بنام خدا

نظارت بر اجرای ساختمانهای بتن آرمه

(ضوابط قالب بندی و قالب برداری در بتن)

حمیدرضا فرشچی

سال ۱۳۹۴

فهرست مطالب

قالب‌بندی و قالب‌برداری

۱- شناخت انواع قالبها از لحاظ نوع جنس و مصالح و موارد کاربرد هر یک از آنها

۲- شناخت اجزای قالبهای افقی و قائم (بدنه اصلی، سفت کننده ها، افقی و مایل نگهدارنده، پایه ها و شمعها و . . .)

۳- قالبهای ویژه (میزی، متحرک، یکپارچه و لغزان)

٤- شناخت بارهای وارد بر قالب (بارهای قائم، بارهای جانبی، بارهای ویژه)

٥-عوامل تأثیرگذار در بارهای وارد بر قالب (نوع سیمان، افزودنی‌ها، درجه حرارت و . . .)

٦-انتخاب سیستم مناسب قالب با توجه به عوامل مربوطه

۷- طراحی اجزای قالبهای افقی و قائم (تیر، دال، ستون و دیوار)

۸- ضوابط مربوط به زمان قالب برداری

۹- نکات ویژه قالب برداری

همراه

۰۹۱۲-۳۷۱۴۷۱۷

ایمیل

1)hamidreza_farshchi@Yahoo.com

2)h.farshchi@iiees.ac.ir

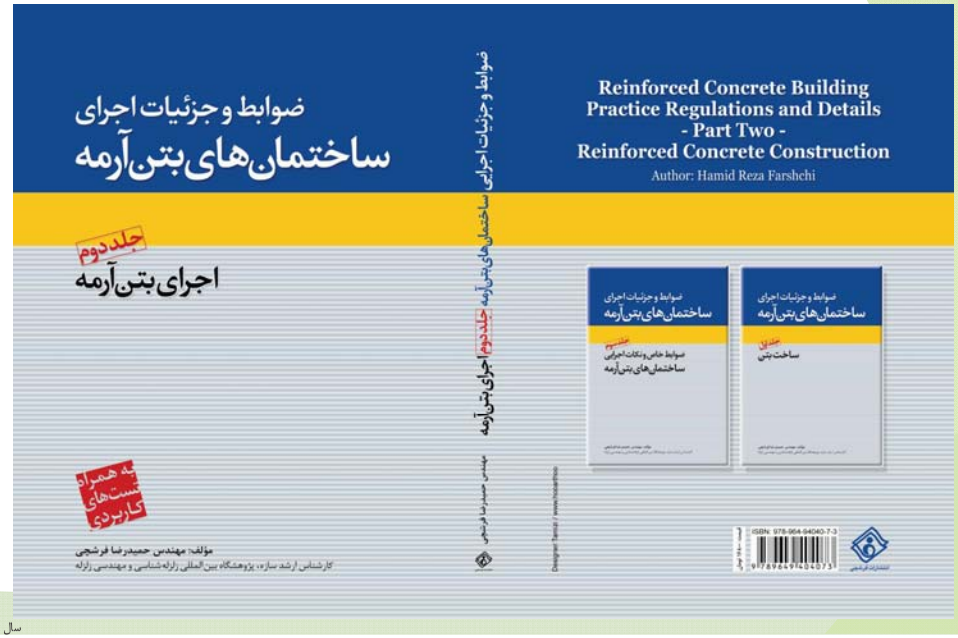
محل کار:

پژوهشگاه بین المللی زلزله شناسی و مهندسی زلزله
International Institute of Earthquake Engineering and Seismology

WWW.IIEES.AC.IR

معرفی منابع

فصل سوم ص ۱٤٥ الی ۲۸۳
با تست های شماره ۱۰۸ الی ۲٥٦ ص ٦٦٦ الی ٦۹۱



۳-۱ کلیات

مهم ترین مشخصات انتخاب نوع قالب:

۱- سرعت نصب ۲- کاربرد مکرر

در سیستم قالب بندی صنعتی:

۱- سرمایه گذاری اولیه بیش‌تر نسبت به قبل

۲- تمرکز بر بهبود کیفیت نمای بتن

۳- افزایش سرعت قالب‌بندی و بازکردن آن

۴- استفاده ی مکرر

۵- نیروهای ناشی از بتن‌ریزی بر قالب ها نیز افزایش پیدا کرده است.

