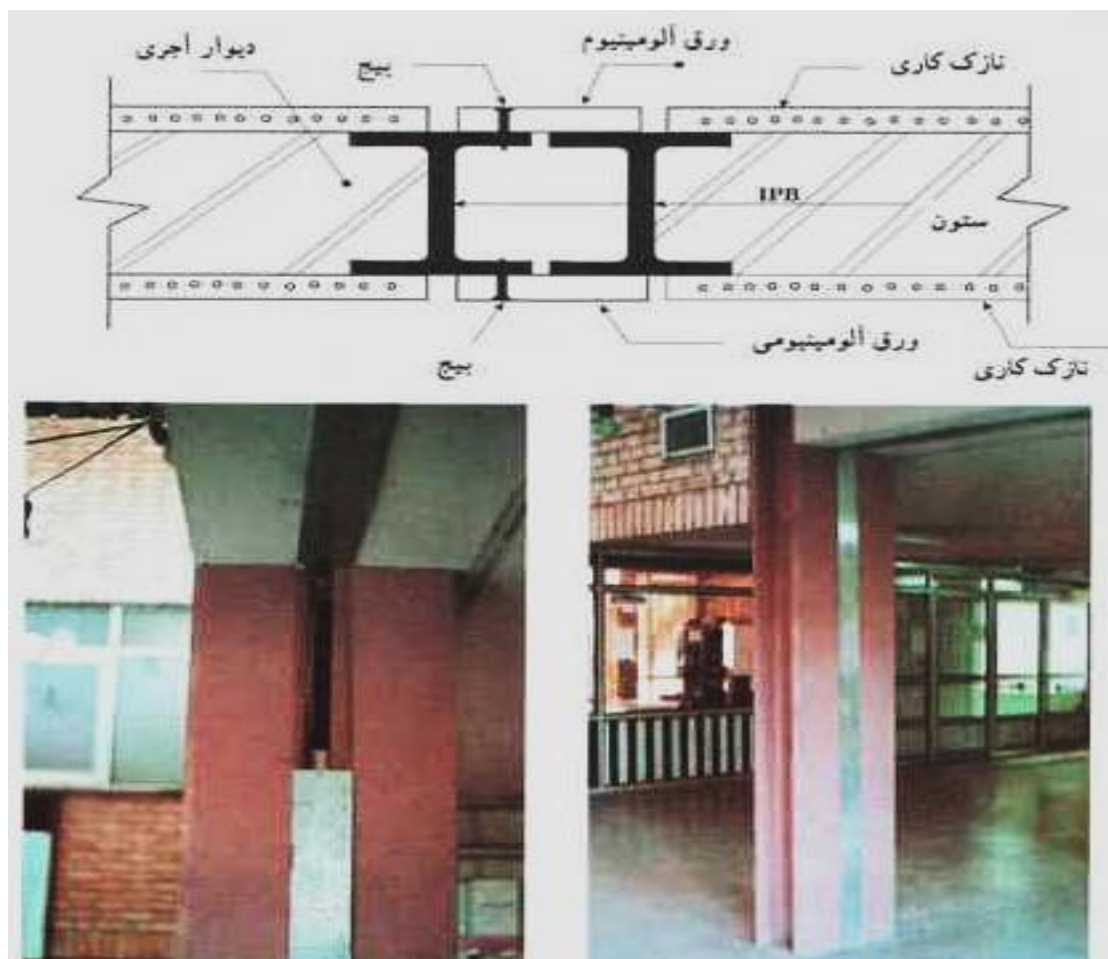
در صورت عدم در نظر گرفتن تاثیر تغییرات حرارتی و عوامل ناشی از آن و در صورتی که طول یا عرض ساختمان از ۲۵ متر در مناطق خشک، یا ۳۵ متر در مناطق معتدل و ۵۰ متر در مناطق مرطوب تجاوز کند، اجرای درز انبساط در آن الزامی است. در صورت عدم اجرا در پی اثرات ناشی از رفتار ناهمسان دو قسمت سازه، در پی اعمال گردد و حداقل درز انبساط برابر با $\alpha L \Delta T$ می‌باشد.

مصالح پرکننده درز انبساط

برای پوشاندن و پر کردن فواصل درز انبساط از موادی استفاده می‌کنند که قابلیت ارتجاعی داشته باشد و همچنین از لحاظ آب‌بندی عایق حرارتی نیز باید مورد بررسی قرار گیرد. باید دقت شود که فاصله‌ی درز انبساط به هیچ وجه با مصالح بنایی یا ملات پر نگردد.

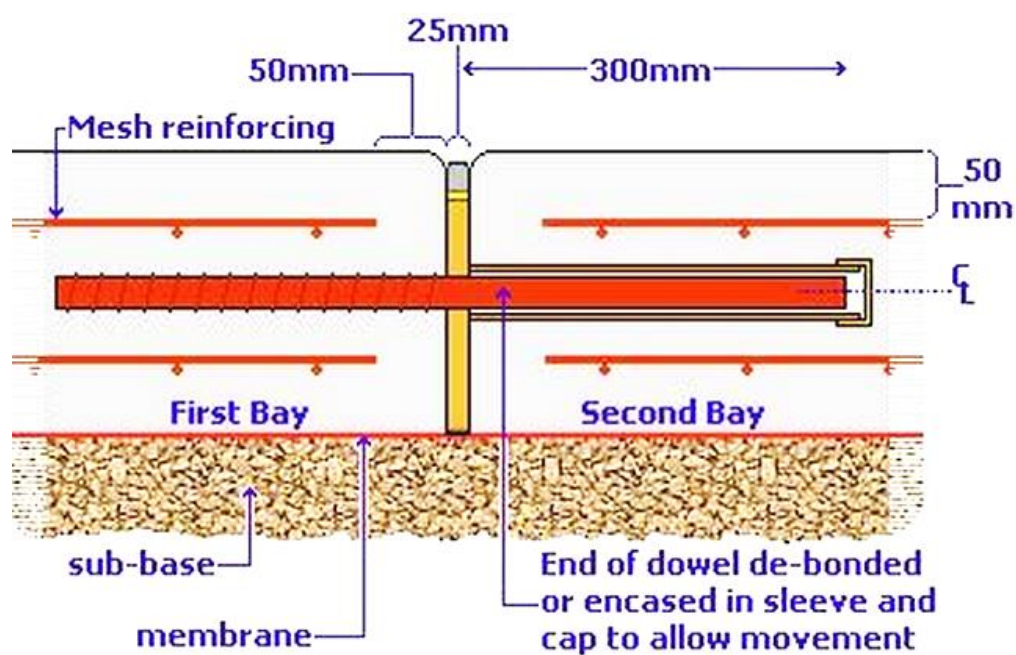
نکته: اگر در هنگام استقرار اسکلت فلزی، ستون‌هایی که در مجاورت یک درز انبساط قرار دارند، به طور موقت به وسیله قطعات فلزی متصل شده‌اند، پس از استقرار، باید این اتصالات بریده شوند تا ساختمان در محل درز انبساط به کلی از قسمت مجاور خود جدا باشد.

نکته: در عایق‌کاری درز انبساط باید از ورق‌های مخصوصی استفاده شود که از جنس گالوانیزه یا مس می‌باشد. به این ترتیب که ورق‌های فوق را در محل درز انبساط در بام قرار می‌دهند و سپس بین آن را با ماستیک پر کرده که به صورت جزییات ارایه شده عایق‌کاری می‌شود.



تقویت برشی درز انبساط

در درزهای انبساطی که آرماتورها قطع می‌شوند، بتن هم باید توسط پلاستوفوم قطع شود تا امکان تغییر طول وجود داشته باشد. برای تقویت برشی درز و جلوگیری از نشست‌های نابرابر از آرماتورهایی که یک سر آن در بتن درگیر و یک سر دیگر در غلاف واقع شده است، استفاده می‌شود.



داول (میلگرد اتصال) همان‌طور که بیان شد، برای انتقال بار در عرض درزها در روسازی‌های بتنی مورد استفاده قرار می‌گیرد، همچنین از این میلگردها در محل ترک‌ها نیز استفاده می‌شود.

درز انبساط در مخازن

درز انبساط در مخازنی که طول پی آن‌ها بیشتر از ۳۵ متر است در نظر گرفته می‌شود. معمولاً در مخازن به حجم بالای ۷۰۰۰ مترمکعب به علت زیاد بودن طول بیش از ۳۵ متر نیاز به تعبیه درز انبساطی است.

در محل درزهای انبساط سازه پروژه حتی خود پی (البته مطابق آیین‌نامه الزامی به ادامه درز در خود پی تا سطح بتن مگر نمی‌باشد) به بخش‌های جدای از هم که طول آن‌ها کمتر از ۳۵ متر تقسیم و سپس محل درز را در ابتدا با یونولیت پر نموده و بعد از تکمیل یونولیت رو خارج و جای آن‌را با مواد پر کننده دائم آب‌بند پر می‌کنند. بنا به برخی دلایل از جمله امکان باقی ماندن حباب هوا در زیر نوارهای آب‌بند، در دال‌های کف توصیه می‌شود که از نوارهای آب‌بند کفی^۱ استفاده شود.

❖ روش جایگزین طبق آئین‌نامه‌ی ACI: در قسمتی که این نوارها استفاده می‌شوند بتن‌ریزی در ارتفاع دال کف در دو مرحله صورت گیرد. ابتدا نصف ضخامت دال کف بتن‌ریزی و متراکم شود، سپس نوار جایگذاری شده و بعد نیمه دیگر بتن‌ریزی و متراکم شود. طبیعتاً این روش برای دال‌های ضخیم مناسب‌تر است.

❖ روش پیشنهادی آئین‌نامه‌ی DIN: نوار آب‌بند به صورت زاویه‌دار به کار رود. یعنی به صورت مقعر در بیاید. کناره‌های آن حدود ۱۵ درجه بالا آورده شده و توسط گیره‌هایی تثبیت شود تا حباب‌های هوا امکان خروج داشته باشند. به نظر اجرا و نظارت بر این روش کمی سخت خواهد بود.

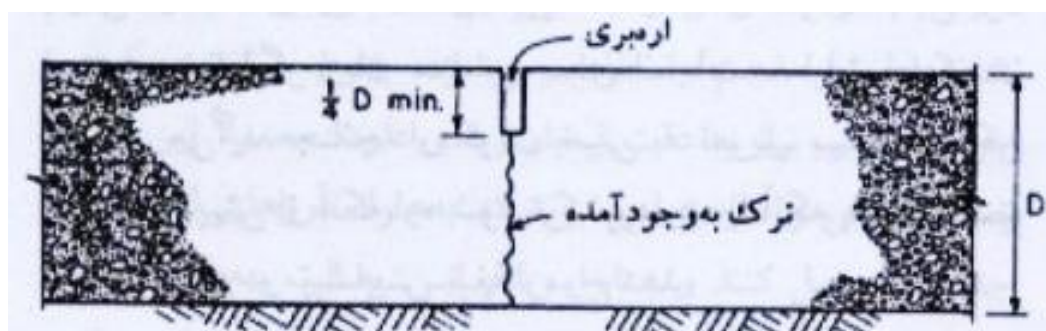
❖ در کل همچنان به نظر می‌رسد که اجرایی‌ترین روش در ایران که جا افتاده است، همان پیشنهاد نشریه ۱۲۳ می‌باشد.

درز انقباض

این درزها معمولاً به منظور (همساز کردن انقباض ناشی از افت بتن) جلوگیری از بروز ترک‌های ناشی از جمع شدن بتن تعبیه می‌شوند. عملکرد این درزها به صورتی است که انقباض طرفین درز در محل درز متمرکز می‌گردد. در حقیقت این درزها دارای نوعی عدم پیوستگی عمومی هستند، لیکن شکاف اولیه‌ای بین بتن دو طرف درز وجود ندارد. به بیانی دیگر، یک درز انقباض نقطه ضعفی در بتن ایجاد می‌کند تا ترک احتمالی ناشی از انقباض بتن، در همین محل صورت بگیرد.

اجرای درز انقباض

ایجاد شیاری مستقیم و ممتد در بالای دال، با استفاده از اره کرد. بارهای قائم در عرض درز از طریق درهم قفل‌شدگی سنگدانه‌های دو وجه مقابل ترک منتقل می‌شوند، به شرطی که ترک خیلی عریض و فاصله بین درزهای انقباض خیلی زیاد نباشد.



عملیات اره کردن باید بلافاصله بعد از آن انجام می‌گیرد که بتن چندان مقاوم باشد که بتواند در برابر کنده شدن سنگدانه‌ها یا سایر آسیب‌های وارد از تیغه اره مقاومت کند که معمولاً ۴ تا ۱۲ ساعت پس از سخت شدن بتن می‌باشد. ایجاد اندکی پارگی در لبه‌های اره شده در حین عملیات اره کردن، نمایانگر زمان مناسب برای انجام عملیات اره کردن به شمار می‌آید. چنان‌که به تعویق بیافتد، ممکن است بتن پیش از آن‌که اره شود ترک بخورد.

درزهای انقباض را می‌توان در بتن تازه نیز ایجاد کرد. این کار با استفاده از شیارکشی‌های دستی یا با قرار دادن نوارهایی از چوب، فلز، یا درزهای پیش‌ساخته در محل درزها انجام می‌گیرد. درز انقباض باید تا عمق یک‌چهارم ضخامت دال ادامه یابد.

درز انقباض جزئی و کامل

- BS 5337 در یک درز انقباض جزئی، تمام آرماتورها را می‌توان از درز عبور داد. در حالی که یک درز انقباض کامل، ۱۰۰ درصد آرماتورها باید قبل از رسیدن به درز، قطع شوند.
- ACI-350R قید می‌کند که در درزهای انقباض جزئی هم باید حداقل ۵۰ درصد آرماتورها در محل درز قطع شوند.

نکته: چنانچه درزهای انقباض دیوارها در گوشه‌های بازشوهای آن واقع شوند؛ برای کنترل ترک‌خوردگی باید آرماتورهای اضافی قطری یا قائم و افقی در گوشه‌های بازشوها قرار داده شوند. در دیوارها نباید درزهای انقباض بیش از ۶ متر از یکدیگر فاصله داشته باشند. در جاهایی که تغییرات ناگهانی در ضخامت یا ارتفاع رخ دهد، در نزدیکی گوشه‌ها، در صورت امکان به فاصله ۳ تا ۴/۵ متری از گوشه، باید درزهای انقباض تعبیه شوند.

آب بند

سالم‌است استفاده از آب بند (واتر استاپ) به منظور آب‌بندی درزهای اجرایی و محل‌های قطع بتن^۱ متداول است. امروزه تمامی کشورهای توسعه یافته و پیشرفته از آب بندهای هیدروفیلیک یا بنتونیتی برای آب‌بندی درزهای اجرایی استفاده می‌کنند نه نوع IP.V.C. دلیل این امر این است که محل ثابت سازی آب‌بندها در بین آرماتورها می‌باشد و با گذشت چند سال از عمر سازه و بررسی شرایط آرماتورها و بتن مشاهده می‌شود که آرماتورهای طولی و عرضی که در سمت آگیر سازه قرار دارند به واسطه عبور آب از طریق درز سرد موجود بین مقاطع بتن‌ریزی شده و لوله‌های موئین ناشی از تبخیر آب بتن، دچار زنگ زدگی شده که در برخی از موارد با انبساط ۶ الی ۱۵ درصدی حجم آرماتورها، بتن دچار ترک‌خوردگی می‌گردد. این نقصان عاملی جهت تشدید نفوذپذیری و کاهش شدید طول عمر سازه بتنی می‌باشد. آب بندهای هیدروفیلیک یا بنتونیتی علاوه بر سهولت و سرعت بسیار زیاد در نصب تمامی نواقص فوق‌الذکر را رفع می‌کنند.

برای آب‌بندی یک سازه بتنی باید دو کار اساسی صورت بگیرد که هر دو صورت می‌بایست برقرار باشد.

الف- آب‌بندی خود بتن توسط بتن مناسب

ب- آب‌بندی درزهای بتن توسط واتراستاپ

اصول آب‌بندی بتن

اصلاح منحنی دانه بندی و کنترل میزان فیلر^۱ بتن یعنی بیشتری نسبت به سایر مواد داشته باشد و تغییر نسبت مصالح درشت به ریز (در بتن‌های معمولی شن بیشتر است ولی در اینجا نسبت‌ها برابر باید باشد)، نسبت آب به سیمان حداقل است. از دیگر عوامل موثر ویریهی مناسب است و برای افزایش ضریب اطمینان لزوماً همه بتن‌ها نیاز به افزودنی ندارند البته اگر خوب اجرا شود.

اصول آب‌بندی درزها

✓ واتر استاپ

✓ درزگیر که به عنوان مکمل و نه به عنوان جایگزین استفاده می‌شود.

نوار آب‌بند مخصوص جلوگیری از عبور آب در درزهای اجرایی و انبساطی در طرح‌ها و ابعاد مختلف برای نیازهای مختلف مطابق با استانداردهای ASTM و CRD می‌باشد.

نکته: اهمیت واتر استاپ‌ها را در سازه‌های آبی می‌توان به مانند بادبندها در سازه‌ها عنوان نمود.

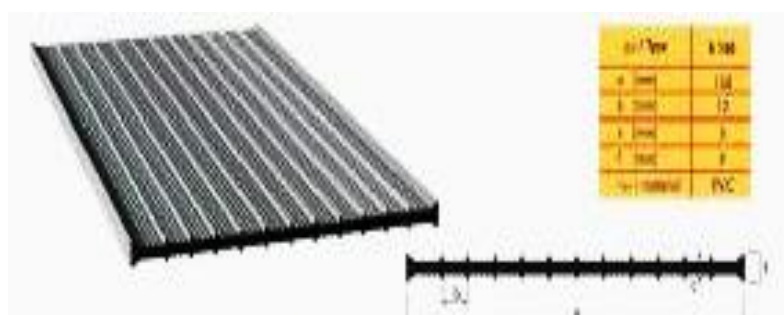
نکته: واتر استاپ طول مسیر جریان و حرکت آب را طولانی می‌کند تا آب نتواند نشت کند. ضخامت بتن بر اساس میزان نفوذپذیری از آن جهت اهمیت دارد که اگر ضخامتش بیشتر از میزان نفوذ پذیری آب باشد تا آب از آن عبور نکند.

نکته: یکی از نکات در طراحی، عرض واتر استاپ است، که عمق نفوذ بیشتر از یک دور رفت و برگشت باشد.

انواع واتر استاپ

واتر استاپ‌ها به طور کلی به دو دسته تقسیم می‌شوند:

۱. واتر استاپ‌های تخت: (جهت استفاده در درزهای اجرایی)



۲. واتر استاپ‌های حفره‌دار: (جهت استفاده در درزهای انبساطی)



همه‌ی واتر استاپ‌ها آج دارند که باعث چسبندگی و افزایش طول مسیر آب می‌باشند و نوع آن‌ها با توجه به نوع درز تعیین می‌شوند. در واتر استاپ‌هایی که در وسطش حفره دارند، حفره دقیقاً وسط درز حرارتی انبساطی می‌افتد که موجب جلوگیری از بازی کردن درز می‌شود. همچنین در درزهای انبساطی واتر استاپ‌ها مستقیماً با آب در تماس هستند ولی در درزهای اجرایی این‌گونه نیست.



انواع واتر استاپ‌ها از لحاظ محل قرارگیری در مقاطع بتنی به انواع زیر تقسیم می‌شوند:

الف) واتر استاپ‌های میانی

ب) واتر استاپ‌های کفی (کف استخر)

ج) واتر استاپ‌های روکار

از عوامل موثر در تعیین شکل و اندازه‌ی واتر استاپ می‌توان به نوع و اندازه درز، محل قرارگیری واتر استاپ‌ها در مقطع بتنی، ضخامت قطعه بتنی که واتر استاپ‌ها در آن قرار دارند و فشار هیدرواستاتیک درون سازه اشاره نمود.

نکات نصب واتر استاپ

- ❖ دو گونه انتهایی واتر استاپ‌ها نقش بسیار مهمی در جلوگیری از عبور آب دارد، چون گوه‌های وسطی که در کشش قرار می‌گیرند تخت می‌شوند ولی انتها هیچ تغییری نمی‌کند.
- ❖ واتر استاپ به هیچ وجه خم یا سوراخ نمی‌شود. این واتر استاپ‌ها را باید از بالا و پایین کاملاً مهار شود.
- ❖ ساده‌ترین راه همپوشانی^۱ است. هرچقدر که همپوشانی زیاد باشد به خاطر آج‌ها دو سر کاملاً بر هم منطبق نمی‌شوند.
- ❖ بهترین راه همپوشانی توسط جوش لب به لب توسط دستگاه مخصوص هویه برقی می‌باشد به این صورت است که دو سر واتر استاپ را ذوب می‌کنند و به هم می‌چسبانند.

بخش ۵: سقف

یکی از اجزای اصلی تشکیل‌دهنده انواع ساختمان‌ها، سقف‌های بتنی هستند که نقش اساسی آن‌ها انتقال نیروهای قائم و افقی ناشی از وزن مرده سقف و نیروهای باد و زلزله به تیرها، ستون‌ها و دیوارهای بابر است.

الف - سقف کرومیت

در سیستم سقف کُرمیت از تیرچه‌های فولادی با جان باز در ترکیب با بتن استفاده می‌شود. در ساخت تیرچه‌های مذکور از یک تسمه، در بال تحتانی و نیز یک میلگرد خم شده در جان استفاده می‌شود. برای پرکردن فضای خالی بین تیرچه‌ها از قالب‌های ثابت مانند بلوک‌های سیمانی، پلی استایرن، طاق ضربی، قالب‌های موقت فولادی (کامپوزیت) و یا هر پرکننده سبک استفاده می‌شود. فواصل تیرچه‌ها بسته به نوع قالب از ۷۳ سانتی‌متر تا ۱۰۰ سانتی‌متر متغیر است، روی سقف نیز با ۴ الی ۱۰ سانتی‌متر بتن پوشانده می‌شود. تیرچه‌ها از نوع خود ایستا بوده و به همین علت هیچ نوع شمع‌بندی در زیر سقف مورد نیاز نمی‌باشد و تیرچه‌ها به نحوی طراحی می‌شوند که بتوانند وزن بتن خیس، قالب‌ها و عوامل اجرایی سقف را به تنهایی تحمل کنند. پس از این که بتن به ۷۵٪ مقاومت مشخصه خود می‌رسد، تیرچه‌های فولادی با بتن به صورت یک مقطع مختلط وارد عمل شده و بارهای مرده و زنده سقف را تحمل می‌کنند.

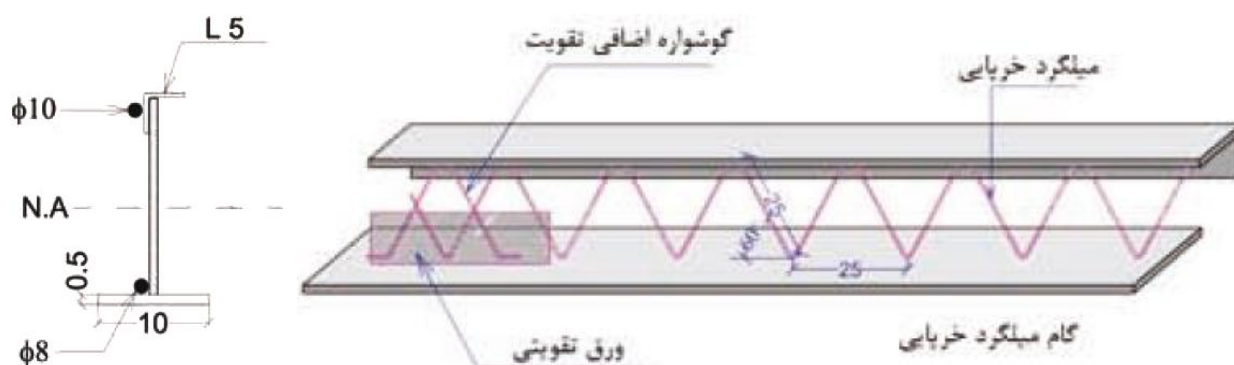
این سقف در سال ۱۳۶۲، توسط آقای مهندس محمد جعفر کرمی، ثبت اختراع شده و در سال ۱۳۷۵، آئین‌نامه جزئیات اجرایی سقف کرمیت توسط ایشان منتشر شده است. علاوه بر آن بروشورها و کاتالوگ‌های فنی و تبلیغاتی مختلفی در این زمینه، توسط شرکت کرومیت پارس به چاپ رسیده است و سرانجام در سال ۱۳۸۱، نشریه شماره ۱۵۱ سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور، تحت عنوان "راهنمای طراحی و اجرای سقف تیرچه‌های فولادی با جان باز در ترکیب با بتن" منتشر شده است، تا حداقل ضوابط و معیارهای لازم برای طراحی و اجرای این گونه سقف‌های خود ایستا را بیان نماید.

اجزای تشکیل دهنده سقف کرومیت، تیرچه فولادی با جان باز، بلوک، میلگرد افت و حرارت، کلاف عرضی و بتن پوششی درجا می‌باشد.

تیرچه فولادی با جان باز:

تیرچه فولادی با جان باز عضو پیش ساخته‌ای است که به صورت خرپاهای ویژه دو سر ساده اجرا می‌شود. تیرچه فولادی با جان باز در دو مرحله تحت بارگذاری قرار می‌گیرد. در مرحله اول باربری تیرچه هنگام حمل و نقل، بار ناشی از وزن خود را و در زمان اجرای سقف و قبل از گرفتن بتن بار مرده‌ی سقف (شامل وزن سقف تیرچه بلوک، بتن درجا و قالب‌ها) و بار زنده عوامل اجرایی را در حد فاصل تکیه‌گاه‌های تیرچه تحمل می‌کند. در مرحله دوم باربری و پس از گرفتن بتن، مقطع مرکب شامل تیرچه و بتن، تنش‌های ناشی از تمامی بارهای وارده به سقف را تحمل می‌کند.

تیرچه فولادی با جان باز شامل بال تحتانی، اعضای قطری و بال فوقانی می‌باشد. میلگردهای فولادی مورد استفاده در تیرچه‌ها، باید علاوه بر دارا بودن مدول الاستیسیته‌ی کافی، باید جوش‌پذیر و شکل‌پذیر نیز باشند. همچنین باید از حداقل مجاز تغییرات طول نسبی در مرحله گسیختگی را دارا باشند. این میلگردها می‌توانند از نوع ساده یا آجدار انتخاب شوند و باید از فولاد نرم AI یا فولاد نیمه سخت AII باشند.



❖ بال تحتانی

بال تحتانی تیرچه که از تسمه ساخته می‌شود، به عنوان عضو کششی خرپا عمل می‌کند.

❖ اعضای قطری

اعضای قطری تیرچه که معمولاً از میلگرد می‌باشند به عنوان عضو مورب خرپا عمل نموده و به کمک اعضای کششی و فشاری بار وارده را تحمل می‌کند.

❖ بال فوقانی

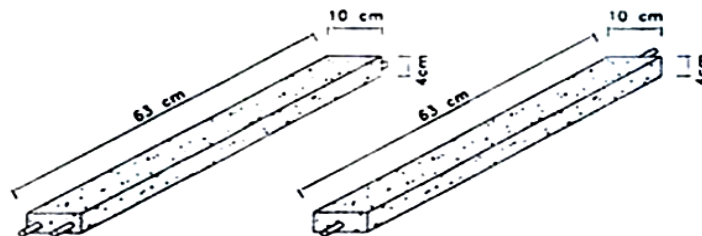
بال فوقانی تیرچه، از نبشی، تسمه یا ناودانی ساخته شده و در داخل بتن پوششی قرار می‌گیرد.

کلاف عرضی

استفاده از کلاف عرضی در سقف الزامی است. کلاف عرضی شامل دو میلگرد به قطر حداقل ۱۲ میلی متر است. یک میلگرد روی بال تحتانی و یک میلگرد در زیر یا روی بال فوقانی به موازات هم به صورت عمود بر تیرچه‌ها به آن‌ها جوش می‌شود. عرض کلاف نباید کمتر از ۱۰ سانتی‌متر اختیار شود. کلاف عرضی باید بال فوقانی تیرچه‌ها را در طول اجرا در مقابل تغییر شکل جانبی مهار نموده و تیرچه را در محل خود نگهداری کند. برای دهانه‌های کوچکتر از ۵/۵ متر استفاده از حداقل یک کلاف عرضی الزامی است و برای دهانه‌های بزرگ‌تر، کلاف‌های عرضی باید به نحوی انتخاب شوند که فاصله‌ی دو کلاف عرضی مجاور هم، از ۲/۵ متر تجاوز نکند. اجرای کلاف‌های عرضی به دو صورت پیش‌ساخته و درجا امکان پذیر است.

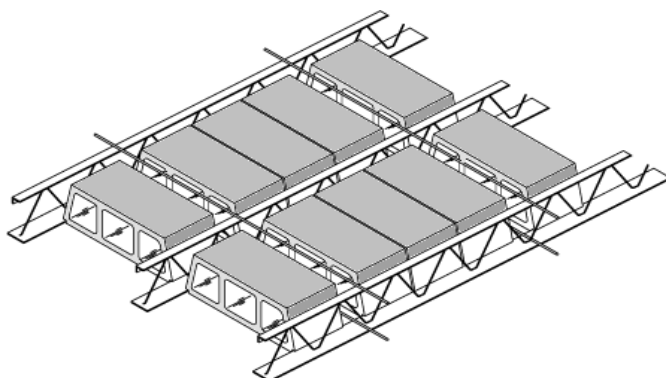
اجرای کلاف عرضی به صورت پیش‌ساخته:

در این روش از قالب‌های بتنی آماده در قسمت تحتانی و یک میلگرد به قطر حداقل ۱۲ میلی‌متر که کاملاً مستقیم و بدون خم باشد و در قسمت فوقانی مطابق شکل استفاده می‌شود. توجه شود که میلگردهایی که از قالب بتنی کلاف عرضی خارج شده‌اند، باید به بال تحتانی کاملاً جوش شوند.



اجرای کلاف عرضی به صورت درجا

در این روش از یک میلگرد در قسمت پایینی استفاده شده که به بال تحتانی تیرچه‌ها جوش می‌شود و میلگرد فوقانی کلاف عرضی مانند روش قبلی به بال فوقانی جوش می‌شود.



بتن پوششی درجا:

پس از جاگذاری تیرچه‌ها و بلوک‌ها، بتن پوششی اجرا می‌شود. طبق نشریه ۱۵۱، ضخامت دال نباید از ۵ سانتی‌متر و یک دوازدهم فاصله‌ی آزاد بین تیرچه‌ها کمتر باشد. در عمل این مورد کمتر رعایت شده و حتی ضخامت‌های ۲ و ۳ سانتی‌متر هم به چشم می‌خورد.

اتصال تیرچه‌ها به تکیه‌گاه

۱) تکیه‌گاه با مصالح بنایی و بتن

۲) تکیه‌گاه فولادی

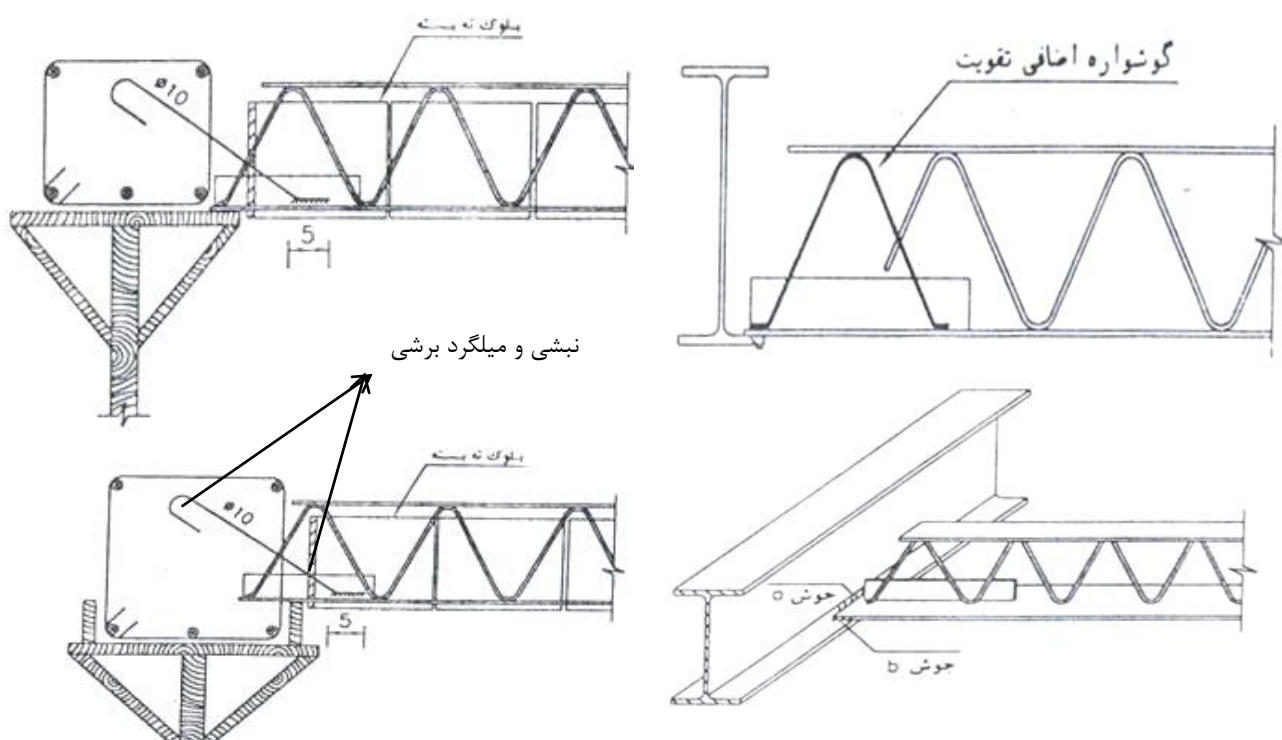
• تکیه‌گاه با مصالح بنایی و بتن

در مواردی که تیرچه روی تیر یا شناژ بتنی قرار می‌گیرد، انتهای تیرچه باید حداقل به اندازه ۱۰ سانتی‌متر داخل کلاف بتنی افقی یا تیر بتنی قرار گیرد. در مورد تیرهای بتنی با ارتفاع بیشتر از تیرچه، نیز باید تیرچه‌ها به داخل تیر بتنی امتداد یافته و روی لبه آویز قالب قرار گیرد. در تیرهای بتنی باید کنترل لازم جهت انتقال برش انجام گرفته و بر اساس نیروهای وارده از طریق تعبیه نبشی و میلگرد برشی، مقاومت برشی لازم تامین گردد.

• تکیه‌گاه فولادی

اندازه نشیمن تیرچه از لبه‌ی تکیه‌گاه فولادی به سمت داخل، باید از طریق محاسبات تعیین شود. اما توصیه می‌شود، در هیچ حالتی کمتر از ۲ سانتی‌متر نباشد. برای اطمینان در هنگام نصب و همچنین یکپارچگی سقف و اسکلت، انتهای تیرچه باید به تکیه‌گاه جوش شود. طول این جوش حداقل ۵ سانتی‌متر و بعد آن حداقل ۳ میلی‌متر است.

از مزایای سقف کرومیت می‌توان به عدم نیاز به شمع‌بندی، سرعت و سهولت اجرا، امکان اجرای همزمان چند سقف، یکپارچگی سقف و اسکلت، امکان حذف کش‌ها، پایین بودن تنش در بتن، حذف در فولاد زیر سقف، سهولت اجرای داکت (بازشو)، کاهش مصرف بتن، مقاومت نهایی و شکل‌پذیری بالا و امکان طراحی و اجرای سقف با دهانه‌ها و باربری‌های خاص اشاره نمود.



ب- سقف کامپوزیت

سقف‌های کامپوزیت در سازه‌های فلزی، سقف‌هایی هستند که ترکیبی از فولاد و بتن بوده و در آن از بلوک‌ها به عنوان پرکننده استفاده نشده است. برای ایجاد یکپارچگی این سقف، از برشگیر (نشی) استفاده می‌شود که این نبشی‌ها باعث درگیری تیرآهن با سقف و در نتیجه یکپارچگی سقف می‌شوند.

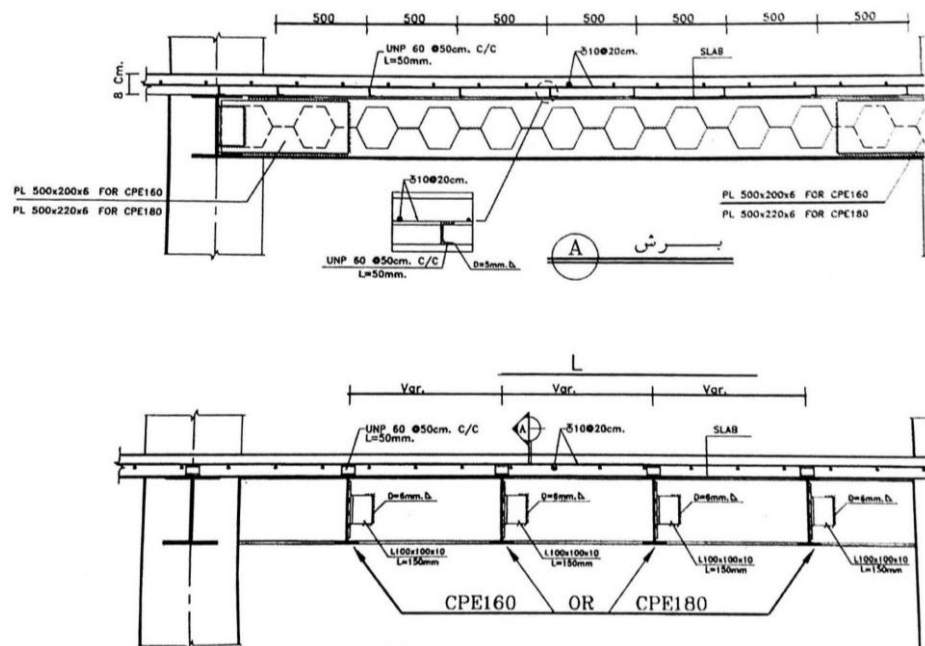
در سازه‌ی فولادی، پس از نصب پل‌ها^۱ یا تیرهای اصلی، تیرهای فرعی سقف به فواصل حداکثر ۱۳۰ سانتی‌متر در داخل جان تیرهای حمال اتصال می‌یابند. تیرهای فرعی ممکن است، لانه زنبوری طراحی و اجرا می‌شوند.

در قالب‌بندی این سقف‌ها معمولاً از تخته کوبی استفاده می‌شود و بعد از اتمام بتن‌ریزی نایلون باعث جدا شدن تخته‌ها می‌شود. در این روش قالب‌بندی نیازی به شمع‌بندی نمی‌باشد. به منظور انجام عملیات قالب‌بندی در ناحیه زیر سقف، قالب‌های چوبی به کمک چهارتراش و گوه‌های چوبی که در داخل جان تیرهای اصلی و فرعی جاسازی و به زیر بال بالایی تیرها مهار می‌شوند.

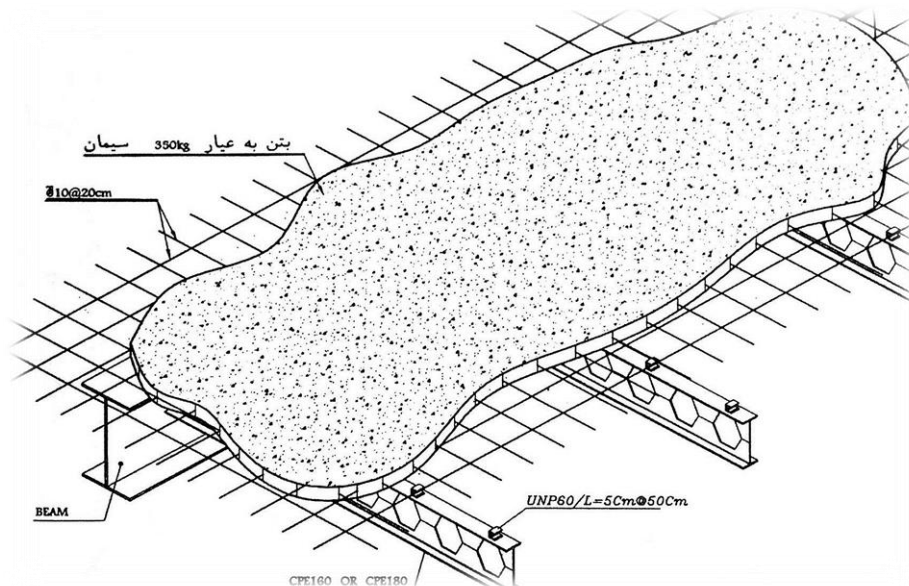


آرماتوربندی سقف کامپوزیت

پروفیل ناودانی (UNP) به فواصل حداکثر ۵۰ سانتی‌متر و با طول هر ناودانی ۵ سانتی‌متر روی بال فوقانی تیرهای اصلی (باربر) جوش می‌شود که اتصال شبکه میلگرد (که معمولاً پیش‌ساخته است) بر روی این ناودانی‌ها صورت می‌پذیرد.



شبکه‌های میلگرد این سقف امروزه بصورت پیش ساخته به بازار عرضه می‌شوند. ساخت شبکه در کارخانه با استفاده از جوش نقطه‌ای توسط ماشین‌آلات اتوماتیک به جای جوشکاری دستی ساخته می‌شود. قطر میلگرد شبکه پیش ساخته حداقل ۱۰ میلی‌متر در نظر گرفته می‌شود. پس از اجرای کامل شبکه روی سقف و کنترل اتصالات شبکه عمل بتن‌ریزی روی سقف آغاز می‌گردد. بتن مورد استفاده، با عیار 350 kg/m^3 می‌باشد، حداقل ضخامت بتن پوشش سقف ۸ سانتی‌متر می‌باشد.



از محاسن این نوع سقف‌ها می‌توان به وزنی سبک یا نسبتاً سبک و سرعت اجرای بالاتری نسبت به سقف‌های با تیرچه بتنی و کرومیت اشاره نمود.

از نقاط ضعف احتمالی این سقف‌ها می‌توان به موارد ذیل اشاره نمود:

- ۱- سقف کامپوزیت به دلیل هزینه‌ی کاذب کاری سنگین از عموم سقف‌های تیرچه و بلوک و کرومیت هزینه تمام شده بیشتری دارد.
- ۲- هر چند سرعت اجرایی سقف‌های کامپوزیت نسبت به سقف‌های تیرچه و بلوک و کرومیت بیشتر است؛ اما به دلیل کاذب کاری سنگین و نیاز به نبشی‌کشی، در مجموع اجرای پروژه زمان بیشتری طول خواهد کشید.
- ۳- سقف‌های کامپوزیت بدلیل داشتن لرزش، گزینه مناسبی برای سقف پروژه‌های مسکونی نمی‌باشد.

نکته‌ی مهم: همانطور که ملاحظه می‌شود، سقف‌های کامپوزیت از برخی سقف‌های تیرچه و بلوک سبکتر و از برخی سنگین‌تر هستند. بنابراین این تصور که کلیه سقف‌های کامپوزیت سبک‌تر از کلیه سقف‌های تیرچه و بلوک و کرومیت هستند اشتباه است.

جدول وزن هر متر مربع سقف‌های کامپوزیت (kg)

۲۴	۲۲	۲۰	۱۸	۱۶	۱۴	۱۲	نمره تیر آهن‌های فرعی
							ضخامت بتن (cm)
۲۱۵	۲۱۱	۲۰۸	۲۰۵	۲۰۲	۲۰۰	۱۹۸	۸
۲۶۲	۲۵۸	۲۵۵	۲۵۲	۲۴۹	۲۴۷	۲۴۵	۱۰

ج- سقف عرشه فولادی^۱ (متال دک)

سقف کامپوزیت عرشه فولادی یکی از روش‌های نوین اجرای سازه می‌باشد که امروزه طرفداران بسیار زیادی در دنیا دارد. سقف عرشه فولادی با ورق‌های گالوانیزه دوزنقه‌ای شکل آجدار بدون استفاده از میلگرد و حذف قالب‌بندی اجرا می‌شود. وزن این سقف نسبت به سقف‌های مشابه حدود ۳۰ تا ۶۰ درصد کمتر می‌باشد و سرعت اجرای این سقف حدود ۱۲ برابر بیشتر از سقف‌های معمولی مانند دال بتنی و تیرچه بلوک می‌باشد.

بتن‌ریزی در این سقف از سطح بسیار صاف و یکپارچه برخوردار است که پس از آن نیاز به کف‌سازی و پوک‌ریزی نمی‌باشد و با سرعت بالا آماده عملیات نازک‌کاری می‌باشد. در این سیستم، قالب‌بندی که یکی از مشکلات اجرایی ساختمان می‌باشد، حذف گردیده و اجرای سقف را با سرعت بالا عملی می‌کند و این امکان وجود دارد که بعد از تکمیل شبکه‌های تاسیساتی به صورت یکجا نسبت به بتن‌ریزی تمام سقف و طبقات اقدام نمود. همچنین نصب ورقه‌ها بدون جوشکاری و فقط با میخ‌های فولادی انجام می‌شود. در این سیستم امکان اجرای سقف و بتن‌ریزی در کلیه طبقات ساختمان‌های چند طبقه در یک زمان قابل انجام می‌باشد.

اجزای تشکیل دهنده‌ی سقف متال دک

الف) ورق فولادی

ب) برشگیر

ج) آرماتور

د) بتن

۱- ورق فولادی:

ورق فولادی شاخص‌ترین مصالح این نوع سقف می‌باشد که برای ساخت آن ورق فولادی گالوانیزه (هر دو طرف) با ضخامت‌های ۰/۸ تا ۱/۲ میلیمتر را به وسیله دستگاه‌های Rol Forming به روش نورد سرد^۲ به حالت موجدار شکل‌دهی می‌کنند به صورتی که در مقطع

1 Metal Deck
2 Cold Forming

ورق حاصله هر موج به شکل یک دوزنقه دیده می‌شود. برای محاسبه مشخصات هندسی مقطع می‌بایست از ضخامت پوشش گالوانیزه^۱ صرف‌نظر نمود. ارتفاع دوزنقه‌ها (عمق کنگره) حداکثر ۷۵ میلیمتر می‌باشد و عرض متوسط کنگره‌های پر شده با بتن نمی‌بایست کمتر از ۵۰ میلیمتر باشد.

۲- برشگیر:

برشگیرها یا گل‌میخ‌های خاصی که در این نوع سقف استفاده می‌شود به جهت نوع مصالح و روش خاص اجرا، یکی دیگر نقاط قوت این نوع سقف محسوب می‌شود. قطر این برشگیرها حداکثر ۲۰ میلیمتر و ارتفاع آن‌ها بسته به شکل ورق فولادی متغییر می‌باشد و در نهایت حداقل ارتفاع گل‌میخ بعد از نصب که از بالای ورق زوزنقه‌ای اندازه‌گیری می‌شود نباید کمتر از ۴۰ میلیمتر باشد. این گل‌میخ‌ها به وسیله دستگاه جوش قوس الکتریکی خاصی که Stud Welder خوانده می‌شود به بال تیرهای سازه‌ای جوش می‌شود.



۳- آرماتوربندی:

آرماتوربندی در چهار مورد زیر می‌بایست اجرا گردد:

- مقاومت در برابر لنگر منفی در دهانه‌های ممتد و کنسول‌ها
- بارهای متمرکز یا بازشوها
- آرماتور حرارتی
- مقاومت در برابر لنگر مثبت در صورتی که از عملکرد کششی ورق فولادی صرف‌نظر شود.

۴- بتن:

مقاومت فشاری بتن مورد استفاده با توجه به اینکه از بتن سبک یا بتن معمولی استفاده شود می‌تواند از ۲۰۰ تا ۳۰۰ کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع متغیر باشد که با توجه به نوع بارگذاری و مشخصات دهانه تعیین خواهد شد.

مزایای سقف عرشه فولادی:

۱. سرعت اجرای بسیار بالا حداکثر ۵۰۰ تا ۱۰۰۰ متر در روز آماده بتن ریزی

۲. افزایش فواصل تیرریزی بین ۳ تا ۵ متر بدون شمع بندی

۳. سرعت اجرا ۱۱ برابر اجرای سقف دال بتنی و سقف کامپوزیت سنتی

۴. حذف قالب بندی

۵. امکان بتن ریزی کلیه سقف‌ها در یک زمان

۶. کاهش وزن مرده سقف و سبک شدن سازه

۷. ۲۰ تا ۳۰٪ صرفه جویی در مصرف فولاد اسکلت سازه

۸. ۶۰ تا ۷۰٪ صرفه جویی در مصرف میلگرد سقف

۹. ۱۵ تا ۲۰٪ صرفه جویی در مصرف بتن سقف

د- سقف کوبیاکس

یکی از روش‌های اجرای سقف، استفاده از گوی‌های پلاستیکی توخالی از جنس پلی اتیلن است. مجموعه شرکت‌های اقماری صاحب فناوری‌های کوبیاکس با مقر اصلی آن در زوگ^۱ سوئیس و شرکت‌های اروپایی تابعه‌ی آن متخصص طراحی و ساخت دال‌های تخت دومحوره سبک با استفاده از بتن مسلح و گوی‌های توخالی هستند.

در حال حاضر شرکت کوبیاکس با ارائه‌ی دال‌های تخت و سبک دومحوره که دارای قابلیت‌های مدولار و انعطاف‌پذیری می‌باشد بهینه‌سازی قابل توجهی را در زمینه‌ی فناوری و اقتصاد ساخت و ساز ارائه کرده است. با استفاده از دال‌های تخت و سبک کوبیاکس به جای دال‌های بتنی توپر یا دیگر دال‌های سبک موجود می‌توان ارزش بالایی به ساختمان و فرایند ساخت و ساز داد.

در فناوری کوبیاکس، بار مرده‌ی غیرسازه‌ای حذف و خاصیت مقاومت دومحوره حفظ می‌گردد. همچنین، با شکل‌گیری غشایی بتنی مستحکم در قسمت فوقانی و تحتانی دال به همراه شکل‌گیری شبکه تیرچه‌های داخلی در دو امتداد در اثر قراردهی احجام توخالی در سراسر فضای میانی دال بتنی می‌توان باربری بسیار مناسبی را برای دال متصور شد.

اساس طراحی تکنولوژی کوبیاکس مبنی بر سقف سازه‌ای با ویژگی "سقف دال دوطرفه" مشابه سقف‌های بتنی دال دوطرفه مرسوم است با این تفاوت که هسته بتن مرکزی در محل‌هایی که کاربرد سازه‌ای ندارد با گوی‌های توخالی جایگزین می‌گردد. (جنس این گوی‌ها پلی اتیلن بازیافت یا پلی پروپیلن می‌باشد) بدین صورت که این گوی‌ها در حداث‌های میلگردی بالا و پایین قرار می‌گیرند. با توجه به اینکه در دال‌های بتنی دوطرفه مشکل تحمل نیروی برشی وجود ندارد، طراحی این نوع سقف بر مبنای حذف قسمتی از بتن میانی و ایفای عملکرد دال دوطرفه می‌باشد. در فناوری کوبیاکس با حذف بار مرده غیرسازه‌ای خاصیت باربری دومحوره همچنان حفظ می‌گردد. همچنین با شکل‌گیری غشای بتنی مستحکم در قسمت فوقانی و تحتانی دال به همراه شکل‌گیری شبکه تیرچه‌های داخلی در دو امتداد در اثر قراردهی گوی‌ها در سرتاسر فضای میانی دال بتنی می‌توان باربری مناسبی را برای این دال متصور شد.

در حداث‌های میلگردی بالا و پایین به جای بتن غیرسازه‌ای احجام پلاستیکی تو خالی از جنس پلی اتیلن بازیافت شده قرار می‌گیرند. نتیجه این امر دالی است که حدوداً ۳۵٪ وزن کمتری نسبت به یک دال مشابه توپر دارد. این موضوع سبب می‌گردد که صرفه جویی قابل ملاحظه‌ای در وزن تمام شده سقف و نیز مواد اولیه و مصالح کل ساختمان حاصل گردد. چنانچه فناوری کوبیاکس از دیدگاه کلی قاب‌های سازه‌ای مد نظر قرار داده شود، بهره‌گیری از این فناوری مزایا و صرفه جویی‌های فراوانی را در ساخت و ساز به همراه خواهد داشت.

فناوری کوبیاکس با تغییر ابعاد المان‌های سازه‌ای برآوردی جامع از اصلاحات و بهینه‌سازی را در امر ساختمان‌سازی میسر می‌سازد. با استفاده از فناوری کوبیاکس، نه‌تنها ارزش افزوده ساختمان بیشتر می‌شود، بلکه موجب حفظ محیط زیست هم خواهد گردید.

مزایای فنی سیستم کوبیاکس

- باربری دومحوره
- بهینه‌سازی المان‌های عمودی مانند ستون‌ها و دیوارهای برشی (ستون‌های لاغرتر، کاهش ۴۰ درصدی حجمی و عددی ستون‌ها)
- بهینه‌سازی دال و فونداسیون (کاهش بارهای وارد بر پی، دال‌های تا ۳۰ درصد سبک‌تر)
- بهینه‌سازی المان‌های سخت‌کننده (کاهش بارهای افقی)

- کاهش ارتفاع کلی سازه (بهینه‌سازی ارتفاع سقف)
- کنترل خیز بهتر
- مقاومت بهتر در برابر نیروهای زلزله (کاهش اثر آسیب‌های لرزه‌ای، کاهش ارتفاع و سبک‌شدن سازه)
- حذف تمام تیرهای اصلی

مزایای معماری سیستم کویاکس

- انعطاف‌پذیری در پلان معماری (کاهش عددی ستون‌ها)
- قابلیت پذیرش کاربری‌های گوناگون
- سهولت تغییر کاربری افقی و عمودی
- امکان اجرای کنسول تا ۷ متر
- امکان ایجاد بازشو در هر شکل و اندازه در سقف
- افزایش فضای مفید (قابلیت اجرای دهانه تا ۱۸ متر بدون اجرای ستون) (گاهی تا ۲۲ متر)

مزایای اقتصادی سیستم کویاکس

- کاهش مصرف بتن
- کاهش المان‌های سازه‌ای
- کاهش مصرف آرماتور
- کاهش زمان ساخت سازه
- کاهش هزینه‌های اجرای تأسیسات (حذف تیرها و مشکلات ناشی از آویز تیرها)
- کاهش ارتفاع کلی سازه به دلیل بهینه‌سازی ارتفاع سقف

دلایل انتخاب این نوع سقف‌ها و ورود تکنولوژی به بازار داخلی ایران

- صنعتی‌سازی
- عدم نیاز به سرمایه‌گذاری زیاد برای احداث کارخانجات مواد اولیه
- عدم نیاز به نیروی کار خیلی متخصص و امکان استفاده از نیروهای موجود
- امکان احداث کارخانجات تولیدی در اقصی نقاط کشور
- عدم وابستگی به خارج از کشور
- سازگاری با مباحث و مقررات ملی ساختمانی کشور
- اقتصادی بودن تکنولوژی و امکان رقابت با سیستم‌های رایج
- انعطاف‌پذیری سیستم در ارتباط با مسأله معماری و سازه‌ای
- تکنولوژی دوستدار محیط زیست

نحوه محاسبه هزینه تمام شده اجرائی ساختمان بر اساس سیستم کویاکس

هزینه تمام شده ساختمان در بخش اجرای سازه (شامل فونداسیون، ستون، دیوار برشی و سقف) عبارت است از مجموع هزینه‌های زیر در متر مربع زیربنا:

۱. میلگرد مصرفی: میزان مقادیر میلگرد مصرفی بسته به نوع کاربری، تعداد طبقات، فواصل ستونها از جدول پیوست قابل استخراج می‌باشد.

۲. بتن مصرفی: میزان بتن مصرفی بسته به نوع کاربری، تعداد طبقات و فواصل ستونها از جدول پیوست قابل استخراج می‌باشد.

۳. خدمات و پشتیبانی کوبیاکس: هزینه خدمات و پشتیبانی کوبیاکس شامل دو بخش به شرح زیر می‌باشد:

الف) خدمات مهندسی شامل طراحی، محاسبات و تولید نقشه‌های سازه بر اساس سیستم کوبیاکس، آموزش گروه مجری سقف، حق امتیاز استفاده از تکنولوژی در پروژه و نظارت بر مراحل اجرای سقف.

ب) تولید و تحویل کیچ ماژول‌های مورد نیاز پروژه

۴. دستمزد و اجراء: کارفرما لازم است که برای اجرا سازه پیمانکار مورد تأیید خود را انتخاب نماید. بدیهی است حق الزحمه پیمانکار بر اساس شرایط منطقه و قیمت‌های متداول روز تعیین می‌شود.

الزامات طراحی و اجرا برای سیستم سقف کوبیاکس

۱. استفاده از این نوع سقف به شرط رعایت ضوابط و محدودیت‌های ذکر شده در ذیل و مباحث ششم و نهم مقررات ملی ساختمان، در ساختمان‌های دیوار برشی بتن مسلح مجاز است.

۲. این ضوابط تنها برای سقف‌های کوبیاکس با گوی‌های کروی شکل کاربرد داشته و سقف یا گوی با اشکال غیر کروی را شامل نمی‌شود.

۳. مجموع بار مرده روی این سقف‌ها شامل پارتیشن، کف‌سازی و نازک کاری محدود به ۲۶۰ کیلوگرم بر مترمربع بوده، ضمن اینکه کاربرد این نوع سقف تنها جهت پارکینگ‌هایی که محل عبور اتومبیل‌های سواری با حداکثر وزن ۲٫۵ تن با بار متمرکز ۱ تن می‌باشد مجاز است.

۴. لازم است حداقل ضخامت بتن در اطراف گوی‌ها شامل بالا و پایین و مابین دو گوی متوالی حداقل ۵ سانتی‌متر در نظر گرفته شود.

۵. در طراحی از ظرفیت برشی فولاد مورد استفاده در قفسه گوی‌ها صرف نظر شود، با این حال میزان فولاد با امتداد قائم در این قفسه بایستی مطابق بند ۹-۱۲-۶-۳-۱ مقررات ملی ساختمان ایران با فرض برابر با حداقل فاصله بین دو گوی متوالی در هر جهت دال تأمین شود.

۶. در طراحی برای برش در هر جهت دال، مقاومت برشی نهایی بتن باید حداکثر ۵۰ درصد مقدار محاسبه طبق رابطه ۹-۱۲-۴ مبحث نهم مقررات ملی ساختمان و با فرض مقطع تمام پر بتنی محاسبه شود. در تمام نقاط دال که نیروی برشی نهایی بیش از مقاومت برشی نهایی تأمین شده توسط بتن باشد دال باید به صورت توپر و بدون گوی اجرا شود.

۷. در طراحی و کنترل برش در حالت حدی نهایی برای عملکرد دوطرفه در حوالی بارهای متمرکز و تکیه گاه‌ها، مقاومت برشی نهایی بتن نباید حداکثر از ۵۰ درصد مقداری که در بند ۹-۱۲-۱۷-۲-۴ مبحث نهم مقررات ملی ساختمان ایران حاصل می‌شود بیشتر منظور شود.

۸. طراحی دال برای خمش در هر جهت بنا بر جزئیات اجرایی یا منظور نمودن حفره‌ها با مقطع دایره، در ضعیف‌ترین مقطع دال انجام گیرد.

۹. محاسبات تغییر شکل دال بر مبنای بند ۹-۱۴-۲-۶-۱ مبحث نهم مقررات ملی ساختمان و با محاسبه دقیق ممان اینرسی مؤثر دال سوراخ دار انجام گیرد. اضافه افتادگی دراز مدت بر پایه بند ۹-۱۴-۲-۴-۳ مبحث نهم مقررات ملی ساختمان محاسبه شود.

۱۰. ایجاد هرگونه بازشو در این دال تابع ضوابط بند ۹-۱۵-۳-۵ مبحث نهم مقررات ملی ساختمان می‌باشد.

۱۱. در محل تقاطع دیوار برشی و دال کوبیاکس، انتقال برش ناشی از زلزله از دال به دیوار باید در ضعیف‌ترین سطح مقطع دیوار کنترل شده و در صورت نیاز از فولادگذاری برای تسهیل انتقال برش درون صفحه دیافراگم به دیوار بهره برده شود.
۱۲. پیش بینی المان‌های مرزی در اطراف بازشوها و لبه دال حسب مورد مطابق ضوابط طراحی آیین‌نامه‌ها و مقررات موجود انجام گیرد.
۱۳. حداکثر دهانه (مرکز ستون به مرکز ستون) برای این نوع سقف در حالت کاربرد به صورت دال تخت به ۸ متر محدود می‌شود. در صورت کاربرد این نوع سقف در ترکیبات با قاب خمشی بتن‌آرمه شامل تیر و ستون مجزا که به تفکیک از دال طرح شده باشد. محدودیت یادشده برای دهانه دال به ۱۰ متر افزایش می‌یابد.
۱۴. استفاده از روش پیش دال تنها در حالی که قفسه و گوی‌ها در پیش دال درگیر بوده و فولادهای کششی در پیش دال پیش بینی شده باشد مجاز است.
۱۵. اخذ گواهی نامه فنی برای محصول تولیدی، پس از راه‌اندازی خط تولید کارخانه، از مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن الزامی است.
۱۶. رعایت مبحث سوم مقررات ملی ساختمان در خصوص حفاظت ساختمان‌ها در مقابل حریق و همچنین الزامات نشریه شماره ۴۴۴ مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن مربوط به مقاومت جداره‌ها در مقابل حریق با در نظر گرفتن ابعاد ساختمان، کاربری و وظیفه عملکردی اجزای ساختمانی الزامی است.
۱۷. صدابندی هوا برد جداکننده‌های بین واحدهای مستقل و پوسته خارجی ساختمان و صدابندی سقف بین طبقات می‌بایست طبق مبحث هجدهم مقررات ملی ساختمان تأمین شود.
۱۸. در شرایط اقلیمی مختلف، باید تمهیدات لازم در طراحی و اجرای ساختمان‌ها در نظر گرفته شود.
۱۹. لازم است تمهیدات لازم مناسب با شرایط مختلف اقلیمی و محیط‌های خورنده ایران صورت پذیرد.
۲۰. کلیه مصالح و اجزاء در این سیستم اعم از معماری و سازه‌ای از حیث دوام، خوردگی، زیست محیطی و غیره می‌بایستی بر مبنای مقررات ملی ساختمان ایران یا آیین‌نامه‌های ملی یا معتبر بین‌المللی شناخته شده و مورد تأیید، به کار گرفته شود.

دال‌های تخت یکطرفه و دوطرفه

بتن از دیرباز به عنوان ماده اصلی در ساخت سازه‌ها مورد استفاده قرار می‌گرفت. اضافه نمودن مصالح فولادی در نواحی کششی بتن منجر به ساخت بتن مدرن شد. اعضای بتن مسلح دارای ابعاد کوچک‌تری نسبت به اعضای بتنی بدون حضور مصالح فولادی هستند.

انواع دال توپر

دال‌های بتنی باتوجه به قاب ساختمانی (منظور ابعاد قاب و سیستم باربری است) متغیر هستند. در قاب‌های ساختمانی فولادی، دال‌های بتنی اغلب از ریختن مقدار کمی بتن بر روی عرشه فولادی تشکیل می‌شوند. در قاب‌های ساختمانی بتنی، دال‌های بتنی با ریختن کمی بتن بر روی سقف پیش‌ساخته تشکیل می‌شوند. این دال‌ها توسط بلوک‌های توخالی تکیه داده می‌شوند. در قاب‌های بتنی که در محل بتن‌ریزی می‌شوند، دال‌ها دارای ضخامت نسبتاً بیشتری نسبت به حالت قبل هستند که وابسته به طول دهانه است که می‌تواند با یا بدون تیرهای سقف باشد.

دال‌های بتنی عموماً با توجه به نسبت طول‌های دهانه به دو صورت یک طرفه یا دو طرفه تقسیم بندی می‌شوند. بسته به نسبت طول دهانه، سختی خمشی دال، دال‌های بتن مسلح توپر به صورت یک یا دو طرفه طراحی می‌شوند. دال یک طرفه معمولاً دارای نسبت دهانه بیش از ۲ است. دال‌های یک طرفه به گونه ای طراحی می‌شوند که فقط در یک جهت قرار بگیرند. این دهانه‌های دال به تیرها منتهی

می‌شوند و بسته به محل قرارگیری میلگردها به طور پیوسته در دهانه‌های متعدد قرار دارد. این دال‌ها به عنوان بخش‌هایی با عرض واحد طراحی می‌شوند که فقط در یک جهت بارگذاری می‌شوند. آرماتوگذاری برای مقاومت در برابر خمش در جهت کوتاه و عمود بر تیرها طراحی می‌شوند. به طور معمول، جهت طولی، به موازات تیرها، دارای میلگردگذاری کمتری خواهد بود و در حدی که نیازهای آرماتورهای حرارتی و انقباض را تامین کند. دال یک طرفه ساده ترین نوع دال بتن مسلح هستند که برای طراحی در نظر گرفته می‌شود. دلیل این امر نیز نیاز به محاسبات و جزئیات کمتر از دال دو طرفه دارد. از آنجایی که بار اعمال شده بر روی دال در یک جهت به تیرها منتقل می‌شود و سپس به تیرهای اصلی و ستون‌ها منتقل می‌شود، ساخت این نوع دال‌ها می‌تواند به اعضای با عمق بیشتر و ارتفاع کلی بیشتر ساختمان منجر شود.

دال‌های بتنی دو طرفه معمولاً دارای نسبت دهانه کمتر از ۲ هستند و در دو جهت طراحی می‌شوند. سیستم‌های دال دو طرفه انواع مختلفی دارند: صفحات تخت، دال‌های تخت، دال مجوف و دال‌های دو طرفه با تیر. دال تخت، دال‌ها با ضخامت یکنواخت در سراسر سقف هستند که عموماً برای بارهای سبک‌تر و دهانه‌های کوتاه‌تر از ۱۵ فوت تا ۲۵ فوت (۴/۶ متر تا ۷/۶ متر) استفاده می‌شود. با اینحال دال‌های تخت برای شرایط بارگذاری بیشتر نیز استفاده می‌شود، که در این شرایط، بارهای بارگذاری شده بیش از ۴۸۰ کیلوگرم بر مترمربع و دهانه‌های طولانی ۲۵ فوت تا ۳۵ فوت (۷/۶ متر تا ۱۰/۷ متر) است. دال‌های یک سیستم دال مسطح یک ضخامت در تمام اعضای سقف را ندارد. از این‌رو ضخیم شدن دال، در محل‌های ستون برای انتقال برش فراهم می‌شود. امروزه این نوع دال کمتر مورد استفاده قرار می‌گیرد زیرا نیروی کار بیشتری مورد نیاز است و هزینه‌های قالب‌گیری بیشتر از سیستم صفحات مسطح است. دال مجوف برای دهانه‌های بیشتر از ۳۰ تا ۴۵ فوت (۹ تا ۱۳/۷ متر) استفاده می‌شود. ضخامت دال مجوف با عمق مورد نیاز برای انتقال برش کنترل می‌شود. یکسوم میانی دهانه نیازی به این سختی خمشی ندارد. بنابراین برای کاهش وزن خود سیستم، بخش‌هایی از دال کاهش می‌یابد. دال مجوف همچنین به عنوان یک سیستم دو طرفه شامل تیرهای فرعی شناخته می‌شود. دال دو طرفه با تیرهایی که شامل تیرهای اصلی و فرعی است، هرچند دال‌های دو طرفه تنها توسط ستونها و دیوارها تکیه داده می‌شوند. آرماتورها برای دال‌های دو طرفه باید برای مقاومت در برابر خمش در هر دو جهت طراحی شده باشد. طراحی دال دو طرفه زمان بیشتری را نسبت به طراحی یک طرفه می‌طلبد. که به عنوان گام‌های اضافی و کنترل‌ها برای اطمینان از طراحی مناسب برای رفتار سیستم ضروری است. دال‌های دو طرفه که از تیر استفاده نمی‌کنند عمیق‌تر از دال‌های دو طرفه با تیر هستند. با بارهای سبک‌تر و دهانه‌های کوتاه‌تر، دال‌های تخت منجر به ارتفاع‌های کوچک‌تر طبقه می‌شوند.

مزایای دال‌های تخت توپر

دال‌های مسطح توپر دارای مزایای بسیاری در ارتباط با ظرفیت باربری و همچنین اثرات استفاده از دال‌های تخت می‌تواند بر طراحی کل ساختمان داشته باشد. دال مسطح به طور معمول برای انتقال نیروی معادل صدها پوند در هر فوت مربع بسته به ضخامت و دهانه‌ی دال مورد استفاده قرار می‌گیرد. برای ساختمان‌های عمومی تجاری، خرده‌فروشی یا ساختمان‌های مسکونی، ضخامت دال‌ها ۱۰ اینچ (۲۵ سانتیمتر) یا برای دهانه به طول ۲۰ فوت (۶ متر) یا کمتر استفاده شود. در این نوع طراحی، هیچ تیری مورد نیاز نیست زیرا دال می‌تواند بین ستون‌ها با جزئیات مناسب تقویت شود.

یکی از بزرگ‌ترین مزایای دال دو طرفه‌ی مسطح در مقایسه با دال‌های یک طرفه یا دال‌های دو طرفه که بار را به تیرها انتقال می‌دهند این است که ارتفاع طبقه به طور کلی برای دال‌های مسطح کوچک‌تر است. هنگامی که هیچ تیری وجود نداشته باشد، سازه فضای بسیار کمتری را به خود اختصاص می‌دهد. در یک ساختمان چند طبقه، این موضوع می‌تواند منجر به کاهش چند فوت از ارتفاع کلی ساختمان شود. کاهش ارتفاع ساختمان اجازه می‌دهد تا بسیاری از انواع مختلف هزینه‌ها از جمله مواد کمتر از قبیل روکش و رنگ و همچنین نیاز به بار، کاهش یابد.

معایب دال توپر

دال‌های بتونی مسلح شده به خوبی در مهندسی سازه پذیرفته شده‌اند، اما آنها بدون معایب نیستند. این معایب را در هنگام انتخاب یک سیستم دال برای یک ساختمان باید در نظر گرفت. برخی از معایب ساخت دال بتنی توپر در این بخش ارائه شده است که شامل استفاده از قالب و وزن بزرگ مرتبط با دال توپر است. این که آیا یک دال به عنوان یک دال یک طرفه یا یک دال دوطرفه طراحی شده است،

برای ساختن دال تا زمانی که بتن بتواند سخت شود، مقدار زیادی از قالب‌ها مورد نیاز است. دال‌های یک‌طرفه نیاز به قالب بندی برای تیرهای پیرامونی جهت انتقال بار دارند که قرار دادن و حذف قالب‌ها کار سختی است. هزینه کار یکی از عوامل موثر در هزینه‌های ساخت و ساز است و زمان صرف نصب و حذف قالب‌ها هزینه‌های پروژه را افزایش می‌دهد. علاوه بر نگرانی در هزینه‌ها، تخته قالب می‌تواند نگرانی‌های پایداری داشته باشد. بسیاری از انواع قالب را می‌توان برای ساخت دال مانند فلز، پلاستیک یا چوب استفاده کرد. شکل‌های فلزی و پلاستیکی معمولاً قابل استفاده مجدد هستند، اما بعد از دو تا سه بار استفاده از قالب‌های چوبی، قابل استفاده مجدد نیست، مگر اینکه فرم‌های خاصی برای شکل‌ها و شرایط منحصر به فرد موجود باشد، بنابراین منجر به استفاده از مقادیر زیاد چوب و تخته سه‌لا برای یک پروژه می‌شود. چوب اضافی برای فرم‌ها باعث ایجاد یک اثر بزرگ کربن می‌شود و کاهش سطح پایداری حاصل از طراحی ساختمان را بدست می‌آید.

بتن یک ماده با مشخصات فشاری خوب است، اما در مقایسه با مقدار نیرویی که می‌تواند تحمل کند، سنگین است. دال بتونی توپر یک جرم بزرگی است که تا حدی از مزایای مقاومت بتن برخوردار است. به عنوان یک بار اضافه شده روی یک دال، ضخامت دال باید افزایش یابد و به وزن خود اضافه شود. وزن اضافه شده به طور کلی در مقایسه با بار اضافه شده بالا است و وزن خود آن نیز باید در طراحی در نظر گرفته شده است. در نهایت وزن دال باید توسط ستون یا دیوار تحمل شود. دال‌های توپر می‌توانند جرم قابل توجهی داشته باشند، که منجر به اعضای سازه‌ای اصلی بیشتر و سنگین‌تر مانند تیرها و ستون‌ها می‌شود و در نهایت افزایش هزینه‌های مصالح و همچنین نیاز به ستون‌های قوی‌تر می‌شود.

ه- سقف کاذب

سقف کاذب سقفی است که به سازه‌ی اسکلت ساختمان متصل بوده و بار آن به سازه اصلی ساختمان وارد می‌شود. بدین ترتیب بین سقف مذکور و قسمت زیرین سازه اصلی، فضای خالی به وجود می‌آید. این سقف‌ها می‌توانند، صاف و یا به شکل‌های مختلف ساخته شوند. سقف کاذب باید با مصالح سبک ساخته شده و قاب‌بندی آن به نحو مناسبی به اسکلت و یا کلاف‌بندی ساختمان متصل گردد تا ضربه‌ی تکان‌های ناشی از زلزله در آن‌ها، موجب خرابی دیوارهای مجاور نشود.

از مهم‌ترین دلایل استفاده از سیستم سقف کاذب می‌توان به ایجاد رویه‌ای برای پوشش قسمت زیرین سقف ساختمان، ایجاد فضایی برای جاسازی تأسیسات و تجهیزات سبک وزن، بهبود عایق‌بندی صوتی و یا حرارتی سقف هر طبقه از ساختمان، حفاظت از اسکلت ساختمان و بخصوص اسکلت‌های فولادی در برابر حریق، ایجاد امکاناتی برای کنترل صوت و جذب آن و ایجاد سقفی کوتاه‌تر برای فضاهای داخلی ساختمان اشاره نمود.

سقف‌های کاذب از آویزهای فلزی قائم، پروفیل‌های اصلی افقی و در برخی از موارد پروفیل‌های فرعی افقی و پوشش زیرین تشکیل می‌شود که این پوشش می‌تواند از یک نوع مصالح مانند لمبه چوبی و یا دو نوع مختلف مانند رابیتس و اندود گچ ساخته شده باشد. آویزها در سقف‌های با اسکلت فلزی اعم از خرپا طاق ضربی و یا غیر از این موارد به سازه‌ی اصلی ساختمان متصل می‌گردند.

در مورد سقف‌های بتن آرمه باید در موقع بتن‌ریزی پیش‌بینی‌های لازم برای جاگذاری آویزها صورت پذیرد. در سقف‌های بتنی چنانچه هنگام بتن‌ریزی آویزهای قائم تعبیه نشده باشند، می‌توان از چکش‌های فشنگی برای نصب آویزها استفاده نمود. در این صورت باید نحوه‌ی عمل و نوع فشنگ مورد استفاده به تصویب دستگاه نظارت برسد.

برای آویزهای قائم می‌توان از مصالح زیر استفاده کرد:

الف: میلگردهای فولادی (آرماتور) به قطر حداقل ۶ میلیمتر باشد.

ب: سیم‌های فولادی گالوانیزه که قطر آن‌ها حداقل ۱ میلیمتر باشد.

پ: تسمه‌های فولادی زنگ نزن که سطح مقطع آن‌ها حداقل ۱۰ میلیمتر مربع و ضخامت آن‌ها حداقل ۱/۵ میلیمتر باشد.

ت: اگر از آویزهای فلزی دیگری به جز آویزهای مذکور در فوق استفاده شود، این آویزها از لحاظ مقاومت و ضد زنگ بودن، باید مشابه آویزهای مذکور در بندهای الف و ب و پ باشند.

تعداد آویزهای قائم در هر مترمربع و فاصله‌ی آن‌ها از یکدیگر بستگی به نوع پوشش سقف کاذب بخصوص قابلیت تحمل و تغییرشکل آن‌ها دارد. تعداد این آویزها متناسب با نوع سقف مشخص خواهد شد. آویزها حتی‌المقدور باید به فواصل مساوی از یکدیگر قرار گرفته، شاقولی و صاف باشند. برای اتصال آویزها به سقف‌های با اسکلت فلزی، باید از پیچ و مهره یا جوش استفاده شود. اتصال به غیر از پیچ و مهره یا جوش، موقعی قابل قبول است که به تأیید دستگاه نظارت برسد. پس از جوشکاری، محل جوش باید به وسیله مواد ضد زنگ پوشانیده شود.

نکته: در سقف‌هایی که اسکلت چوبی دارند، اتصال آویزهای قائم به وسیله پیچ یا قلاب انجام می‌شود. پیچ و قلاب باید حداقل ۵۰ میلیمتر در چوب وارد شوند. از وارد کردن پیچ‌ها با ضربه چکش، باید خودداری گردد.

رعایت نکات زیر در مورد این آویزها الزامی است:

الف: مقاومت ۲۸ روزه بتن باید حداقل برابر ۳۰ مگاپاسکال و ضخامت آن حداقل ۱۰۰ میلیمتر باشد.

ب: بارهای وارد بر سقف بتن‌آرمه نباید از بار مجازی که سقف بر اساس آن محاسبه و اجرا شده است تجاوز نماید.

پ: قطر میله‌هایی که به کار می‌روند باید حداقل ۳/۴ میلیمتر باشد و آویزها حداقل ۲۵ میلیمتر در بتن فرو رفته باشند.

ت: تمام اتصالات باید مورد بازرسی واقع شوند تا از استحکام آن‌ها اطمینان حاصل شود.

ث: در تیرهای باربر بتنی، اتصالات باید در سطوح جانبی و حداقل در فاصله ۱۲ سانتی‌متر از ضلع زیرین تیر، کار گذاشته شوند.

ج: در مورد استفاده از چکش‌های فشنگی (تپانچه) برای اتصال آویزها، باید از دستورات کارخانه سازنده چکش‌ها تبعیت نمود و بخصوص این نکته را در نظر داشت که تحت هیچ شرایطی، نباید از فشنگ‌های مخصوص یک نوع چکش برای چکش‌های دیگر استفاده شود.

چ: فشنگ‌ها نباید در داخل سوراخ‌های موجود شلیک شوند.

ح: هنگام استفاده از چکش‌های فشنگی برای نصب آویز، حداقل فاصله تا لبه قطعات بتنی به نوع تپانچه و دستورات دستگاه نظارت بستگی دارد.

خ: به هنگام شلیک، ابزار را باید عمود بر سطح کار نگاه داشت.

د: چون فشنگ تپانچه‌ها توسط رنگ آن‌ها از یکدیگر متمایز می‌شوند، باید افرادی که این ابزارآلات را مورد استفاده قرار می‌دهند، به بیماری کوررنگی مبتلا نباشند.

ذ: به افراد کمتر از ۱۸ سال، نباید اجازه استفاده از این ابزارها داده شود.

ر: در موقع کار برای اجتناب از حوادث ناشی از کمانه کردن یا شکستن و یا برگشت میخ‌ها، به جز فرد مسئول و کمک او، نباید افراد دیگری در محدوده شلیک حضور داشته باشند. این افراد باید به وسایل ایمنی مجهز باشند

پروفیل‌های اصلی و فرعی افقی

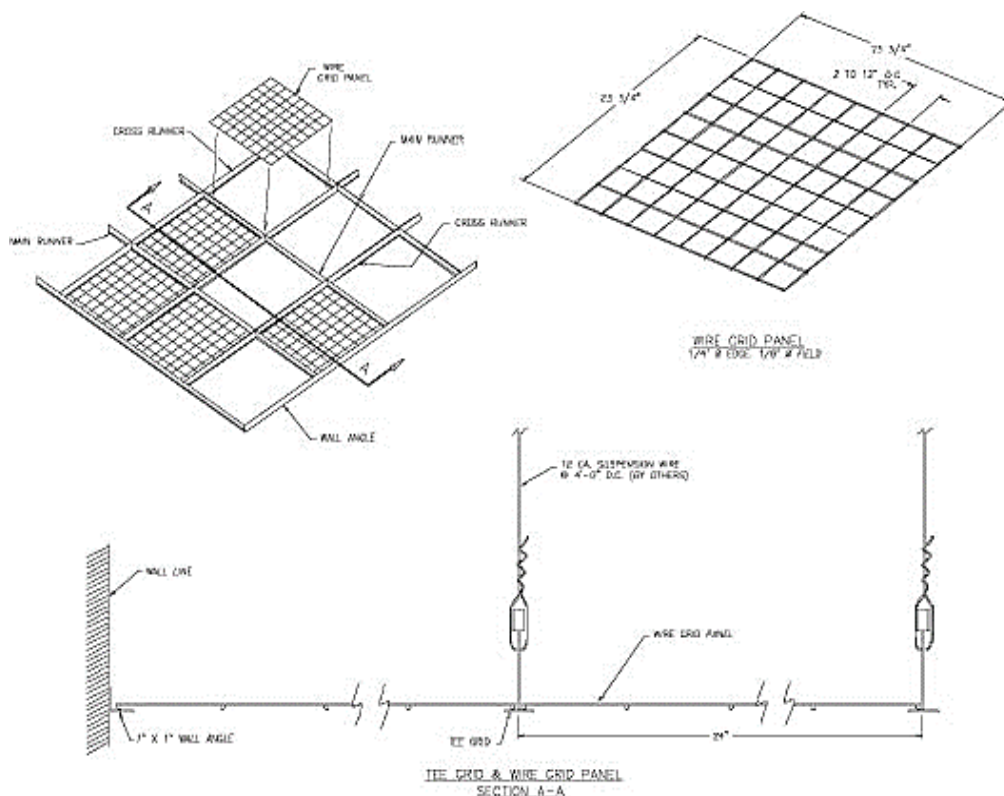
بسته به اینکه پروفیل‌های اصلی و فرعی از چه مصالحی باشند، دو حالت متمایز مشخص می‌گردد.

الف: چنانچه جنس پروفیل‌های اصلی و فرعی افقی از فولاد یا فولاد گالوانیزه باشد باید سطح مقطع این پروفیل‌ها توسط دستگاه نظارت تعیین گردد، ولی حداقل مقاومت این مقاطع برای پروفیل‌های اصلی و فرعی به ترتیب نباید از مقاومت آرماتور به قطر ۱۰ و ۶ میلیمتر کمتر باشد. همچنین در محل برخورد سقف کاذب به دیوار، توصیه می‌گردد که حداقل از یک نبشی با طول ساق ۲۰ میلیمتر استفاده شود.

ب: چنانچه جنس پروفیل‌های اصلی و فرعی از آلومینیوم، چوب یا سایر مصالح باشد

در صورتی که در مورد پروفیل‌های اصلی و فرعی به جای فولاد از چهارتراش چوبی استفاده می‌شود، چوب مورد نظر باید از نوع چوب نراد خارجی (روسی یا مشابه) باشد. ابعاد قطعات چوبی یاد شده برای قطعات اصلی و فرعی حداقل و به ترتیب برابر ۴ در ۴ یا ۴ در ۶ سانتی‌متر خواهد بود.

در خصوص استفاده از آلومینیوم و یا سایر مصالح نیز ابعاد پروفیل‌ها بستگی به محاسبات انجام شده دارد، ولی به هر حال مقاومت پروفیل‌های اصلی و فرعی از هر لحاظ، نباید به ترتیب از مقاومت میلگردهای فولادی نمره ۱۰ و ۶ کمتر باشد.



اجزای مختلف سقف کاذب

الف: رابیتس

در مورد رابیتس چنانچه در ملات ماسه سیمان استفاده می‌شود، توصیه می‌گردد رابیتس از نوع فولاد سیاه و اگر از ملات گچ استفاده می‌شود، بهتر است رابیتس از نوع گالوانیزه باشد. رابیتس باید در فواصل معین به وسیله مفتول مناسب، آهن‌بندی بسته شود، به قسمی که هیچ‌گونه برجستگی یا فرورفتگی در سطوح تمام شده دیده نشود. فاصله‌ی پروفیل‌های اصلی از یکدیگر چنانچه از رابیتس نمره‌ی ۲ استفاده می‌شود، باید حداکثر برابر ۳۵ سانتی‌متر و در مورد استفاده از رابیتس نمره‌ی ۳ این فاصله حداکثر برابر ۵۰ سانتی‌متر می‌باشد. برای بستن پروفیل‌های فرعی افقی به پروفیل‌های اصلی و اتصال رابیتس به پروفیل‌های فرعی، از مفتول دولای سیمی به قطر حداقل ۰/۷ میلیمتر استفاده می‌شود. تعداد آویزهای قائم این نوع پوشش در هر مترمربع حداقل ۳ عدد می‌باشد.

ب: کانتکس

تمام نکات فنی ذکر شده در مورد رابیتس از لحاظ آویزها، پروفیل‌های اصلی و فرعی افقی، فواصل و حداقل ابعاد، در مورد کانتکس نیز صادق است. چنانچه در نقشه‌های اجرایی طریقه‌ی خاصی برای جلوگیری از آسیب‌رسانی موریانه و یا سایر حشرات مزاحم به کانتکس پیش‌بینی نشده باشد، در این صورت باید روی حصیر کانتکس، دوغاب گچ و یا آهک بریزند، به قسمی که این دوغاب تمام سطح را پوشانده و قشر نازکی بر روی کانتکس تشکیل دهد.

پ: لمبه آلومینیوم

در این پوشش مراحل اجرای کار به شرح زیر است:

۱. پروفیل‌های ناودانی آلومینیوم را در ارتفاع سقف کاذب به دیوارها وصل می‌کنند.
۲. تسمه‌های آویز را که از جنس فولاد گالوانیزه است، به سقف متصل می‌نمایند. فاصله این آویزها در امتداد ورق‌های لمبه، حداکثر ۱/۲۰ متر و در جهت عمود بر ورق‌های مذکور، حداکثر برابر ۱/۳۵ متر می‌باشد. هر تسمه مجهز به یک بست قابل تنظیم می‌باشد.
۳. پروفیل‌های ناودانی گالوانیزه را به تسمه‌ها وصل می‌کنند. فاصله‌ی این پروفیل‌ها از یکدیگر حداکثر ۱/۲۰ متر و فاصله‌ی این پروفیل‌ها تا دیوار نباید از ۳۰ سانتی‌متر تجاوز کند.
۴. قطعات لمبه آلومینیوم طوری به سقف وصل می‌شود که یک سر آن در داخل ناودانی چسبیده به دیوار و سر دیگر آن در ناودانی متصل به آویزها قرار می‌گیرند.

ت: لمبه چوبی

اجرای کار در مورد این پوشش به شرح زیر است:

۱. قبل از اجرای لمبه کوبی، باید دور سقف را با چهارتراش مناسب، کلاف کشی و تراز کرد.
 ۲. قطعات باربر افقی فرعی را باید از چوب و قطعات باربر اصلی را از پروفیل فولادی یا چهارتراش چوبی، تهیه و به آویزهای از پیش نصب شده متصل نمود.
 ۳. لمبه‌ها را که از قبل تهیه شده است، باید با چسب و میخ به چهارتراش‌ها متصل کرد.
- لازم به یادآوری است که باید لمبه‌ها را با ماشین لمبه‌زنی و یا به طرق دیگر که به صورت فاق و زبانه داخل یکدیگر شوند، آماده نمود، به طوری که چفت‌ها نمایان باشند. وجود چفت برای آن است که در مواقع انقباض، لبه درزها به صورت نامناسبی در نیایند. چوب مورد مصرف در لمبه‌ها، باید چوب نراد خارجی (روسی یا مشابه) باشد. حداقل تعداد آویزها در هر مترمربع ۳ عدد می‌باشد.

ث: قطعات پیش‌ساخته‌ی گچی

ابتدا باید در کنار دیوار در ارتفاع تعیین شده برای سقف کاذب نبشی‌های آلومینیوم را نصب کرده و پس از نصب سیم‌های آویز گالوانیزه به سقف و وصل قطعات سپری آلومینیوم، قطعات سقف پیش‌ساخته‌ی گچی را در داخل آن‌ها قرار داد. ابعاد سپری و سیم‌ها برابر نقشه کارخانه سازنده و با تأیید دستگاه نظارت می‌باشد.

ج: انواع آکوستیک

آکوستیک‌ها به دو گروه معمولی و نسوز تقسیم می‌شوند.

۱. آکوستیک معمولی

در مورد این آکوستیک قطعات باربر افقی از چوب نراد خارجی (روسی یا مشابه) بوده و قطعات باربر اصلی می‌توانند از پروفیل فولادی یا چهارتراش چوبی باشند. برای نصب آکوستیک باید میخ هم‌رنگ با آکوستیک و چسب مناسب به کار برده شود. در پیرامون سقف کاذب اجرا شده، یک نبشی آلومینیوم به دیوار نصب می‌گردد.

۲. آکوستیک نسوز

قطعات باربر اصلی و فرعی افقی در مورد آکوستیک نسوز، پروفیل آلومینیوم است. در تمام انواع آکوستیک در هر مترمربع، حداقل ۳ عدد آویز مورد نیاز است.

بخش ۶: دیوار

دیوار عبارت است از یک ساختار ممتد، یکپارچه، محکم و استوار که از جنس آجر، سنگ، بتن، چوب یا فلز و غیره باشد، که ضخامت آن در مقایسه با طول و ارتفاع نازک می باشد، دیوارها معمولاً به عنوان مجزا کننده فضاها از یکدیگر به صورت اجزا یا اتاقها عمل می کنند یا به عنوان محافظ یک فضا هستند. علاوه بر این، این ساختارهای عمودی، انتقال دهنده ی بار ساختمان به زمین می باشند.

دیوارها را می توان به انواع داخلی و خارجی تقسیم کرد.

از طرف دیگر دیوارها بر حسب تحمل فشار به چهار نوع تقسیم می شوند:

۱. دیوارهای خارجی حمال یا تحمل کننده بار

۲. دیوارهای خارجی غیر حمال

۳. دیوارهای داخلی حمال

۴. دیوارهای داخلی غیر حمال

انواع دیوار بسیار متنوع بوده و مهم ترین انواع آن را می توان به دیوارهای گلی، دیواره های بتنی، دیوار خاکی متراکم شده، دیوار دیافراگمی، دیوار با شمع های صفحه ای، دیوار پیش ساخته و دیوار آجری اشاره نمود.

۱- دیوار گلی

دیوارهای گلی و ترانشه های پر شده از گل به عنوان عاملی کارآمد برای جلوگیری از نشت آب در پی سدها، حفاری های باز، حفاری تونل ها و سیستم های کنترل آلودگی، روز به روز مصرف بیشتری پیدا می کنند. روش احداث این دیوارها به جز در تونل ها، به این ترتیب است که ابتدا یک ترانشه حفر می شود و برای اینکه دیوارهایی ترانشه در طول حفاری ریزش نکند، داخل آن را با گل روانی از بنتونیت پر می کنند. در پایان حفر ترانشه، این گل روان با موادی که بتواند یک دیوار دایمی و نسبتاً غیرقابل تراکم و نفوذ ناپذیر را بسازد، تعویض می شود.



۲- دیوار آجری



۳- دیواره بتنی

این نوع دیوار معمولاً در حفاری پی‌ها یا به عنوان پوشش داخل تونل‌ها، مخصوصاً در جاهایی که جلوگیری داریم از نفوذ آب باشد، بکار می‌روند. در سدها برای جلوگیری از فرار آب از زیر سد، دیوار بتنی قائمی را از پایین‌ترین قسمت سد تا لایه‌های نفوذ ناپذیر احداث می‌کنند.



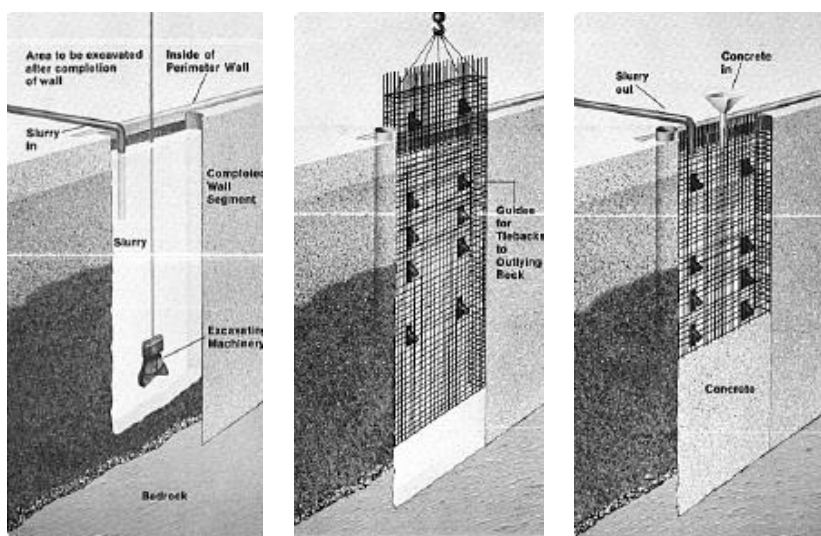
۴- دیوار خاکی متراکم شده

این دیوارها می‌توانند به عنوان یک خاکریز همگن برای سد، به صورت یک هسته در داخل سد یا ترانشه‌ای در پی سد که هسته‌ی آن با رس پر شده باشد، اجرا شوند.

۵- دیوار دیافراگمی

بتنی نوعی سازه دائمی است که توسط روش ترانشه‌های حاوی گل روان ایجاد می‌شود. به این منظور قطعه‌ای از ترانشه تا عرض ۷ متر تا عمق دلخواه حفر می‌شود. در مرحله بعد یک شبکه (جوشن) فولادی پیش ساخته به داخل آن رانده می‌شود. در کلیه مراحل حفاری

و راندن شبکه فولادی، ترانشه توسط گل روانی که داخل آن ریخته می‌شود، از ریزش محفوظ می‌ماند. در مرحله بعد گل روان توسط بتن جایگزین می‌شود و پس از گرفتن بتن، قطعه بعدی اجرا می‌شود.



(۱)

(۲)

(۳)

۶- دیوار با شمع‌های صفحه‌ای

این نوع دیوار، که با راندن شمع‌های صفحه‌ای به داخل خاک ایجاد می‌شود، موقعی از کارایی خوبی برخوردار است که قفل و بست بین صفحات کامل باشد و این مسئله‌ای است که در زمین‌های دارای قلوه سنگ و قطعات درشت‌تر یا حاوی موانع دیگر به خوبی امکان‌پذیر نیست. با افزایش طول شمع‌ها، امکان خم شدن آن‌ها در خلال راندن وجود دارد. این نوع دیوار تا حدی می‌تواند از نفوذ آب‌جولگیری کند. این دیوار را معمولاً برای نگهداری دیواره‌ی بخش‌های حفاری شده بکار می‌برند. در خاک‌های با زهکشی آزاد، دیوار باید همراه با یک سیستم آبکشی باشد تا فشار جانبی وارده از زمین و آب به دیوار شمعی کاهش یابد.

۷- دیوارهای پیش‌ساخته

پنل‌های دیواری پیش‌ساخته عایق‌دار متشکل از دو شبکه مفتولی و یک لایه عایق پلی استایرن می‌باشد. در این روش به جای این‌که قطعات سنگین دیوار و بتن در کارخانه ساخته شده و بعد به هم متصل شوند ابتدا سازه به صورت شبکه‌های میلگردی که بین آن‌ها یک لایه فوم پلی‌استایرن قرار می‌گیرد ساخته می‌شود و پانل‌های سبک در محل احداث ساختمان به هم متصل می‌شود و ساختمان با پانل‌های سبک بر پا می‌شود و سپس دیوارها و سقف و محل اتصالات بتن‌پاشی می‌شوند.

مزایای استفاده از دیوارهای پیش‌ساخته

- کاهش وزن آهن و بتن مصرفی به میزان قابل ملاحظه
- افزایش سطح زیربنای مفید
- کاهش زمان اجرا به میزان ۵۰٪
- کاهش وزن دیوار جانبی و سقف
- مقاومت در برابر زلزله به دلیل پیوستگی و عدم ایجاد آوار به دلیل سبکی
- ذخیره انرژی گرمایشی سرمایشی و مقاومت خوب صوتی و رطوبتی
- مقاوم در برابر فشار باد
- سهولت نصب تاسیسات مکانیکی و الکتریکی به علت پیش بینی مسیر مناسب
- قابلیت حمل آسان در مناطق صعب العبور جهت ساخت ویلا و کلبه

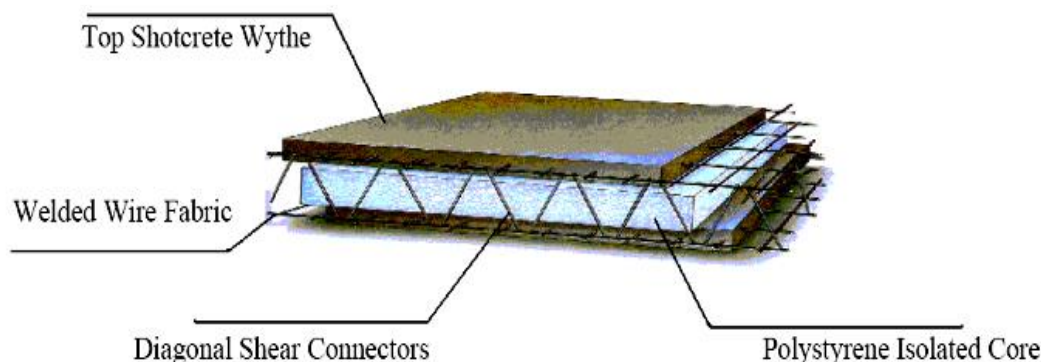
۸- دیوار جداکننده

دیوارهای جدا کننده ی کناف، دیوارهای غیرباربری هستند که برای تقسیم فضاهای داخلی ساختمان استفاده می شوند. این ساختار شامل قاب های فولادی سبک ساخته شده با مقاطع U و C بوده که صفحات روکش دار گچی در یک یا چند لایه، به وسیله پیچ مخصوص بر روی آنها نصب می شوند. درزهای میان این صفحات به وسیله نوار و بتونه ی مخصوص درزگیری شده، به نحوی که در انتهای کار، سطحی یکپارچه و بدون درز که قابلیت رنگ آمیزی و کاشی کاری یا هر نوع پوشش نهایی دیگری خواهد داشت، حاصل می گردد.

۹- پانل های ساندویچی

سیستم ساختمانی پانل های سقفی و دیواری سه بعدی نسبت به سایر مصالح ساختمانی به سبب وجوه متمایزی که با سایر مصالح سبک دارد باعث شده تا شاهد بیشترین استقبال در سطح کشور و خصوصاً مناطق زلزله زده باشد. این سیستم ساختمانی علاوه بر سبک بودن و مقاومت بسیار بالا و اطمینان بخش در برابر زلزله، در برابر صدا، سرما و گرما نیز عایق است. همچنین این پانل ها کم حجم بوده و قادرند تا ساعت ها در برابر شعله های مستقیم آتش مقاومت کنند. مزیت بسیار مهم دیگر پانل های سه بعدی تهیه و تدوین جزئیات اجرایی و روش کار سیستم است. این روش ها به صورت کاملاً دقیق و منطبق با مقررات ملی ساختمان تدوین شده که خود باعث سرعت اجرای بالای این سیستم است. علاوه بر آن ساخت تجهیزات جانبی اجرای این سیستم باعث شده تا سرعت اجرا چندین برابر گردد.

با توجه به عملکرد سازه ای و تاسیساتی مناسب سیستم پانل های ساندویچی، این دیوارها به عنوان دیوارهای باربر و غیر باربر ساختمانی استفاده می گردند. با توجه به عدم وجود پارامترهای مهندسی در بدو رواج این سیستم، نیاز به شناخت دقیق و کامل رفتار سازه ای این سیستم، بسیار ضروری است. رفتار استاتیکی مختلف این سیستم با آزمایش های تحقیقاتی مخرب و غیر مخرب تاکنون مورد ارزیابی قرار گرفته است. بر اساس آزمایش های انجام گرفته بر روی پانل های ساندویچی که در دو نوع سقفی و دیواری تولید می شوند، پارامترهای مربوط به مصالح و رفتار استاتیکی این سیستم در حالات مختلف بررسی شده است. از جمله این تحقیقات می توان به آزمایشات بتن شاکریتی، آزمایشات خمش، برش و فشار محوری پانل ها، آزمایش دیوارها تحت بارهای برشی سیکلی، آزمایش خمش سیستم های ترکیبی سقفی، آزمایش استاتیکی بارگذاری سقفی و آزمایش ارتعاش محیطی اشاره نمود.



اجزای پانل ساندویچی

اجزای تشکیل دهنده پانل ساندویچی

این پانل ها متشکل از بخش های زیر هستند:

۱- مفتول با قطرهای ۲/۵ الی ۳/۵ میلیمتر از انواع فولادی، مسی یا استیلی (که به صورت شبکه فولادی که آن را مش می نامند در سطح بیرونی قرار دارد)

۲- لایه عایق پلی استایرن نسوز منبسط غنی شده (EPS)

۳- فاصله ی فوم پلی استایرن با صفحات مش ۲ سانتی متر (که بعد توسط سیمان پر می شود)

۴- اتصال صفحات توسط خرک‌های مفتولی از نوع همان شبکه پانل به طوری که این سه لایه توسط مفتول‌های جانبی به یکدیگر متصل شده است.

بعد از نصب در محل برای ایجاد استحکام در سازه مورد نظر، دو طرف سازه را که با شبکه‌های مفتولی پوشانده شده اند را بتن پاشی می‌کنند که به این عمل اصطلاحاً شاتکریت می‌گویند. ضخامت شاتکریت ۴۰ تا ۸۰ میلیمتر می‌باشد که ۲۰ میلیمتر این ضخامت فاصله بین شبکه‌های مفتولی و مابقی سطح کار را می‌پوشاند.

اندازه‌های استاندارد در یک نمونه پانل استاندارد: عرض ۶۰۰، طول ۲۰۰، وزن تقریبی 26 kg/m ، ضخامت پلی استایرن: ۱۰۰، ۸۰، ۶۰، ۴۰ میلیمتر، اندازه سیم‌های مفتولی: ابعاد شبکه‌های فولادی باید ۸۰ در ۸۰ میلیمتر باشد و قطر آن‌ها $3/5$ میلیمتر فاصله‌ی خرابا (برای اتصال شبکه‌های مش فولادی) ۱۶۰ میلیمتر، ضخامت بتن شاتکریت ۴۰ الی ۸۰ میلیمتر می‌باشد.

رفتار در برابر نیروها

ساختمان‌های حادثی با 3D-Panel رفتار سازه‌ای جعبه‌ای شکل (BOX) دارند. در این نوع ساختمان‌ها انتقال نیرو به صورت خطی انجام نمی‌شود، بلکه به صورت سطحی است، در ساختمان‌های با سازه تیر و ستون انتقال بار به صورت خطی است؛ یعنی بار هر طبقه از طریق تیرها به ستون و از ستون به فونداسیون منتقل می‌شود، در ساختمان‌های تیر و ستونی در هنگام وقوع زلزله با تخریب سازه‌ای در هر یک از اجزا اعم از تیرها یا ستون‌ها، تخریب کلی و فرو ریزی ناگهانی صورت می‌گیرد، اما در ساختمان‌های حادثی با 3D چنانچه در اتصال یک دیوار یا سقف یا کف تخریبی ایجاد شود سایر اجزاء بار وارده را تحمل می‌نماید و مانع از تخریب کلی ساختمان می‌شوند. اتصال ساختمان در سازه‌های اسکلت فلزی یا بتنی پیش‌ساخته موضعی و محدود است و به خصوص اگر ضعف جزئی در هر یک از اتصالات وجود داشته باشد در اثر نیروی جانبی، ساختمان را در معرض تخریب و آسیب جدی قرار می‌دهد، اما در ساختمان‌هایی که با روش 3D ساخته می‌شوند، یکپارچگی اتصالات یکی از مهم‌ترین ویژگی‌های این روش ساختمانی می‌باشد، در این سیستم چون دیوارها و سقف به صورت یکپارچه و به شکل باکس است بنابراین توزیع بارها و مقاومت در برابر نیروهای خارجی به ویژه زلزله تقریباً یکنواخت و همگن می‌باشد. لازم است دانسته شود که این پانل‌ها قدرت و هماهنگی خود را از اسکلت بتنی و شبکه‌های مفتول کسب می‌کنند. براساس مشخصات این کالا می‌توان آن را یکی از مقاوم‌ترین مصالح ساختمانی نام برد.

مزایای پانل‌های پیش ساخته سه بعدی

- ۱) سبکی دیوارهای ساخته شده از پانل‌های ساندویچی در مقایسه با دیگر مصالح.
- ۲) کاهش وزن و ایمنی بیشتر ساختمان در برابر زلزله. (در این روش وزن ساختمان ۲۵٪ کاهش می‌یابد یعنی در هنگام زلزله ۲۵٪ نیروی کمتر به ساختمان وارد می‌شود)
- ۳) مقاومت در برابر طوفان و گردباد، ساختمان‌های ساخته شده با دیوارهای پیش‌ساخته در مقابل انواع پیچیده نیروهای کششی و تنش حاصله از گردباد نه تنها در معیارهای آزمایشگاهی بلکه در مقیاس واقعی مناطق مختلف، در سالیان متمادی با نتایج مثبتی روبرو شده است.
- ۴) تقلیل زمان اجرا به میزان ۵۰ درصد.
- ۵) سرعت حمل و نقل و سهولت پانل‌های ساندویچی در ارتفاع.
- ۶) امکان حمل و بکارگیری پانل‌های ساندویچی در مناطق صعب العبور جهت احداث ساختمان بدون نیاز به کارگران متخصص.
- ۷) حمل و نقل پانل‌های ساندویچی با هزینه اندک صورت می‌گیرد. بطور مثال یک دستگاه تریلر قادر است حدود ۱۰۰۰ متر مربع پانل ساندویچی را حمل کند.
- ۸) مصرف بهینه انرژی و کاهش میزان آلودگی‌های صوتی.
- ۹) مقاوم در برابر آتش‌سوزی به علت وجود قشرهای بتنی طرفین پانل ساندویچی. کیفیت پلی‌استایرن مصرفی در قطعات پیش-ساخته‌ی پانل به گونه‌ای است که مشتعل نمی‌شود و به لحاظ فنی مطابق گروه‌بندی F قرار می‌گیرد.
- ۱۰) عایق رطوبت و صوت. دیوار پیش ساخته با ضخامت ۴ سانتی‌متر، ۳۸ دسی بل صوت را جذب می‌کند. دیوار پیش ساخته با ضخامت ۸ سانتی‌متر، ۴۵ دسی بل صوت را جذب می‌کند.

- (۱۱) نفوذ ناپذیری ساختمان در مقابل حشرات.
- (۱۲) کاهش زمان برگشت سرمایه از ۱۵ ماه در شیوه سنتی به ۸ ماه در روش سازه‌های پیش‌ساخته سبک.
- (۱۳) صرفه‌جویی در هزینه‌ی پی‌سازی و اسکلت ساختمان‌های بلندمرتبه به دلیل وزن اندک قطعات سقف و دیوار پانل‌های ساندویچی.
- (۱۴) حذف نعل درگاه در سیستم پیشرفته پانل‌های ساندویچی.
- (۱۵) پس از بتن‌پاشی طرفین پانل‌ها با ضخامت حداقل ۴ سانتی‌متر، پانل‌ها بی‌نیاز از ملات گچ و خاک می‌باشد و با اجرای پلاستر گچ (سفیدکاری)، دیوارها و سقف آماده برای نقاشی خواهد بود.
- (۱۶) استفاده از دیوار و سقف پانل‌های ساندویچی در ساختمان‌سازی، بهره‌وری مناسب آهن آلات مصرفی را موجب می‌گردد. بطور مثال با صرف ۱۷ کیلوگرم در متر مربع فولاد به صورت مفتول و میلگرد می‌توان یک واحد مسکونی یک طبقه را بنا کرد.
- (۱۷) عبور دادن لوله‌های آب و فاضلاب و برق و تلفن به سادگی از زیر شبکه پانل و نصب چهارچوب درب‌ها و کلاف فلزی پنجره‌ها قبل از بتن‌پاشی و کلاً اجرای تأسیسات ساختمان با کمترین هزینه.
- (۱۸) عدم نیاز به کنده‌کاری و تخریب تأسیساتی دیوارها و سقف و در نتیجه عدم ایجاد نخاله‌های انباشته که صرفه‌جویی در هزینه و وقت را به دنبال دارد.
- (۱۹) استفاده از قطعات پیش‌ساخته، شرایط بتن‌ریزی را آن‌چنان آسان می‌کند که پیشرفت و اجرای عملیات به دمای محیط و شرایط آب و هوایی منطقه مربوط نمی‌شود. به عبارتی در دمای بالا، تبخیر و در دمای پائین یخ‌زدگی به وجود نمی‌آید و لذا هیچ‌گونه افزودنی‌ای به بتن اضافه نمی‌گردد و همچنین بتن پس از تکمیل این مرحله که به مراتب در مدتی کوتاه‌تر از موارد مشابه سنتی صورت می‌گیرد، سریعاً با مقاومت بالا به عمل آمده و سخت می‌گردد.
- (۲۰) آزادی عمل در اجرای طرح‌های متنوع به علت انعطاف‌پذیری قطعات پیش‌ساخته پانل‌های ساندویچی.
- (۲۱) کاربرد متنوع. قطعات پیش‌ساخته پانل، قابل استفاده برای ساخت هر نوع کار ساختمانی است. این قطعات به عنوان اجزاء دیوارهای باربر و پارتیشن و انواع سقف‌ها، پله‌ها و پاگردها استفاده می‌شوند. در همه این موارد تمامی شکل‌های هندسی - در سطوح صاف و قوس‌دار - قابل اجراست و به راحتی حتی در محل سایت قابل برش است و خصوصیات عایق بندی حرارتی و صوتی، مقاومت در برابر آتش، قابلیت جابجایی و نصب آسان را برای هر نوع استفاده به بهترین انتخاب تبدیل می‌کند.

بخش ۷: ساختمان بنایی

ساختمان با مصالح بنایی کلاف دار، که از این پس به اختصار ساختمان بنایی نامیده می شود، ساختمانی است که با آجر، بلوک سیمانی و یا سنگ ساخته شود و در آن تمام یا قسمتی از بارهای قائم و تمامی بار جانبی در هر دو امتداد اصلی ساختمان توسط دیوارهای با مصالح بنایی غیر مسلح تحمل می شود. وجود میلگردهای انسجام بخش، دیوار را مسلح نمی کند. ساختمانی که در آن بار جانبی در یک امتداد توسط دیوارهای با مصالح بنایی و در امتداد دیگر توسط عناصری غیر از دیوار تحمل می شود، ساختمان مختلط است و در ردیف ساختمان های با مصالح بنایی قرار نمی گیرد. ساختمان های بنایی غیر مسلح به دو دسته تقسیم می شوند.

۱- ساختمان بنایی دارای کلاف های افقی و قائم

۲- ساختمان بنایی دارای میلگردهای انسجام بخش

هندسه ساختمان

ارتفاع و تعداد طبقه های مجاز

رعایت کلیه شرایط و محدودیت های زیر برای ارتفاع و تعداد طبقه ساختمان های مشمول الزامی است.

۱. حداکثر تعداد طبقات ساختمان بنایی، بدون احتساب زیرزمین، دو طبقه است.

۲. تراز روی بام نسبت به متوسط تراز زمین مجاور نباید از ۸ متر تجاوز کند.

۳. ارتفاع طبقه، از روی کلاف افقی زیرین تا زیر سقف، نباید از ۴ متر بیشتر باشد.

۴. اگر ارتفاع طبقه از ۴ متر بیشتر باشد، علاوه بر کلاف بندی باید یک کلاف افقی اضافی در ارتفاع حداکثر ۴ متر از روی کلاف زیرین دیوارها تعبیه

شود. در صورت اخیر می توان ارتفاع طبقه را تا حداکثر ۶ متر افزایش داد.

۵. زیرزمین طبقه ای است که تراز روی سقف آن نسبت به متوسط تراز زمین مجاور از ۱/۵ متر بیشتر نباشد. به علاوه، حداکثر مقدار اختلاف تراز سقف زیرزمین با تراز زمین در پایین دست ساختمان نباید از ۲ متر تجاوز کند، در غیر این صورت این طبقه نیز به عنوان یک طبقه منظور می شود.

۶. حداکثر تعداد طبقات زیرزمین یک طبقه است.

پلان ساختمان

به طور کلی پلان ساختمان بنایی در هر دو امتداد، باید شرایط زیر را برای تحمل یکنواخت نیروهای افقی ناشی از زلزله برآورده نماید.

۱. پلان ساختمان نسبت به هر دو محور اصلی، قرینه یا نزدیک به قرینه باشد.

۲. طول ساختمان نباید از سه برابر عرض آن تجاوز کند.

۳. ابعاد پیش آمدگی در پلان ساختمان، بدون تعبیه درز انقطاع محدود باشد.

مقطع قائم ساختمان

ساختمان های مشمول نباید در مقاطع قائم دارای پیش آمدگی باشند، ولی در شرایطی که پیش آمدگی در مقاطع قائم اجتناب ناپذیر است، باید ضوابط زیر رعایت شود.

طول جلو آمده طره در بالکن های سه طرف باز از ۱/۲۰ متر و در بالکن های دو طرف باز از ۱/۵۰ متر بیشتر نباشد.

پیش آمدگی ساختمان در مقطع قائم به طوری که طبقه بالا به صورت طره جلوتر از طبقه پایین باشد، فقط در موارد زیر مجاز است

۱. طول جلو آمده طره از یک متر بیشتر نباشد؛

۲. دیوارهای سازه ای قسمت پیش آمده نباید بار سقف یا دیوار فوقانی را تحمل کنند.

چنانچه بارهای ثقلی ناشی از وزن دیوارهای قسمت پیش آمده، باید به ناگزیر توسط سقف یا کف پیش آمده منتقل شود، لازم است از طره‌هایی که به نحو مناسبی در کلاف‌های افقی همان تراز مهار شده‌اند، برای تحمل این بارها استفاده شود.

دیوارهای قسمت پیش آمده به وسیله کلاف‌های قائم فولادی و یا بتن آرمه با اتصال مناسب و مطمئن نگهداشته شوند و دو سر کلاف‌ها در عناصر سازه‌ای کف و سقف مهار شوند.

کلاف‌بندی مربوط به دیوارهای قسمت پیش‌آمدگی باید به نحوی انجام شود که اولاً هر کلاف حداکثر ۲ متر از دیوار را نگه دارد، ثانیاً دو طرف پنجره‌های با عرض بیشتر از ۲ متر نیز دارای کلاف باشد. حداقل مقطع و آرماتوربندی این کلاف‌های قائم باید، مانند کلاف‌های قائم ساختمان باشد.

اختلاف تراز

از اختلاف تراز در یک طبقه ساختمان باید حتی الامکان پرهیز شود. در صورت وجود اختلاف تراز بیش از ۶۰ سانتی‌متر باید دیوارهای حد فاصل دو قسمتی که اختلاف تراز دارند با کلاف‌بندی اضافی مناسب تقویت شوند و یا اینکه دو قسمت ساختمان به وسیله درز انقطاع از یکدیگر جدا شوند.

شالوده‌ها

شالوده‌ها باید حتی المقدور در یک تراز افقی ساخته شوند. در صورتی که به علت شیب زمین یا علل دیگر احداث شالوده در یک تراز مسیر نباشد، باید هر قسمت آن در یک تراز افقی و با محدودیت اجرا شود.

اگر از کلاف‌های افقی به عنوان شالوده استفاده شود، باید کلاف‌های افقی بر روی کرسی چینی با مصالح بنایی اجرا شود. در این حالت رعایت موارد زیر الزامی است.

۱. عرض کرسی چینی زیر دیوار یا کلاف افقی نباید از ضخامت دیوار یا عرض کلاف افقی به اضافه ۱۰ سانتی متر کمتر باشد.

۲. عرض کرسی چینی بر روی بتن مگر یا شفته آهک تسطیح، نباید از مقادیر جدول زیر کمتر باشد.

۳. کرسی چینی سنگی یا آجری را می‌توان به صورت پله‌ای (با نسبت ۱ به ۲) یا غیر پله‌ای ساخت.

۴. میزان بیرون زدگی هر پله زیرین نسبت به پله روی آن نباید از ارتفاع پله زیرین بیشتر باشد.

بازشو (در - پنجره - گنجه)

در ساختمان‌های بنایی به طور کلی باید از احداث بازشوهای وسیع احتراز شود و حتی المقدور بازشوها در قسمت مرکزی دیوار قرار گیرند. رعایت همه محدودیت‌های ذیل برای هر دیوار سازه‌ای الزامی است.

۱. مجموع سطح بازشوها نباید از یک سوم سطح آن دیوار بیشتر باشد.

۲. مجموع طول بازشوها نباید از یک دوم طول دیوار بیشتر باشد.

۳. فاصله اولین بازشو از ابتدای طول دیوار نباید از دو سوم ارتفاع بازشو یا ۷۵ سانتی‌متر کمتر باشد، مگر آنکه در طرفین بازشو کلاف قائم قرار داده شود.

۴. فاصله افقی دو بازشو از دو سوم ارتفاع کوچ کترین بازشو مجاور خود کمتر نبوده و از یک ششم مجموع طول آن دو بازشو نیز کمتر نباشد. در غیر این صورت، جرز بین دو بازشو جزئی از بازشو منظور می‌شود و نباید آنرا به عنوان دیوار سازه‌ای به حساب آورد و نعل درگاه روی بازشوها باید به صورت یکسره با دهانه‌ای برابر مجموع طول بازشوها به اضافه طول جرز بین آن‌ها و ۲۰ سانتی‌متر اضافه در هر طرف منظور شود.

۵. هیچ یک از ابعاد بازشو نباید از ۲/۵۰ متر بیشتر باشد. در غیر این صورت باید طرفین بازشو را با تعبیه کلاف‌های قائم، که به کلاف‌های افقی بالا و پایین آن طبقه متصل می‌شوند، و همچنین با مهار نعل درگاه بازشو در کلاف‌های قائم طرفین تقویت کرد.

انواع دیوار مصالح بنایی

دیوارهای مصالح بنایی به دو نوع سازه‌ای و غیرسازه‌ای تقسیم می‌شوند.

دیوارهای سازه‌ای

دیوار سازه‌ای دیواری است که برای تحمل بار قائم یا قائم و جانبی در ساختمان در نظر گرفته می‌شود و باید شرایط زیر را دارا باشد.

۱. حداکثر طول مجاز محصور بین دو کلاف قائم از کل طول هر دیوار سازه‌ای، نباید از ۵ متر یا ۳۰ برابر ضخامت آن بیشتر باشد.

۲. ارتفاع دیوار سازه‌ای برابر با ارتفاع طبقه است.

۳. مقدار دیوارهای سازه‌ای در هر طبقه و در هر امتداد برابر است با نسبت مساحت مقطع افقی دیوارها در امتداد مورد نظر به مساحت زیربنای آن طبقه. آن بخش از دیوار که در بالا و پایین بازشوها قرار دارد، نباید در محاسبه مقدار دیوار منظور شود.

۴. حداقل نسبت ضخامت به ارتفاع دیوار سازه‌ای نباید از یک پنجم کمتر باشد. در هر حال ضخامت دیوار سازه‌ای در طبقه اول و دوم نباید از ۲۲ سانتی‌متر و در زیر زمین از ۳۵ سانتی‌متر کمتر باشد.

۵. مقدار دیوار سازه‌ای در هر طبقه و در هر یک از امتدادهای طولی و عرضی ساختمان نسبت به کل دیوارها در آن امتداد، نباید با خطر نسبی منطقه کمتر باشد.

برای اجرای دیوار سنگی و دیوار بلوک سیمانی باید از ملات ماسه سیمان با عیار حداقل ۲۰۰ کیلوگرم سیمان در متر مکعب ملات استفاده شود. در ساختمان بنائی استفاده از ملات گل و یا گل آهک مجاز نیست.

اجرای دیوار سازه‌ای

۱. برای اجرای دیوار می‌توان از ملات ماسه سیمان با عیار حداقل ۲۰۰ کیلوگرم سیمان در متر مکعب یا ملات باتارد (ملات ماسه-آهک-سیمان) با ۱۰۰ کیلوگرم سیمان و ۱۲۵ کیلوگرم آهک در متر مکعب ملات نیز استفاده کرد.

۲. برای اجرای جان پناه بام و بالکن و قسمت طره‌ای دودکش‌ها باید منحصراً از ملات ماسه سیمان با عیار حداقل ۲۰۰ کیلوگرم سیمان در متر مکعب ملات استفاده شود.

۳. ملات ماسه سیمان باید حداکثر در مدت یک ساعت پس از تهیه، مصرف شود.

۴. آجر مصرفی در دیوارها باید از جنس مرغوب و دارای قدرت باربری و دوام مناسب باشد و قبل از استفاده زنجاب شود.

۵. سنگ مصرفی در دیوارها باید از جنس مرغوب و دارای قدرت باربری و دوام مناسب باشد.

۶. فولاد مصرفی در دیوارها باید از جنس مرغوب و دارای حدجاری شدن مشخص باشد.

چیدن دیوار

۱. برای ساخت دیوار با سنگی که به شکل مکعب مستطیل، یا آجر یا بلوک سیمانی است، نباید بندهای قائم در یک راستا قرار گیرد.

۲. درزهای قائم (درز ملات) باید کاملاً با ملات پر شود.

۳. برای اجرای دیوار با سنگ لاشه، لازم است سنگ لاشه‌ها با قفل و بست مجاور هم قرار گرفته و بین آنها کاملاً با ملات پر شود.

۴. اگر دیوار چینی به طور همزمان میسر نباشد، می‌توان قسمتهایی را به صورت (لاریز) ساخت و قسمت‌های بعدی را روی لاریز بنا کرد.

۵. دیوارهای سازه‌ای به هم پیوسته یا متقاطع (در گوشه‌های ساختمان) باید به طور هم زمان و در یک تراز چیده و در یک سطح بالا آورده شود.

۶. دندانه‌دار کردن دیوار سازه‌ای (هشت‌گیر) که معمولاً برای اتصال دیوارها یا برای ساختن دیوارهای طویل به کار می‌رود، مجاز نیست.

۷. دیوارهای سازه‌ای به هم پیوسته یا متقاطع (در گوشه‌های ساختمان) باید به طور هم زمان و در یک تراز چیده و در یک سطح بالا آورده شود.

۸. دندانه‌دار کردن دیوار سازه‌ای (هشت‌گیر) که معمولاً برای اتصال دیوارها یا برای ساختن دیوارهای طویل به کار می‌رود، مجاز نیست.

میلگرد میانی

در ناحیه یک سوم میانی ارتفاع هر دیوار سازه‌ای که دهانه آن ۳ تا ۵ متر باشد، باید حداقل سه میلگرد به قطر ۱۰ میلی متر با شرایط زیر در درزهای افقی به صورت سرتاسری تا محل کلاف‌های قائم امتداد داده و در داخل آن‌ها مهار شود.

"یک میلگرد در وسط ارتفاع دو میلگرد به فاصله یک ششم ارتفاع دیوار یکی بالا و یکی پایین میلگرد وسط"

دیوار غیرسازه‌ای

دیوار غیرسازه‌ای دیواری است که برای جداکردن فضای داخلی ساختمان به عنوان تیغه یا جداگر به کار برده می‌شود. این دیوار سهمی در تحمل بارهای قائم ندارد و باید با استفاده از عناصر کمکی مطابق با سایر شرایط این بند، بار جانبی ناشی از وزن خود را تحمل کند. دیوار غیرسازه‌ای باید شرایط زیر را دارا باشد.

۱. حداکثر طول مجاز هر دیوار غیرسازه‌ای بین دو کلاف قائم، نباید از ۶ متر یا ۴۰ برابر ضخامت آن دیوار بیشتر باشد.

۲. حداقل نسبت ضخامت به ارتفاع دیوار غیر سازه‌ای نباید از یک سی ام کمتر باشد. در صورت استفاده از آجر، حداقل ضخامت دیوار غیرسازه‌ای باید برابر با عرض آجر باشد.

۳. حداکثر ارتفاع دیوار غیرسازه‌ای از تراز کف ۵/۳ متر است. در صورت تجاوز از این مقدار باید دیوار غیرسازه‌ای با تعبیه عناصر افقی و قائم مانند زیر بند ۵ زیر به طور مناسبی مقید و محدود شود.

۴. دیوار غیرسازه‌ای که در تمام ارتفاع طبقه ادامه دارد، باید کاملاً به زیر پوشش سقف مهار شود، یعنی رگ آخر تیغه با فشار و ملات کافی در زیر سقف جای داده (مهر) شود.

۵. لبه فوقانی (افقی) دیوار غیرسازه‌ای که در تمام ارتفاع ادامه ندارد باید با کلاف فولادی یا ناودانی نمره ۶ یا معادل مقطع بتن مسلح یا چوبی که به دیوار سازه‌ای یا کلاف‌های احاطه کننده دیوار غیرسازه‌ای متصل باشد، مقید شود.

۶. در صورتی که لبه قائم دیوار غیرسازه‌ای (تیغه) آزاد باشد، این لبه باید به یک تیغه دیگر، یا یک دیوار عمود بر آن، یا کلاف قائم و یا ستونک معادل یک ناودانی فولادی نمره ۶ یا مقطع بتن آرمه یا چوبی، با اتصال کافی تکیه داشته باشد.

۷. دیوار غیرسازه‌ای متکی به دیوار سازه‌ای باید به طور هم زمان یا به صورت لاریز یا به صورت هشتگیر چیده شود. چنانچه دیوار غیرسازه‌ای بعد از احداث دیوار سازه‌ای و بدون اتصال به آن ساخته شود، باید در محل تقاطع به نحو مناسبی به دیوار سازه‌ای متصل و محکم شود. در این حالت دیوار سازه‌ای در صورت دارا بودن سایر شرایط فوق می‌تواند به عنوان نگهدارنده برای دیوار غیرسازه‌ای محسوب شود. در صورتی که اتصال کافی بین دیوار غیرسازه‌ای و دیوار سازه‌ای وجود نداشته باشد، لبه کناری دیوار غیرسازه‌ای آزاد تلقی شده و باید طبق شرایط مندرج در زیر بند ۶، عنصر قائم در لبه آن تعبیه شود. دو دیوار غیرسازه‌ای عمود بر هم نیز باید با یکدیگر قفل و بست شوند.

۸. هشتگیر را می‌توان منحصرأ برای اتصال دیوارهای غیرسازه‌ای به کار گرفت، مشروط بر آنکه درزهای بالا و پایین آجر چینی بعدی در محل هشتگیر کاملاً با ملات پر شود. برای درگیر کردن دیوار غیرسازه‌ای به دیوار سازه‌ای می‌توان از میل‌های مهاری استفاده کرد.

جان‌پناه

ارتفاع جان‌پناه اطراف بام و بالکن‌ها از کف تمام شده، در صورتی که ضخامت دیوار آن ۱۰ و یا ۲۰ سانتی‌متر باشد، نباید به ترتیب از ۵۰ و ۷۰ سانتی‌متر تجاوز کند و باید در فواصل پنج متر از یکدیگر مهار شود. در صورتی که ارتفاع جان‌پناه از ۷۰ سانتی‌متر بیشتر باشد، باید کلاف‌های قائم تا بالای جان‌پناه ادامه یافته و بر روی جان‌پناه کلاف افقی به ارتفاع ۱۰ سانتی‌متر و با دو میلگرد افقی تعبیه شود.

کلاف‌بندی

برای تمام ساختمان‌های بنایی اعم از آجری، بلوک سیمانی و یا سنگی (یک، دو و سه طبقه)، حداکثر طول و ارتفاع هر دیوار سازه‌ای محصور در کلاف‌های افقی و قائم به‌ترتیب ۵ و ۴ متر است. در صورتی که طول و ارتفاع بیش از مقادیر فوق باشد، باید کلاف‌های اضافی (افقی و قائم) تعبیه شود.

کلاف‌بندی افقی

برای کلیه دیوارهای سازه‌ای باید کلاف‌های افقی با شرایط زیر و در ترازهای تعیین شده، ساخته شود. فاصله کلاف‌های افقی در همه ترازها نباید از ۴ متر بیشتر باشد.

تراز روی شالوده یا شالوده

کلاف پایین‌ترین تراز (روی شالوده) باید با بتن مسلح ساخته شود، به طوری که عرض مقطع آن از ضخامت دیوار و یا ۲۵ سانتی‌متر کمتر نباشد و ارتفاع مقطع آن از دو سوم ضخامت دیوار و یا ۲۵ سانتی‌متر کمتر نباشد.

تراز روی دیوار در هر طبقه

کلاف تراز روی دیوار می‌تواند از بتن آرمه یا از پروفیل‌های فولادی معادل تیرآهن نمره ۱۰ ساخته شود و باید شرایط زیر را دارا باشد.

۱. چنانچه کلاف سقف با بتن آرمه ساخته شود، عرض آن باید با ضخامت دیوار برابر باشد.

۲. اگر ضخامت دیوار خارجی بیش از ۲۰ سانتی‌متر است، برای امکان نماسازی، می‌توان عرض کلاف را ۲۰ سانتی‌متر اختیار کرد.

۳. در هر حال اختلاف عرض کلاف با ضخامت دیوار نباید از ۱۲ سانتی‌متر بیشتر باشد.

۴. ارتفاع کلاف نباید از ۲۰ سانتی‌متر کمتر باشد.

۵. اگر به جای کلاف بتن آرمه از تیر آهن نمره ۱۰، یا پروفیل های فولادی معادل، استفاده شود، باید کلاف فولادی به خوبی به سقف متصل شود. همچنین این کلاف باید به نحوی مناسب با کلاف قائم یا دیوار (مثلا ملات با حداقل ضخامت ۵ سانتی متر) متصل و پایدار شود.

۶. چنانچه سقف از تاوله تخت بتن آرمه درجا ساخته شود، نیازی به کلاف افقی اضافی در تراز سقف نیست.

میلگرد کلاف افقی بتن آرمه

۱. میلگردهای طولی در کلاف افقی بتن آرمه باید از نوع آجدار و حداقل قطر ۱۰ میلیمتر باشد.
۲. استفاده از میلگرد ساده فقط برای مناطق با خطر نسبی متوسط و کم مجاز است و در این صورت باید انتهای میلگردهای ساده در محل وصله ها و در انتهای میلگردها به قلاب ۱۸۰ درجه ختم شود.
۳. میلگردهای طولی باید حداقل ۴ عدد باشند و در گوشه ها قرار گیرند.
۴. اگر عرض کلاف از ۳۵ سانتی متر تجاوز کند، تعداد میلگردهای طولی باید به ۶ عدد و یا بیشتر افزایش یابد، به طوری که فاصله هر دو میلگرد مجاور از ۲۵ سانتی متر بیشتر نباشد.
۵. میلگردهای طولی باید با تنگ هایی به قطر حداقل ۶ میلیمتر به یکدیگر با قلاب ۱۸۰ درجه بسته شوند.
۶. حداکثر فاصله افقی تنگ ها از یکدیگر باید مساوی ارتفاع کلاف و یا ۲۵ سانتی متر (هر کدام کمتر است) باشد.
۷. حداکثر فاصله تنگ ها در ۴۵ سانتی متری از هر کلاف قائم که به آن ناحیه بحرانی گفته می شود، باید به ۱۵ سانتی متر کاهش یابد.
۸. در ناحیه بحرانی و در محل اتصال کلاف ها به یکدیگر، نباید وصله میلگرد قرار داشته باشد. وصله میلگردها باید در یک سوم میانی کلاف تعبیه شود.
۹. پوشش بتنی میلگردها نباید برای کلاف زیر دیوارها از ۵ سانتی متر و برای کلاف روی دیوار از ۲/۵ سانتی متر کمتر باشد.

اتصال کلاف های افقی

۱. در هر تراز، اضلاع مختلف کلاف ها باید به یکدیگر متصل شوند تا ساختمان دارای کلاف بندی یکپارچه و به هم پیوسته ای باشد.
۲. میلگردهای محل تلاقی اضلاع کلاف (به ویژه برای کلاف روی دیوار) باید به نحوی تنظیم شود که اتصال کلاف ها به خوبی تأمین شود.
۳. کلاف روی دیوار نباید در هیچ جا منقطع باشد.
۴. در صورتی که مجاری دودکش، تهویه و نظایر آنها با کلاف افقی تلاقی کند، باید میلگردهای کلاف از دو طرف این مجاری عبور داده شود و قطر یا عرض این مجاری نباید از نصف عرض کلاف بیشتر باشد.
۵. در صورتی که ساختمان بنایی دارای ستون های فولادی و یا بتن آرمه نیز باشد، این ستون ها باید به نحوی مناسب در بالا به عناصر سقف و یا کلاف روی دیوار و در پایین به کلاف زیر دیوار متصل شوند.

کلاف بندی قائم

کلیه دیوارهای سازه ای منتهی به کلاف های قائم، باید با رعایت شرایط مربوط به هر یک از موقعیت های این بند ساخته شود. برای ساختمان های یک طبقه واقع در مناطق با خطر نسبی متوسط و کم می توان از کلاف قائم چوبی استفاده کرد.

موقعیت کلاف های قائم

۱. کلاف‌های قائم باید در گوشه‌های اصلی ساختمان و ترجیحاً در نقاط تقاطع دیوارها اجرا شوند.
۲. اگر طول دیوار سازه‌ای از ۵ متر بیشتر باشد، باید با تعبیه کلاف‌های قائم طول دیوار را محدود کرد.
۳. اگر انتهای دیوار سازه‌ای آزاد باشد، باید با تعبیه کلاف قائم آنرا مقید ساخت.
۴. فاصله آزاد بین کلاف‌های قائم نباید از ۵ متر تجاوز کند.
۵. در اطراف بازشوها باید در صورت نیاز کلاف قائم اجرا شود.
۶. هیچ یک از ابعاد مقطع کلاف قائم بتن آرمه (به استثنای کلاف قائم اطراف بازشوها) نباید کمتر از ۲۰ سانتی‌متر باشد.
۷. کلاف قائم نباید در هیچ جا منقطع باشد.

میلگرد کلاف قائم بتن آرمه

۱. میلگردهای اصلی در کلاف‌های قائم بتن آرمه باید از نوع آجدار و با حداقل قطر ۱۰ میلیمتر باشد. استفاده از میلگرد ساده برای کلاف‌های قائم مجاز نیست.
۲. میلگردهای اصلی باید حداقل ۴ عدد باشند و در گوشه‌ها قرار داده شوند و انتهای آنها به نحوی مناسب مهار شود.
۳. اگر عرض مقطع کلاف برابر با ۳۵ سانتی‌متر یا بیشتر باشد، تعداد میلگردهای طولی باید به ۶ عدد و یا بیشتر افزایش داده شود، به طوری که فاصله هر دو میلگرد مجاور از ۲۵ سانتی‌متر بیشتر نباشد.
۴. میلگردهای اصلی باید با تنگ‌هایی به قطر حداقل ۶ میلی‌متر به یکدیگر بسته شود.
۵. حداکثر فاصله قائم تنگ‌ها از یکدیگر باید مساوی عرض مقطع کلاف و یا ۲۵ سانتی‌متر (هر کدام کمتر است) باشد.
۶. حداکثر فاصله تنگ‌ها در ناحیه بحرانی باید به ۱۵ سانتی‌متر کاهش یابد.
۷. طول ناحیه بحرانی در کلاف قائم از بر داخلی کلاف افقی محاسبه شده و برابر با بزرگ‌ترین مقادیر، یعنی یک پنجم فاصله محور تا محور کلاف‌های افقی بالا و پایین دیوار بنایی و دو برابر ضخامت کلاف قائم در راستای عمود بر دیوار باشد.
۸. در ناحیه بحرانی و در محل اتصال کلاف‌ها به یکدیگر نباید وصله میلگرد قرار گیرد، بلکه وصله میلگردها باید در یک سوم میانی ارتفاع کلاف تعبیه شود.
۹. میلگردهای اصلی کلاف قائم باید با حداقل طول مهاری ۴۰ سانتی‌متر در انتها به زاویه ۹۰ درجه ختم و در کلاف افقی در تراز سقف مهار شود.
۱۰. آرماتورهای اصلی کلاف قائم باید حداقل به اندازه ۴۰ سانتی‌متر به صورت قائم و ۲۰ سانتی‌متر با خم ۹۰ درجه در داخل شالوده مهار شود.
۱۱. پوشش بتن اطراف میلگردهای طولی نباید از ۲/۵ سانتی‌متر کمتر باشد.

نحوه اجرای کلاف قائم بتن آرمه

اجرای کلاف‌های قائم بتن آرمه باید همزمان با اجرای دیوار سازه‌ای و به صورت یکپارچه انجام شود. اگر کلاف قائم با دیوار همزمان اجرا نشود، رعایت موارد زیر الزامی است.

۱. اجرای دیوار و باز گذاشتن محل کلاف به صورت کنگره‌ای

۲. میلگرد گذاری و تأمین همپوشانی با میلگردهای انتظار

۳. نصب مرحله‌ای قالب بیرونی به ارتفاع ۷۰ سانتی‌متر از پایین به بالا

۴. ملات‌ریزی مرحله‌ای و وایبره کردن برای حصول اطمینان از جاگیری ملات در تمام فضاهای خالی

اتصال کلاف‌های قائم

۱. در هر تراز و در کلیه نقاط تقاطع، کلاف‌های قائم و افقی باید به یکدیگر متصل شوند تا ساختمان کلاف بندی شده مانند یک سامانه سه بعدی یکپارچه و به هم پیوسته عمل کند.

۲. کلاف‌های قائم و افقی باید در تمام نقاط تقاطع به یکدیگر متصل شوند به طوری که میلگردهای طولی آنها در تمام طول نقاط تقاطع ادامه یابد.

۳. در نقاط تقاطع کلاف‌های افقی و قائم، وقتی کلاف قائم ادامه نمی‌یابد، میلگردهای اصلی کلاف قائم باید متناسب با عمق کلاف در داخل کلاف افقی مهار شود.

۴. در صورتی که مجاری دودکش، تهویه، کانال کولر و نظایر آنها با کلاف قائم تلاقی کند، باید میلگردهای کلاف از دو طرف این مجاری عبور داده شود. به علاوه قطر یا عرض این مجاری نباید از نصف عرض مقطع کلاف بیشتر باشد.

سقف

سقف ساختمان بنایی باید یکپارچه بوده و در برابر نیروهای ناشی از زلزله از تکیه گاه خود جدا نشود.

انواع سقف

سقف‌های مجاز و متداول برای ساختمان بنایی می‌توانند به صورت تخت، شیب‌دار یا قوسی با استفاده از طاق ضربی، تیرچه بلوک و چوبی اجرا شود.

مصالح سقف

۱. مصالح مصرفی سقف باید مطابق با فصل پنجم مقررات ملی ساختمان باشد.

۲. کاربرد چوب به عنوان عنصر باربر سقف در صورتی مجاز است که پوشش سقف از نوع سبک نظیر تخته - ورق آهن یا صفحات موجدار فلزی باشد و در این صورت برای کلاف بندی سقف نیز می‌توان از چوب استفاده کرد.

۳. سقف چوبی با پوشش حصیر و نی با گل و یا شفته آهک و یا طاق خشتی مجاز نیست.

اتصال سقف به تکیه گاه

عناصر سقف (تیر و تیرچه اعم از فولادی، بتنی و چوبی) و یا دال بتنی باید در تکیه گاه‌ها به نحو مطمئنی به عناصر زیر سری (تیر حمال، کلاف افقی، جرزها و ستون‌ها) متصل شوند، تا نیروهای زلزله بدون جابجا شدن سقف به دیوارها انتقال یابد. به این منظور رعایت ضوابط زیر الزامی است.

اگر سقف به تیر حمال تکیه دارد، باید اجزای اصلی سقف به تیر حمال به خوبی متصل شود و تیر حمال نیز به کلاف روی دیوار مهار شود.

اگر سقف طاق ضربی بر روی دیوار قرار می‌گیرد، باید تیر آهن‌های سقف در داخل کلاف افقی به خوبی مهار شود. برای این منظور می‌توان به یکی از روش‌های زیر اقدام کرد.

۱. اگر کلاف افقی بتن آرمه باشد، باید تیر آهن‌های سقف به صفحات فولادی، که از قبل روی کلاف و به وسیله میلگرد داخل آن مهار شده، متصل شوند.

۲. اگر کلاف افقی فولادی باشد، باید تیرآهن‌های سقف به آن‌ها متصل شوند.

۳. طول تکیه‌گاه تیرآهن‌های سقف طاق ضربی نباید از ارتفاع تیر یا از ۲۰ سانتی‌متر کمتر باشد.

اگر سقف ساختمان بنایی دال بتنی پیش ساخته باشد، باید به یکی از روش‌های زیر اتصال سقف به کلاف‌های افقی تأمین شود.

۱. دال پیش‌ساخته در کلاف افقی بتن‌آرمه مهار شود.

۲. دال پیش‌ساخته با مهار مناسب بر روی کلاف افقی بتن‌آرمه قرار داده شود.

سقف‌های تیرچه-بلوک باید به خوبی به کلاف افقی مهار شده و بتن‌ریزی تیرچه‌ها و کلاف هم‌زمان انجام شود.

برای سقف‌های بتن‌آرمه درجا باید طول تکیه‌گاه سقف به صورت زیر باشد.

۱. اگر ضخامت دیوار ۲۰ سانتی‌متر است، طول تکیه‌گاه نباید از ۱۵ سانتی‌متر کمتر باشد.

۲. اگر ضخامت دیوار بیشتر از ۲۰ سانتی‌متر است، حداقل طول تکیه‌گاه باید ۱۵ سانتی‌متر یا ضخامت دیوار منهای ۱۲ سانتی‌متر هر کدام بیشتر است، باشد.

نکته: عناصر سازه‌ای راه پله باید در پاگردهایی که همسطح ساختمان هستند، در کلاف بندی افقی سقف مهار شوند.

بخش ۸: قاب شیبدار (سوله)

قاب‌های فولادی شیب‌دار که به آن‌ها سوله نیز می‌گویند، در پوشش دهانه‌های بزرگ، در ساختمان‌هایی مانند کارخانه‌ها، انبارها، آشیانه‌ی هواپیما، سالن ورزشی و... مورد استفاده قرار می‌گیرند. این نوع پوشش نسبت به انواع خرپاها دارای مزایایی است که مهم‌ترین آن‌ها شامل صرفه جویی در مصالح، زمان ساخت و نصب، نمای زیباتر و استفاده‌ی بیشتر از فضای زیر سقف است.

وقتی که دهانه‌ی قاب بیش از ۱۵ متر است یا در مواردی که نسبت ارتفاع به طول دهانه کوچک است، نیروی رانش افقی پایه‌ها که بر شالوده اثر می‌کند، بزرگ می‌شود. در بعضی موارد رانش بین دو پایه، با تعبیه‌ی مهار فلزی در بین دو پایه کنترل می‌شود. مهارها برای تمام نیروی رانشی بین پایه‌ها محاسبه می‌شود که پنجه‌ی مفصلی را به صفحه‌ی پای ستون متصل می‌کنند و اغلب لازم است که با گذاردن بست قورباغه‌ای آن‌ها را به حالت پیش تنیده در آورد. وقتی که مهار در محل صحیح خود قرار گرفت و به اندازه‌ی لازم پیش تنیده شد، می‌توان برای جلوگیری از زنگ زدگی، اطراف آن را با بتن پوشاند و یا به روش‌های دیگری از آن محافظت کرد.



روش ساخت قاب‌ها و مونتاژ آن‌ها

قاب‌ها را می‌توان از نیمرخ‌های نورد شده، مقاطع مرکب و یا تیر ورق ساخت. قاب‌های شیب‌دار ساخته شده از نیمرخ‌های نورد شده تا دهانه‌های حدود ۱۰ متر کاربردهای فراوانی دارد. برای دهانه‌های بزرگ‌تر، از مقاطع مرکب با مقطع متغیر استفاده می‌شود. برای ساخت قطعات قاب در کارخانه (کارگاه)، ابتدا شکل قطعه‌ی مورد نظر بر سطح صافی ترسیم شده و سپس مطابق با آن الگوی تهیه شده، بریده شده و به یکدیگر جوش می‌شوند. قاب‌های فلزی را می‌توان در دهانه‌های حدود ۸ تا ۶۰ متر و بیشتر به کار برد. فاصله‌ی قاب‌ها از یکدیگر بر حسب مقدار بار و دهانه، معمولاً بین ۴/۵۰ تا ۱۰ متر است.

درز انبساط در سامانه‌های قابی

در قاب‌های فولادی که در تماس با دیوارهای مصالح بنایی قرار می‌گیرند، و طول آن‌ها بیش از ۵۰ متر باشد، بسته به طول ساختمان و تغییرات درجه حرارت محیط، تعبیه‌ی درز انبساط لازم است.

انواع اتصال ستون به شالوده در قاب شیب‌دار (سوله)

اتصالات در سامانه قاب‌های با مقطع متغیر با اتصالات ستون‌های معمولی اسکلت فلزی متفاوت است. اتصالات در تکیه گاه ستون‌ها در سوله‌ها به شکل تکیه گاه‌های خطی مفصلی یا ریلی، نقطه‌ای یا کشکی و یا مفصلی ساده انجام می‌گیرد.

اتصال خطی مفصلی یا ریلی

در این نوع اتصال ستون بر روی صفحه‌ی شیاردار متصل می‌شود. در زیر این صفحه، صفحه‌ی کف ستون قرار می‌گیرد که در ناحیه‌ی وسط آن، قطعه‌ی فولادی قوی به شکل برجسته در شیار صفحه‌ی بالایی واقع می‌شود و به این ترتیب ستون می‌تواند در یک ریل حرکت کند.

اتصال نقطه‌ای یا کفشی

در این حالت نیز ستون به صفحه‌ی فولادی قوی جوش می‌شود و در وسط صفحه تورفتگی به شکل مقعر ایجاد می‌شود. در مقابل تورفتگی مقعر، برجستگی (محدب) کاملاً به اندازه‌ی تورفتگی، بر صفحه‌ی کف ستون قرار دارد. تورفتگی مقعر در بالا و برآمدگی محدب در پایین قرار دارد تا سبب جمع شدن آب در زیر ستون نشود.

اتصالات در قاب‌های صنعتی

اتصالات در این گونه سازه‌ها از اهمیت ویژه‌ای برخوردار بوده و عموماً از آنها عملکردی صلب که نیروهای محوری، برشی و لنگر خمشی را در گوشه‌ها (محل اتصال تیر به ستون) به ستون منتقل می‌کند، انتظار می‌رود. امروزه برای ساخت و اجرای قاب‌های صنعتی (سوله‌ها)، بعضی از اتصالات آن‌ها در کارخانه سازنده سوله تعبیه و در محل اجرای سازه به قطعات دیگر متصل می‌شوند. از انواع اتصالات اصلی در قاب‌های صنعتی می‌توان از اتصال گوشه، اتصال راس سوله، اتصال لاپه‌ها به قاب و اتصال اعضای بادبندی به قاب سوله نام برد. اتصال تیر به ستون در یک قاب صنعتی (اتصال گوشه) در ساخت آن از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است سه نوع رایج از اتصالات گوشه‌ای در سوله‌ها اتصال با ورق‌های انتهایی، اتصال با ورق روسری و اتصال ساعتی هستند.

اتصال فلنجی (ورق سر)

دارای محاسن و معایبی به این شرح است. از محاسن آن می‌توان به بی‌نیازی از تقویت قطری جان و نشیمن مناسب تیر در موقع نصب اشاره نمود. عیب اصلی آن نیز این است که نیاز به ورق‌های نسبتاً ضخیم در ورق سر می‌باشد.

اتصال با ورق روسری

دارای محاسن و معایبی به این شرح است. از محاسن آن می‌توان به استفاده از ورق نسبتاً نازک به عنوان ورق روسری و بازوی نسبتاً بلند برای ایجاد ممان مقاوم اشاره نمود. از معایب آن نیز نیاز به تقویت قطری جان در اکثر موارد و نیاز به جوش دادن قطع‌های به ستون برای نشیمن تیر است.

اتصال ساعتی

دارای محاسن و معایبی است. از محاسن آن، راحتی سوراخ کاری، راحتی حمل و نصب و بی‌نیازی به ورق تقویتی قطری در جان است. از معایب آن نیز برش ایجاد شده در بال و تغییرات ناگهانی ضخامت بال در گوشه است.

مهاربندی در قاب‌های شبیدار (مهاربندی قائم و افقی)

موارد گفته شده در مبحث مهاربندی قاب‌های خرابی، برای قاب‌های فولادی شبیدار نیز صادق است. لازم به یادآوری است مهاربندی افقی در سقف قاب‌ها معمولاً با میلگرد انجام می‌گیرد که این میلگردها لازم است به کمک دو پیچ، پیش تنیده شوند. پروفیل‌های مورد مصرف در مهاربندی‌های قائم در قاب‌های یک طبقه معمولاً از میلگرد، نبشی تک یا نبشی دابل هستند.

ضخامت و طول جوش در مهاربندها

به طور کلی نوع پروفیل، مشخصات پروفیل، ابعاد ورق، همچنین نوع و ضخامت جوش طبق محاسبات فنی در نقشه‌های سازه (اجرایی) برای مهاربندها مشخص می‌شود.

تقویت قاب‌های فلزی در گوشه‌ها (زانویی)

به طور کلی، تقویت قاب در گوشه‌ها (محل اتصال تیر به ستون) یا راس قاب در صورت لزوم بر اساس محاسبات فنی انجام می‌شود.

اجزای اصلی تشکیل دهنده سوله

قاب‌های اصلی:

قاب اصلی شامل تیرها و ستون‌ها می‌باشد. تیر اصلی را اصطلاحاً رafter^۱ نیز می‌گویند.

در کشور ما ستون‌ها و رafterها دارای مقطع غیر منشوری می‌باشند و تغییر ارتفاع در مقطع تیرها بدلیل تغییرات لنگر می‌باشد. تولید تیرها و ستون‌ها این است که این‌ها ابتدا بصورت ورق می‌باشند و با توجه به مقطع آن‌ها را برش داده و به هم جوش داده می‌شوند. ستون‌ها از پایین به صفحه ستون و از بالا به رafterها جوش داده می‌شوند و این اتصالات امروزه فلنجی می‌باشد. البته در موارد محدودی بخصوص جهت مقاطع لوله‌ای از اتصالات جوشی استفاده می‌شود.

وال پست:

این اعضا در واقع ستون‌های فرعی بوده که در ابتدا و انتهای سوله و جهت کاهش سطح بادگیر ستون‌های اصلی و همچنین برای ایجاد پست بند جهت دیوارهای پیرامونی در راستای عرضی سالن تعبیه می‌شود. یکی از کاربردهای دیگر وال پست به عنوان پایه جهت اتصال درب‌های بزرگ ورود و خروج وسائل نقلیه می‌باشد.



استرات:

اعضای طولی افقی هستند که دو قاب متوالی را در چند نقطه بصورت متقارن به یکدیگر متصل می‌کنند. این اعضا اغلب از مقطع قوطی و لوله تهیه می‌شوند. از کاربردهای استرات‌ها می‌توان به اتصال قاب‌ها به یکدیگر و باعث انتقال نیرو از یک قاب به قاب دیگر می‌باشد و همچنین ایجاد فضای لازم برای نصب مهاربندهای قائم و افقی و در آخر تعدیل جابجایی قاب‌های میانی سوله در راستای عرضی در برابر نیروهای جانبی کاربرد دارد.

نکته: در کل می‌توان استرات‌ها را بعنوان تکیه گاه جانبی در نظر گرفت و باعث افزایش ظرفیت اعضا شود.

طول استرات‌ها بین ۵ تا ۸ متر می‌باشد و نحوه‌ی اتصال آن به این شکل است که ابتدا به کمک جوش به جان تیر و ستون اصلی وصل می‌شوند و در فاصله‌ی کمی از بر تیر و ستون اصلی به کمک اتصال فلنجی به قسمت میانی متصل می‌شوند.

1 Rafter



مهاربند:

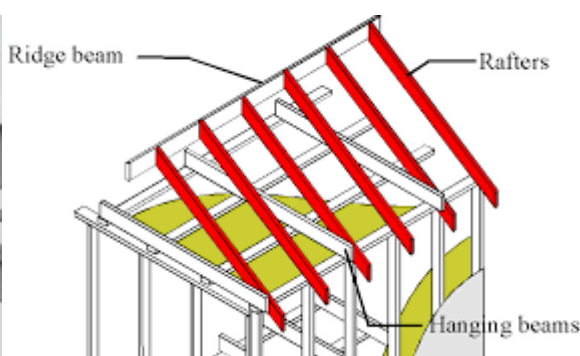
اعضای محوری هستند که جهت افزایش سختی لوله در راستای طولی و تا حدودی عرضی استفاده می‌شوند. مهاربندها دو نوع قائم و افقی (سقفی) دارند که برای فشار و کشش طراحی می‌شوند. این اعضا در بیشتر موارد با میل مهار با بست قریب‌ه‌ای اجرا می‌شوند که گاهی اوقات مهاربندها از مقاطع دایره‌ای نبشی و دایره‌ای ناودانی و حتی قوطی و لوله ساخته می‌شوند.

لاپه:

مقاطع محوری بوده که در دو نوع دیواری و سقفی می‌باشند که نوع سقفی آن در کشور ما کمتر مورد استفاده قرار می‌گیرد. این اعضا جهت اتصال پوشش سقف و دیوارهایی با پوشش سبک به تیر و ستون‌های اصلی بکار می‌روند. مقاطع استفاده شده در ناودانی‌ها و مقاطع سرد نورد شده می‌باشد و باید به این نکته اشاره کرد که مقاطع سرد نورد شده به دلیل وزن ناچیزی که دارند بیشتر مورد استفاده قرار می‌گیرند.

نکته: به لاپه‌ها گاهی اوقات پرلین هم می‌گویند. لاپه‌ها به واسطه‌ی یک یا دو پیچ به یک نبشی و یا ورق و در نهایت به قاب اصلی متصل می‌شود.

مقاطع سرد فرم یافته به دلیل آن که بسیار مستعد کماتش پیچشی جانبی هستند به وسیله‌ی میل مهارهای کششی در دو یا سه نقطه از طول خود مهار می‌شوند که به این مهارها در اصطلاح آنتی سگراد یا در عام آن سگراد می‌گویند.



سینه‌بند:

برای جلوگیری از کماتش قسمت فشاری و همچنین کماتش پیچشی جانبی بال تیر اصلی قاب در قسمت‌هایی که بال تحتانی تحت فشار می‌باشد (نواحی لنگر منفی) بال فشاری را به کمک یک مهار جانبی به اسم سینه‌بند به لاپه‌ها در دو سمت قاب مهار می‌کنند که معمولاً از نبشی یا ورق ساخته شده است. نیرویی که این سینه‌بندها متحمل می‌شوند، تقریباً ۲ درصد نیروی فشاری موجود در قطعه‌ی اصلی است.

بخش ۹: وصله‌ی میلگرد

با توجه به طول محدود میلگردهای موجود در بازار، اغلب در هنگام اجرای سازه‌های بتنی بایستی با روش‌های مختلفی مثل وصله میلگردها یا با کنار هم قرار دادن آن‌ها تحت ضوابط خاصی میلگرد با طول مورد نظر خود را ایجاد کنیم. البته بایستی سعی شود که در طراحی و اجرا حتی‌الامکان از آرماتورها به صورت پیوسته و یکپارچه استفاده شود. در صورتی که استفاده از وصله در آرماتورها اجتناب‌ناپذیر باشد بایستی از اجرای این وصله‌ها در محل لنگر حداکثر پرهیز نمود و تا حد امکان آن‌ها را در محل‌هایی با لنگر خمشی حداقل تعبیه نمود.

انواع وصله میلگرد: از انواع وصله‌ها می‌توان به **وصله پوششی^۱**، **وصله جوشی^۲**، **وصله با انتهای اتکایی^۳** و **وصله مکانیکی^۴** اشاره نمود.

وصله پوششی:

این روش وصله میلگرد را می‌توان رایج‌ترین و ارزان‌ترین نوع وصله دانست. وصله پوششی با مجاور هم قرار دادن دو میلگرد در قسمتی از طولشان صورت می‌گیرد. طولی که دو میلگرد در کنار هم قرار می‌گیرند طول پوشش^۵ یا طول وصله^۶ نامیده می‌شود.

این نوع وصله به دو صورت اجرا می‌شود:

- وصله پوششی تماسی^۷
- وصله پوششی غیر تماسی^۸

در حالت غیر تماسی، میلگردها در طول وصله خود، با یک فاصله مشخصی از هم قرار می‌گیرند که این فاصله باید به اندازه‌ای باشد تا بتن به‌طور مناسب در بین میلگردهای وصله شونده نفوذ کرده و بین آن‌ها حفره ایجاد نگردد. شرایط و ضوابط استفاده از وصله پوششی در میلگردهای تحت کشش و فشار و همچنین وصله میلگردها در ستون‌ها در مبحث نهم مقررات ملی ساختمان و ACI آمده است.

وصله جوشی:

به شرطی که کیفیت جوش بسیار عالی بوده و توسط دستگاه نظارت تأیید شود؛ این نوع وصله میلگرد، از نظر انتقال تنش بسیار خوب تلقی می‌شود.

انواع وصله جوشی میلگرد:

۱. جوش سر به سر مستقیم: جوش شیاری V شکل یک طرفه و دوطرفه (برای اتصال افقی دو میلگرد)، جوش شیاری V شکل یک طرفه با قطعه لوله پشت‌بند (برای اتصال افقی دو میلگرد با قطر مساوی)، جوش شیاری اریب یک طرفه و دو طرفه (برای اتصال قائم دو میلگرد)

۲. جوش سر به سر غیرمستقیم: این نوع اتصال با استفاده از صفحه وصله، نبشی وصله و یا میلگردهای وصله انجام می‌شود.

1 lap splices
2 welded splices
3 end-bearing splices
4 mechanical splices
5 lap length
6 splice length
7 contact lap splices
8 non-contact splices

۳. اتصال پوششی جوش شده: این نوع اتصال به دو صورت اتصال پوششی مستقیم با میلگردهای در تماس و اتصال پوششی غیرمستقیم با میلگردهای جدا صورت می گیرد.

۴. اتصال T شکل جوش شده: این اتصال برای ارتباط دادن میلگرد بیرون آمده از انتهای اعضای پیش ساخته به صفحات اتصال و یا کف ستون به کار گرفته می شود.

وصله با انتهای اتکایی:

این نوع وصله ها برای انتقال تنش در میلگردهایی که فقط تحت فشار هستند، کاربرد دارد. بنابراین استفاده از این نوع وصله ها فقط در دور پیچ ها یا اعضای با خاموت بسته کاربرد دارد.

وصله مکانیکی:

در برخی موارد وصله ی ملیگرد به روش وصله های پوششی غیر اقتصادی و یا موارد دیگر امکان پذیر نمی باشد، این عمل سبب تراکم یا مسائل خاصی در آرماتوربندی شود. در این حالت عمدتاً روش اتصالات مکانیکی را جایگزین روش وصله های پوششی میکنند. برای اجرای روش اتصالات مکانیکی به ابزارهایی نظیر پیچ کردن، غلاف های جفت کننده مملو از فولاد، غلاف های جفت کننده مملو از گروت و درگیر کردن یا به عبارت دیگر اصطکاک نیاز می باشد.

این نوع وصله یک وسیله مکانیکی است که عموماً با پیچ کردن و ایجاد اصطکاک بین جدارهای آن و میلگردها، انتقال تنش را از یک میلگرد به میلگرد بعدی فراهم می کند. با استفاده از اتصالات مکانیکی از باقی ماندن آرماتور به صورت مهار پوششی جلوگیری شده و ضایعات آرماتور نیز به حداقل کاهش می یابد. با وصله مکانیکی امکان متصل کردن میلگردهایی با قطر متفاوت به صورت سر به سر یا پهلوی به پهلوی فراهم می شود.

دلایل مقاوم تر بودن وصله مکانیکی نسبت به وصله پوششی:

- در وصله پوششی عامل انتقال بار میان دو آرماتور، وجود بتن محصورکننده در اطراف آن ها است و در صورت صدمه دیدن بتن، وصله پوششی عمل نخواهد نمود. ولی در وصله مکانیکی انتقال بار وابسته به بتن نیست که این ویژگی باعث تأمین مقاومت وصله در تمامی شرایط باربری سازه خواهد شد.
- امکان وصله بدون محدودیت در هر موقعیتی در سازه بتنی، مانند محل مفصل پلاستیک.
- ایجاد وصله یکپارچه بین آرماتورها و در نتیجه یکپارچه عمل نمودن آرماتور در محل وصله به هنگام اعمال نیروهای رفت برگشتی ناشی از زمین لرزه.

نکاتی درباره ی وصله میلگرد

الف) اگر در نقشه ی اجرایی طول وصله میلگرد مشخص نبود حداقل طول وصله بایستی به اندازه ۵۵ برابر قطر میلگرد باشد.

ب) محل وصله میلگردهای زیری قطعات خمشی مانند تیرهای سقف در یک سوم کناری از بر تکیه گاه تیر و وصله ی میلگردهای فوقانی قطعه خمشی مانند تیرهای سقف در وسط دهانه یا یک سوم میانی اجرا می شود.

نکته: اگر در پروژه ای فقط زمان اجرای پروژه مهم باشد (مدت زمان کمتر) به ترتیب روش های اورلپ، فورجینگ و کوپلینگ بهینه می باشند.

نکته: اگر در پروژه ای دولتی که هزینه برای کارفرما چندان مهم نباشد به ترتیب روش های فورجینگ، کوپلینگ و اورلپ بهینه می باشند.

نکته: اگر در پروژه ای فقط مقاومت مهم باشد استفاده از روش های کوپلینگ و فورجینگ نسبت به اورلپ ارجحیت خواهند داشت.

بخش ۱۰: جوشکاری

جوشکاری یکی از روش‌های قدیمی و معمول اتصال در صنعت است. این فرآیند بسته به نوع مواد، محل استفاده و شرایط تولید، انواع مختلفی را پیش روی مهندسان مکانیک و ساخت و تولید قرار می‌دهد. جوشکاری به فرآیندی اطلاق می‌شود که طی آن، دو یا چند قطعه بوسیله گرم کردن قطعات یا ماده اتصال به یکدیگر متصل می‌شوند. از آنجایی که فرآیندهای گرم کردن و ذوب کردن مواد می‌تواند انواع مختلفی داشته باشد، جوشکاری نیز انواع مختلفی دارد. در این مطلب به اختصار در مورد تمامی انواع جوشکاری صحبت و در مراحل بعدی مهم‌ترین و پرکاربردترین روش‌ها معرفی می‌شود.

مشخصات الکترودها

در جوشکاری به مشخصات الکترودها با یک سری اعداد مشخص می‌گردند. اعداد مشخصه ترتیب زیر می‌باشد:

E 60 10

E = جریان برق

۶۰ = کشش گرده جوش بر حسب پاوند بر اینچ مربع

۱ = حالات مختلف جوشکاری

۰ = نوع جریان می باشد

علامت اول

در علائم الکترودها E مشخص می نماید که این الکترودها برای جوشکاری برق بوده با استفاده می شود. (بعضی از الکترودهای پوشش دار هستند که در جوشکاری با اکسی استیلن از آن‌ها استفاده می شوند)

در علامت دوم

عدد ۶ و ۰ یعنی مشخصه فشار کشش گرده جوش بر حسب پاوند بر اینچ مربع بوده بایستی آن را در ۱۰۰۰ ضرب نمود یعنی فشار کشش گرده جوش این نوع الکترودها ۶۰۰۰۰ پاوند بر اینچ مربع است.

علامت سوم

حالات جوش را مشخص می کند که همیشه این علامت ۱ یا ۲ یا ۳ می باشد.

علامت چهارم

خصوصیات ظاهری گرده جوش و نوع جریان را مشخص می نماید که این علائم از ۰ شروع و به ۶ ختم می گردند.

فرآیندهای جوشکاری به دو نوع کلی به شرح ذیل تقسیم می‌شوند:

- جوشکاری ذوبی^۱
- جوشکاری حالت جامد^۲

فرآیندهای جوشکاری ذوبی

فرایندهای جوشکاری ذوبی به فرایندهایی اطلاق می‌شود که اتصال فلزات پایه به کمک ذوب آن‌ها صورت می‌گیرد. به عبارت دیگر از طریق ذوب لبه یا سطح قطعات و ایجاد امتزاج موضعی، اتصال انجام می‌شود. این گروه از فرایندها نه تنها جهت اتصال فلزات بلکه برای پلاستیک‌ها و سرامیک‌ها نیز کاربرد داشته و گاه تحت عنوان جوشکاری امتزاجی نیز شناخته می‌شود.

منبع انرژی در این نوع فرایندها می‌تواند الکتریکی یا شیمیایی باشد. براساس استاندارد AWS A3.0 فرایند جوشکاری قوس الکتریکی با الکتروود روکش‌دار^۱ نمونه‌ای از فرایندهای جوشکاری ذوبی با منبع انرژی الکتریکی و فرایند جوشکاری با گاز^۲ مثالی از این فرایندها با منبع انرژی شیمیایی است.

مزایای فرایندهای جوشکاری ذوبی

- امکان به کارگیری اغلب فرایندهای این گروه برای جوشکاری قطعات و مجموعه‌ها با طرح‌ها و موقعیت‌های گوناگون وجود دارد.
- امکان به کارگیری اغلب فرایندهای این گروه در محل پروژه وجود دارد.
- امکان به کارگیری اغلب فرایندهای این گروه جهت اتصال قطعات ضخیم با استفاده از پخ سازی و جوشکاری چند لایه‌ای وجود دارد.

برخی از انواع جوشکاری ذوبی

- فرایند جوشکاری با استفاده از شعله^۳
- فرایند جوشکاری قوس الکتریکی بر روی الکتروود پوشش دار
- فرایند جوشکاری قوس الکتریکی بر روی الکتروود غیرمصرفی با محافظت گاز^۴
- فرایند جوشکاری قوس الکتریکی بر روی سیم جوش توپر مصرفی با محافظت گاز^۵
- فرایند جوشکاری قوس الکتریکی بر روی سیم جوش توخالی مصرفی با محافظت گاز^۶
- فرایند جوشکاری قوس الکتریکی بر روی سیم جوش مصرفی در زیر پودر^۷
- فرایند جوشکاری قوس الکتریکی پلاسما^۸
- فرایند جوشکاری مقاومت الکتریکی^۹

فرایند جوشکاری اکسی سوخت

جوشکاری اکسی سوخت^{۱۰} که به اختصار جوشکاری با گاز و جوشکاری با شعله نیز نامیده می‌شود، از معمول‌ترین فرایندهای جوشکاری بوده و در آن احتراق سوخت گازی، شعله‌ای را در نوک مشعل جوشکاری ایجاد کرده که با استفاده از حرارت آن می‌توان فلزات پایه را ذوب و متصل نمود. چنانچه در این فرایند از گاز استیلن به عنوان سوخت گازی استفاده شود، با نام فرایند جوشکاری اکسی استیلن^{۱۱} شناخته می‌شود.

1 SMAW

2 OAW

3 OFW

4 GTAW

5 GMAW

6 FCAW

7 SAW

8 PAW

9 ERW

10 Oxy-Fuel Gas Welding - OFW

11 Oxy-Acetylene Gas Welding - OAW

شعله‌ی این فرایند از دو بخش مخروط داخلی و پوشش حفاظتی تشکیل شده و درجه حرارت آن وابسته به نوع سوخت گازی مورد استفاده می‌باشد. گاز استیلن بیشترین درجه حرارت شعله را ایجاد می‌کند. در این فرایند حفاظت ناحیه جوش از طریق دمش شعله صورت می‌گیرد و نیز امکان استفاده از فلاکس به منظور اکسیدزدایی وجود دارد.

کاربردهای فرایند جوشکاری اکسی سوخت

از این فرایند جهت جوشکاری، لحیم‌کاری و برشکاری فلزات مختلف استفاده می‌شود. فلزاتی مانند فولاد (ساده کربنی و کم آلیاژ)، آلومینیم، نقره، مس، و برنج را می‌توان با استفاده از این روش جوشکاری نمود. تعمیر بدنه خودروهای آسیب دیده از جمله کاربردهای این فرایند است.

مزیت‌های فرایند جوشکاری اکسی سوخت

- تجهیزات ساده، ارزان و قابل حمل
- سهولت یادگیری

محدودیت‌های فرایند جوشکاری اکسی سوخت

- سرعت جوشکاری پایین
- حرارت ورودی بالا و در نتیجه ازدیاد عرض منطقه متأثر از حرارت
- افزایش اعوجاج اتصال جوشکاری شده



فرایند جوشکاری الکترو دستی

جوشکاری قوس الکتریکی با الکترود پوشش دار^۱ یا به اختصار جوشکاری الکترود دستی^۲، یکی از قدیمی‌ترین و پرکاربردترین فرایندهای جوشکاری بوده، اغلب به صورت دستی انجام می‌شود و به شکل گسترده در صنایع مختلف و اغلب به منظور جوشکاری فولادهایی با ضخامت بیش از ۳ میلیمتر مورد استفاده قرار می‌گیرد.

در این فرایند حرارت حاصل از قوس الکتریکی ایجاد شده مابین الکترود مصرفی و قطعه کار، باعث ذوب و ایجاد اتصال می‌شود. جریان مورد نیاز جهت این نوع فرایند جوشکاری می‌تواند مستقیم^۳ یا متناوب^۴ باشد. الکترود مصرفی شامل هسته‌ای فلزی است که با موادی دارای خواص مختلف پوشانده شده است. سوختن بخشی از پوشش الکترود موجب ایجاد دود شده که از یک طرف وظیفه محافظت از

1 Shielded Metal Arc Welding - SMAW

2 Manual Metal Arc - MMA

3 DC

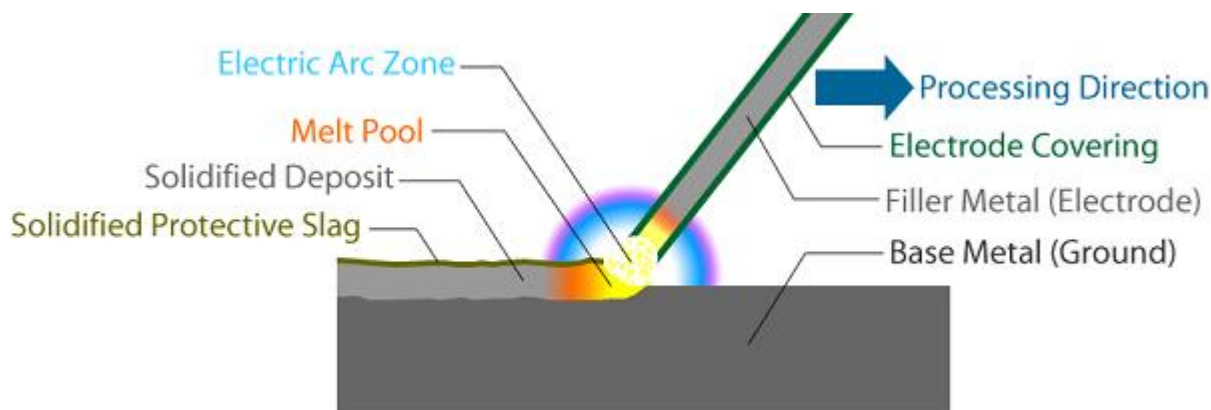
4 AC

حوضچه مذاب را برعهده داشته و از سوی دیگر با جذب تشعشعات مضر قوس، جوشکار را محافظت می‌نماید. بخش دیگر پوشش نیز با ورود به حوضچه مذاب و جذب ناخالصی‌ها، در قالب سرباره به محافظت از فلز جوش تا هنگام سرد شدن ادامه می‌دهد.

پوشش الکتروود

روکش الکتروود با توجه به نوع آن یک یا چند نقش ذیل را ایفا می‌کند:

- فراهم آوردن گاز لازم جهت حفاظت از قوس و حوضچه مذاب
- فراهم آوردن ترکیباتی جهت جذب و خارج ساخت ناخالصی‌ها و نیز اکسیژن از فلز جوش
- فراهم آوردن سرباره مناسب جهت محافظت از فلز جوش و کمک به شکل‌گیری مناسب آن
- فراهم آوردن عناصر آلیاژی مورد نیاز جهت بهبود خواص مکانیکی فلز جوش
- کمک به پایداری قوس الکتریکی



مزیت‌های فرآیند جوشکاری الکتروود دستی

- تجهیزات ساده، ارزان و قابل حمل
- مناسب برای جوشکاری قسمت‌هایی از سازه جوشی که محدودیت دسترسی دارند
- بازه وسیع فولادهای ساده و آلیاژی که امکان جوشکاری با این فرایند را دارند.

محدودیت‌های فرآیند جوشکاری الکتروود دستی

- نرخ رسوب کمتر نسبت به برخی از فرآیندها مانند GMAW
- نیاز به برداشتن سرباره پیش از جوشکاری مجدد و یا در انتهای کار
- نامناسب جهت جوشکاری فلزات غیرآهنی
- حساسیت به باد

فرایند جوشکاری با الکتروود تنگستن

در فرایند جوشکاری قوس الکتریکی بر روی الکتروود غیرمصرفی تنگستن با محافظت گاز^۱ که با نام‌های جوشکاری با الکتروود تنگستن، جوشکاری تنگستنی با گاز محافظ خنثی^۲، جوشکاری تنگستن - گاز، جوشکاری تیگ و در ایران جوشکاری آرگون نیز شناخته می‌شود، قوس الکتریکی بین الکتروود غیرمصرفی و فلز پایه ایجاد شده و دمای حاصل از آن موجب ذوب و اتصال قطعات خواهد شد.

1 Gas Metal Arc Welding - GTAW

2 Tungsten Inert Gas - TIG

الکتروود مورد استفاده در این فرایند اغلب از جنس آلیاژ تنگستن بوده و حوضچه مذاب توسط گازی خنثی مانند آرگون و یا هلیوم محافظت می شود. در این فرایند امکان استفاده از ماده مصرفی با جنسی مشابه فلز پایه امکان پذیر بوده که به افزایش نرخ رسوب و کنترل ترکیب شیمیایی فلز جوش منجر می گردد.

متأسفانه این فرایند دارای سرعت جوشکاری پایینی است. لذا از آن جایی که هزینه جوشکاری تابع زمان آن بوده و زمان جوشکاری نیز با سرعت آن نسبت عکس دارد، پس می توان نتیجه گرفت که این فرایند یکی از گران ترین فرایندهای جوشکاری می باشد که داده های عملیاتی نیز این امر را تایید می کنند. این فرایند برای جوشکاری فولادهای زنگ زن و نیز آلیاژهای آلومینیم و مس با ضخامت هایی در بازه ۱/۶ تا ۳/۲ میلیمتر مناسب بوده و گاه به منظور ایجاد پاس ریشه در ورق ها یا لوله هایی با ضخامت زیاد به کار برده می شود.

مزیت های فرایند جوشکاری با الکتروود تنگستن

- ظاهر ممتاز فلز جوش
- عدم نیاز به تمیزکاری پس از جوشکاری
- امکان عالی جهت کنترل جوش
- مناسب برای پاس ریشه
- کیفیت قابل ملاحظه
- امکان جوشکاری با استفاده یا بدون استفاده از ماده مصرفی

محدودیت های فرایند جوشکاری با الکتروود تنگستن

- تجهیزات پیچیده و گران در مقایسه با فرایند الکتروود دستی
- نرخ رسوب و سرعت جوشکاری کمتر
- هزینه بالاتر نسبت به اغلب فرایندهای جوشکاری
- حساسیت فراوان نسبت به آلودگی فلز پایه و مصرفی

الکتروودهای تنگستن

در فرایند جوشکاری تیگ انتخاب صحیح قطر الکتروود، بستگی کامل به شدت و نوع جریان مورد استفاده دارد. الکتروودهای تنگستن اغلب در قطرهای ۰/۲۵ تا ۶/۳۵ میلیمتر و طول ۷۶ تا ۶۱۰ میلیمتر ساخته می شوند. الکتروودهای تنگستن خالص نسبت به سایر الکتروودها ارزان تر بوده، ظرفیت حمل جریان الکتریکی کمتری دارند، عمر آن ها کوتاهتر بوده و تنها قابل استفاده با جریان متناوب می باشند. از این الکتروودها در مواردی که حساسیت کار کمتر است، استفاده می شود. اگر از الکتروودهای تنگستن خالص در شدت جریان های بالاتر از مقادیر معینی استفاده شود، نرخ مصرف تدریجی آن ها افزایش خواهد یافت.

الکتروودهای تنگستن توریم دار، ظرفیت حمل الکتریسیته بالاتری داشته و دارای عمر طولانی تری هستند. شروع قوس با این الکتروودها راحت تر بوده و ثبات قوس بیشتری ایجاد می کنند. از این الکتروودها اغلب در جریان مستقیم استفاده می شود.

الکتروودهای زیرکونیوم دار بهترین نوع الکتروود برای جوشکاری آلومینیوم و منیزیم هستند. این الکتروودها مزایای هر دو نوع الکتروود قبلی را دارا بوده و زمانی که از این الکتروودها با جریان متناوب استفاده می شود. پایداری قوس به همراه ظرفیت حمل جریان الکتریکی و شروع قوس مناسب را به طور همزمان فراهم می آورند.

ترکیب شیمیایی الکتروودهای تنگستن

الکتروودهای تنگستنی که در فرایند جوشکاری تیگ به کار برده می شوند، در گروه الکتروودهای ذوب نشدنی قرار گرفته و مطابق استاندارد AWS A5.12 ترکیب شیمیایی آن ها به صورت ذیل است:

- الکتروود تنگستن خالص

- الکترو د تنگستن - توریم (حاوی ۱ تا ۲ درصد اکسید توریم)
- الکترو د تنگستن - زیرکونیوم (حاوی ۰/۱۵ تا ۰/۴ درصد اکسید زیرکونیوم)
- الکترو د تنگستن - لانتانیوم (حاوی ۱ درصد اکسید لانتانیوم)
- الکترو د تنگستن - سریم (حاوی ۲ درصد اکسید سریم)

رنگ‌بندی الکترو د تنگستن

الکترو د های تنگستن دارای رنگ‌بندی ذیل هستند:

- سبز : الکترو د تنگستن خالص^۱
- نارنجی : الکترو د تنگستن با ۲ درصد سریم^۲
- سیاه : الکترو د تنگستن با ۱ درصد لانتانیوم^۳
- زرد : الکترو د تنگستن با ۱ درصد توریم^۴
- قرمز : الکترو د تنگستن با ۲ درصد توریم
- قهوه‌ای : الکترو د تنگستن با ۱ درصد زیرکونیوم^۵
- خاکستری : غیر از عناصر فوق^۶

سیم جوشکاری

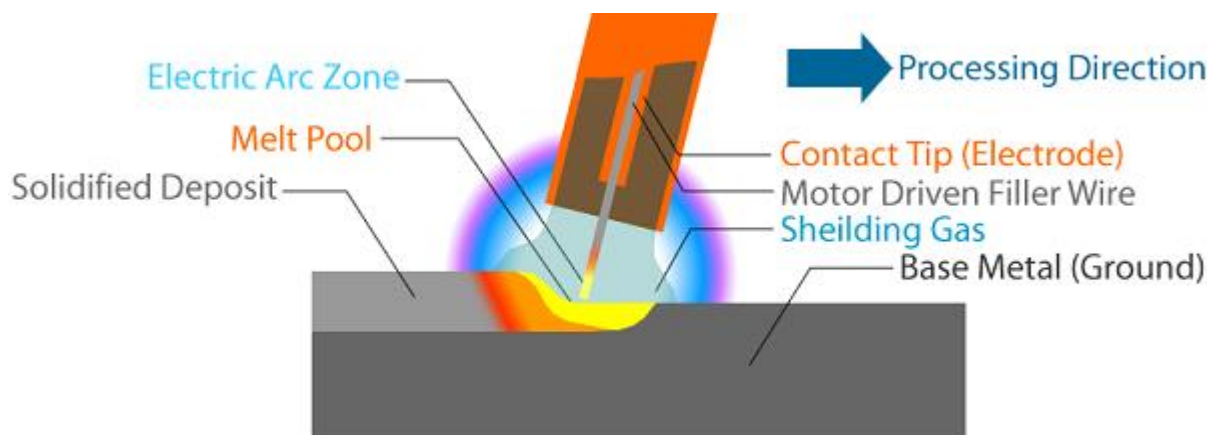
انتخاب سیم جوش مناسب از مهم‌ترین عوامل در کیفیت اتصال جوشی ایجاد شده می‌باشد. در ادامه سیم جوش های مورد استفاده در فرایند جوشکاری تیگ (TIG) مطابق با استاندارد انجمن جوشکاری امریکا^۷ معرفی شده‌اند. برای هر گروه در انجمن جوشکاری امریکا به میزان کافی درباره طریقه‌ی کاربرد، ترکیب شیمیایی، نوع جریان و مقدار آن، قطر سیم جوش و سایر موارد توضیح داده شده است. طول سیم جوش‌ها اغلب ۶۱ سانتی‌متر یا ۹۱ سانتی‌متر می‌باشد که برای دستگاه‌های نیمه‌خودکار و خودکار به صورت کلافی در دسترس می‌باشد.

- سیم جوش‌های مورد استفاده برای مس و آلیاژهای مس A5.7
- سیم جوش‌های مورد استفاده برای فولادهای کرم دار و کرم نیکل دار مقاوم به خوردگی A5.9
- سیم جوش‌های مورد استفاده برای آلومینیوم و آلیاژ آلومینیوم A5.10
- سیم جوش‌های مورد استفاده برای عملیات سطحی A5.13
- سیم جوش‌های مورد استفاده برای نیکل و آلیاژهای نیکل A5.14
- سیم جوش‌های مورد استفاده برای تیتانیوم و آلیاژهای تیتانیوم A5.16
- سیم جوش‌های مورد استفاده برای فولادهای کربنی A5.18
- سیم جوش‌های مورد استفاده برای آلیاژهای منیزیم A5.19
- سیم جوش‌های مورد استفاده برای آلیاژهای زیرکونیوم A5.24

فرایند جوشکاری با سیم توپر مصرفی تحت محافظت گاز

1 EWP
2 EWCE
3 EWLA
4 EWTB
5 EWZR
6 EWG
7 AWS

در فرایند جوشکاری قوس الکتریکی با سیم توپر مصرفی تحت محافظت گاز^۱ یا به اختصار با نام‌های جوشکاری با سیم مصرفی تحت محافظت گاز، جوشکاری فلزی با گاز محافظ خنثی / فعال^۲ و جوشکاری میگ/مگ نیز شناخته می‌شود، گرمای لازم جهت ذوب فلز پایه و ایجاد اتصال، از قوس الکتریکی ایجاد شده میان فلز پایه و سیم جوش تامین شده و حفاظت حوضچه مذاب توسط گاز خارجی صورت می‌گیرد. این روش به اشکال مختلف دستی، نیمه خودکار و خودکار انجام می‌شود.



مزیت‌های فرایند جوشکاری با سیم مصرفی تحت محافظت گاز

- مناسب جهت جوشکاری اغلب آلیاژهای فلزی مرسوم
- این فرایند دارای یکی از بیشترین نرخ‌های رسوب بین فرایندهای جوشکاری ذوبی است.
- نیاز به تمیزکاری پس از جوشکاری کمتر

محدودیت‌های فرایند جوشکاری با سیم مصرفی تحت محافظت گاز

- تجهیزات پیچیده و گران در مقایسه با فرایند الکتروود دستی
- عدم امکان کاربری در هوای آزاد به دلیل کاهش محافظت گاز محافظ (حساسیت به جریان هوا)
- حساس به عیوب ذوب ناقص و نفوذ ناقص

فرایند جوشکاری توپودری

در فرایند جوشکاری قوس الکتریکی با سیم توپودری مصرفی^۳ یا به اختصار جوشکاری توپودری، قوس بین فلز پایه و ماده مصرفی که سیم جوشی حاوی پودری است، ایجاد شده و حرارت حاصل از آن موجب ذوب و ایجاد اتصال می‌شود. در این فرایند حوضچه مذاب توسط دود حاصل از سوختن پودر جوش و یا توسط گاز با منبع خارجی محافظت می‌شود. در حال اول فرایند را خود محافظ^۴ و در حالت دوم آن را گاز محافظ^۵ می‌نامند.

حداقل سطح اتوماسیون این روش، مانند فرایند جوشکاری با سیم مصرفی یا میگ/مگ، نیمه خودکار بوده اما امکان خودکار و رباتیک نمودن آن نیز به خوبی وجود دارد.

مزیت‌های فرایند جوشکاری توپودری

1 Gas Metal Arc Welding - GMAW
 2 Metal Inert Gas - MIG / Metal Active Gas - MAG
 3 Flux-Cored Arc Welding - FCAW
 4 Self-Shielded
 5 Gas Shielded

- عدم نیاز به توقف فرایند جوشکاری جهت جایگزین نمودن الکترود در مقایسه با فرایند جوشکاری الکترود دستی
- نرخ رسوب و سرعت جوشکاری بیشتر نسبت به فرایند جوشکاری الکترود دستی
- حساسیت کمتر حالت خود محافظ این روش در مقایسه با فرایند جوشکاری با سیم مصرفی نسبت به وزش باد

محدودیت‌های فرایند جوشکاری توپودری

- تجهیزات پیچیده و گران در مقایسه با فرایند الکترود دستی
- نیاز به تهویه مناسب در حالت گاز محافظ این فرایند
- نیاز به برداشتن سرباره پیش از جوشکاری مجدد و یا در انتهای کار

فرایند جوشکاری زیرپودری

در فرایند جوشکاری قوس الکتریکی بر روی سیم مصرفی در زیر پودر^۱ یا به اختصار جوشکاری زیرپودری، حرارت حاصل از قوس ایجاد شده میان فلز پایه و ماده مصرفی که سیم جوشی توپر است، موجب ذوب فلزات پایه و اتصال آن‌ها می‌شود. محافظت در این فرایند بر عهده‌ی پودر جوشی است که به وسیله مجرایبی از داخل مخزن نگهدارنده به سطح قطعه کار هدایت می‌شود. برقراری قوس الکتریکی زیر پودر جوش از قوس، دود حاصل از سوختن پودر از حوضچه مذاب، ورود ترکیبات پودر به حوضچه و جذب ناخالص‌ها و اکسیژن از ترکیب شیمیایی و در نهایت سرباره تشکیل شده از فلز جوش محافظت می‌نماید.

سطح اتوماسیون فرایند جوشکاری زیر پودری می‌تواند نیمه خودکار، مکانیزه و خودکار باشد، هرچند که انواع دستی آن نیز جهت امور آموزشی توسعه داده شده است.

مزیت‌های فرایند جوشکاری زیرپودری

- بیشترین نرخ رسوب در میان فرایندهای جوشکاری ذوبی
- استفاده از متصدی دستگاه جوشکاری به جای جوشکار و در نتیجه استقلال نسبی کیفیت جوش از مهارت و اشتباهات نیروی انسانی

محدودیت‌های فرایند جوشکاری زیرپودری

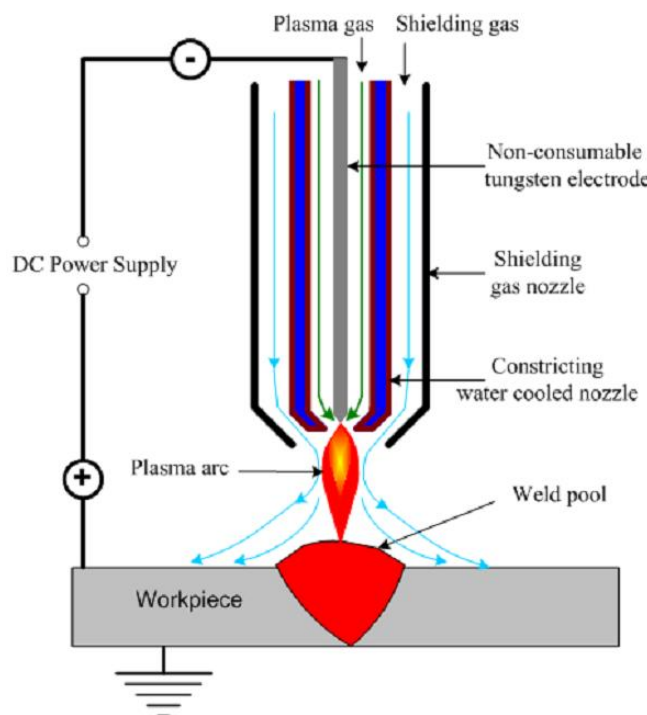
- تجهیزات پیچیده و گران
- عدم رویت جوش به هنگام جوشکاری
- وجود محدودیت در حالت جوشکاری (تخت و افقی)
- وجود محدودیت در مکان جوشکاری (داخل کارگاه)



فرایند جوشکاری پلاسما

فرایند جوشکاری قوس الکتریکی پلاسما^۱ یا به اختصار جوشکاری پلاسما، نوع خاصی از فرایند جوشکاری قوس الکتریکی بر روی الکترود غیرمصرفی تنگستن است. چنانچه در فرایند جوشکاری با الکترود تنگستن یا GTAW از گاز یونیزه شده که پلاسما نامیده می‌شود، استفاده گردد، فرایند جوشکاری GTAW به PAW تبدیل خواهد شد. لذا در صورت وجود یک تنظیم کننده گاز و تورچ پلاسما، امکان استفاده از دستگاه جوشکاری تیگ یا GTAW برای جوشکاری پلاسما وجود دارد.

در فرایند GTAW از یک گاز (آرگون یا هلیوم) و در فرایند PAW از دو گاز محافظ (آرگون یا هلیوم و هیدروژن) استفاده می‌شود. به دلیل انرژی بالاتر و قوس متمرکزتر و پایدارتر جوش پلاسما، استفاده از این فرایند برای اتصال ورق های نازک تا ضخیم، به خصوص برای جوشکاری آلومینیوم کاربرد فراوانی دارد.



مزیت‌های فرایند جوشکاری پلاسما

- حفاظت بهتر و عمر بیشتر الکترود غیرمصرفی
- قابلیت جوشکاری با شدت جریان پایین
- قوسی متمرکز، پایدار و یکنواخت با دامنه وسیع تغییرات طول
- افزایش چگالی انرژی قوس در مقایسه با فرایند تیگ یا GTAW
- افزایش سرعت جوشکاری در مقایسه با فرایند تیگ یا GTAW
- افزایش کارایی جوشکاری در مقایسه با فرایند تیگ یا GTAW
- بهبود کیفیت فلز جوش و منطقه متأثر از حرارت

فرایند جوشکاری مقاومتی

در فرایند جوشکاری مقاومت الکتریکی^۲ یا به اختصار جوشکاری مقاومتی، مقاومت مواد در مقابل عبور جریان الکتریسیته موجب ایجاد گرمای موضعی شده و فشار اعمال شده توسط تجهیزات باعث امتزاج و اتصال آن‌ها می‌گردد. مدت زمان مورد نیاز جهت عبور جریان به

¹ Plasma Arc Welding - PAW

² Electric Resistance Welding - ERW

عواملی مانند نوع و ضخامت قطعه، شدت جریان عبوری و شکل سطح مقطع الکترودها بستگی دارد. مقاومت الکتریکی بالاتر موجود در فصل مشترک قطعات، موجب ایجاد گرما شده و پس از رسیدن قطعات به دمای مورد نظر، فشار لازم جهت امتزاج آن‌ها اعمال می‌گردد.

استاندارد AWS A3.0 این روش را در هر دو گروه فرایندهای جوشکاری ذوبی و جوشکاری حالت جامد ذکر نموده داده است که علت آن، امکان رخداد یا عدم رخداد ذوب طی انجام این فرایند است. به بیانی دیگر بسته به میزان حرارت حاصل از گذار جریان از فلز پایه، امکان ذوب بخشی از سطح دکمه جوش و یا خمیری شدن آن وجود دارد، که در هر دو حالت اعمال فشار مناسب می‌تواند به ایجاد اتصالی سالم منجر گردد. ترشحات جوش^۱ که در برخی از خطوط تولید خودرو ملاحظه می‌گردد، ناشی از ذوب فلز پایه بوده که با فشار به اطراف پراکنده می‌شوند.

فرایندهای جوشکاری حالت جامد

فرایندهای جوشکاری حالت جامد^۲، شامل فرایندهایی است که اتصال فلزات پایه از طریق ایجاد حرارت در آن‌ها تا سطح خمیری شدن و یا به روش‌های دیگر مانند فشار صورت می‌گیرد. منبع انرژی در این گروه از فرایندها می‌تواند الکتریکی، شیمیایی و یا مکانیکی باشد. براساس استاندارد AWS A3.0، فرایند جوشکاری القایی نمونه‌ای از فرایندهای جوشکاری حالت جامد با منبع انرژی الکتریکی، فرایند جوشکاری انفجاری مثالی از این فرایندها با منبع انرژی شیمیایی و فرایند جوشکاری اصطکاکی نمونه‌ای از این فرایندها با منبع انرژی مکانیکی می‌باشد.

مزایای فرایندهای جوشکاری حالت جامد

- عدم ذوب فلز پایه در این گروه از فرایندها موجب کاهش چشمگیر در تغییرات نامناسب ساختاری، به خصوص در منطقه متأثر از حرارت می‌شود.
- عدم ذوب فلز پایه در این گروه از فرایندها موجب عدم نیاز به محافظت از حوضچه مذاب و در نتیجه عدم پیدایش عیوب مربوطه می‌شود.
- اتصالات در این روش حرارت ورودی، اعوجاج و تنش‌های پسماند کمتری را تجربه می‌نمایند.
- این روش برای تولید تعداد زیادی از یک مجموعه‌های جوشکاری شده مناسب بوده و دارای صرفه اقتصادی است.
- این گروه از فرایندها، اغلب از نوع مکانیزه یا خودکار بوده و از متصدی دستگاه جوشکاری بهره می‌برند. این امر موجب استقلال نسبی کیفیت جوش از اشتباهات یا حتی مهارت انسانی می‌گردد.

برخی از انواع جوشکاری حالت جامد شامل فرایند جوشکاری اصطکاکی و فرایند جوشکاری اصطکاکی اغتشاشی می‌شود.

فرایند جوشکاری اصطکاکی

در فرایند جوشکاری اصطکاکی^۳، از حرارت تولید شده به واسطه اصطکاک بین دو قطعه برای جوشکاری آن‌ها به یکدیگر استفاده می‌شود. در این روش فلزات پایه تحت تاثیر حرارت حاصل از اصطکاک، تا محدوده خمیری گرم شده و سپس قطعات به یکدیگر فشرده می‌شوند. این عمل باعث اتصال دو قطعه به یکدیگر می‌گردد. مزیت اصلی این روش در عدم رخداد ذوب و ایجاد اتصال در فاز جامد است.

مزیت‌های فرایند جوشکاری اصطکاکی

صنایع خودروسازی چندین دهه است که از جوشکاری اصطکاکی برای تولید قطعات استفاده می‌کنند. این فرایند دارای مزایای متعددی است:

- همزمانی فرایند جوشکاری در تمام سطح مقطع اتصال دو قطعه در یک زمان
- امکان استفاده جهت جوشکاری فلزات غیر همجنس

1 Spatters

2 Solid State Welding

3 Friction Welding - FRW

- سرعت جوشکاری و در نتیجه صرفه اقتصادی بالا و امکان استفاده از آن برای تولید انبوه

انواع فرایند جوشکاری اصطکاکی

- جوشکاری اصطکاکی دورانی^۱
- جوشکاری اصطکاکی خطی^۲
- جوشکاری اصطکاکی اغتشاشی^۳

جوشکاری اصطکاکی دورانی

در این روش که یکی از متداول ترین انواع فرایند جوشکاری اصطکاکی است، اصطکاک و حرارت حاصله از طریق حرکت دورانی قطعات نسبت به هم ایجاد می شود. از این فرایند برای تولید محورهای محرک، سوپاپ موتور، محور فرمان و میل کمک فنر استفاده می شود. این فرایند قابلیت فراوانی در اتصال مواد غیر هم جنس دارد، به این معنی که به عنوان نمونه در ساخت سوپاپ موتور، می توان بدنه و سرسوپاپ را از مواد مختلفی ساخت به طوری که مناسب چرخه کاری و حرارتی آنها باشد.

جوشکاری اصطکاکی خطی

در این فرایند، اصطکاک و حرارت حاصله از طریق حرکت خطی دو قطعه نسبت به هم ایجاد شده و اغلب جهت اتصال پره ها به دیسک های چرخان در صنایع هواپیماسازی جهت ساخت توربین موتور به کار می رود. انواع کم هزینه تر این فرایند برای تولید برخی قطعات خودرو نیز به کار برده می شود.

فرایند جوشکاری اصطکاکی اغتشاشی

فرایند جوشکاری اصطکاکی اغتشاشی، یک روش جدید از جوشکاری اصطکاکی برای اتصال قطعات در حالت جامد است که در آن از یک ابزار مصرف نشدنی با حرکت دورانی، برای تولید اصطکاک و حرارت حاصل از آن و نیز تغییر شکل پلاستیکی در موضع جوشکاری بهره برده می شود. این روش یک جهش رو به جلو در فناوری اتصال فلزات و به خصوص آلومینیم و منیزیم به شمار آمده و کاربرد گسترده ای در صنایع نیرو محرکه به طور عام و صنعت هواپیماسازی به طور خاص دارد.

از مزیت های فرایند جوشکاری اصطکاکی اغتشاشی می توان به عدم رخداد ذوب و فقدان عیوب مربوطه، اعوجاج پایین، استحکام اتصال بالا، عدم نیاز به مواد مصرفی، سرعت جوشکاری و صرفه اقتصادی مناسب، مصرف کم انرژی، کیفیت و ظاهر جوش مناسب، وجود منطقه متأثر از حرارت کم عرض و دانه ریز و عملیات جوشکاری تمیز و بدون آلودگی اشاره نمود.

از محدودیت های فرایند جوشکاری اصطکاکی اغتشاشی می توان به تجهیزات پیچیده و گران، محدودیت در ضخامت، محدود به استفاده در کارگاه و محدود به استفاده جهت ایجاد اتصال (و نه سازه) اشاره کرد.

نکته: اغلب فرایندهای حالت جامد برای ساخت اتصال منفرد مناسب بوده و امکان استفاده از آنها در ساخت سازه وجود ندارد.

پارامترهای اصلی فرایند جوشکاری اصطکاکی اغتشاشی

- سرعت حرکت دورانی پین
- سرعت حرکت خطی پین
- میزان انحراف ابزار از خط عمود بر سطح فلز پایه
- نیروی عمودی وارد بر ابزار توسط دستگاه

1 Rotary Friction Welding

2 Linear Friction Welding

3 Friction Stir Welding - FSW