واژه‌ها و عناوین مورد استفاده در این فصل به‌شرح زیر تعریف می‌شوند:

۳-۱-۱ قالب

قالب، سازه ای موقتی است که برای در برگرفتن بتن قبل از سخت شدن و کسب مقاومت کافی برای تحمل بار خود استفاده می‌شود [۱- بند ۹-۹-۱-۱-۱].

۳-۱-۲ مجموعه قالب‌بندی

قالب مجموعه ای است که برای نگهداری بتن در شکل مورد نظر به‌کار می‌رود. مشتمل بر رویه قالب، بدنه قالب، پشت‌بندها، کلاف‌ها، چپ و راست‌ها، حایل‌ها، پایه‌های قائم، کمرکش‌های افقی، فاصله نگهدارها و نظایر آن است [۱- بند ۹-۹-۱-۱-۲].

- ✓ عملیات تهیه، ساخت و نصب قالب را قالب بندی و جمع آوری آن را به قالب برداری می‌نامند.
- ✓ ساخت قالب، نصب، نگهداری و جمع آوری آن پرهزینه است به‌طوری که ۳۰ الی ۵۰ درصد هزینه برپایی هر اسکلت بتنی می‌تواند به قالب بندی اختصاص یابد [۱۱].

۳-۱-۳ داربست Scaffold

داربست سازه ای موقت است که برای نگهداری قالب در موقعیت مورد نظر، سکوهای کار و تحمل بارهای حین اجرا برپا می‌شود. این سازه موقتی مشتمل بر شمع‌بندی، پایه‌های قائم، صفحات افقی، بادبندها، زیر سری‌ها و نظایر آن می‌باشد [۱- بند ۹-۱۲-۱-۲-۷]. داربست های متداول در سه نوع زیر اجرا می‌شوند:

۳-۱-۳-۱ داربست سنتی

۳-۱-۳-۲ داربست مثلثی (اُمگا)

۳-۱-۳-۳ داربست چکشی

۳-۱-۳-۱ داربست سنتی

از اتصال لوله های داربستی به قطر ۵۰ میلی متر در طول های مختلف و بست‌های چهارپیچ تشکیل می‌گردد. این نوع داربست، متداول‌ترین داربست مورد استفاده در داربست‌بندی و قالب‌بندی است لیکن دارای ایمنی کافی نیست. لوله های داربستی از نوع لوله‌های درز جوش با ضخامت‌های مختلف و اتصالات آن از جنس چدن نشکن تشکیل شده است [۱۰].

۳-۱-۳-۲ داربست مثلثی (اُمگا)

یکی از داربست های کاربردی با ایمنی بالا در پروژه های بزرگ، داربست مثلثی (اُمگا) است. این نوع داربست از قاب های مثلثی تشکیل شده است که به صورت نر و ماده به یکدیگر متصل می‌شوند و در قالب بندی دال یا تیر و هم چنین پل ها به کار می‌روند [۱۰].

مزایای این نوع داربست عبارتند از:

- سهولت در باز و بسته کردن و عدم نیاز به آچار برای بستن اتصالات
- باربری بسیار زیاد در قالب بندی دال‌های بتنی به لحاظ داشتن عضوهای مورب ثابت
- عدم نیاز به کارگر ماهر در مونتاژ کردن قطعات داربست
- سهولت در جابه‌جایی و انتقال آن به دلیل سبک بودن قطعات

۳-۱-۳-۳ داربست چکشی

این نوع داربست از پایه‌های قائم و مهارهای افقی در اندازه‌های مختلف تشکیل شده است. عضوهای قائم این نوع داربست ها در طول های ۳، ۲/۵، ۱/۵و ۱ متر تولید می‌شوند و با قراردادن سرجک‌های قابل تنظیم در قسمت بالایی و پایه جک های قابل تنظیم در قسمت پایین داربست برای هر ارتفاع و اختلاف ترازی قابل تنظیم می‌باشد [۱۰]

نصب مهارهای افقی بر پایه‌های داربست به سادگی و با ضربه‌ی چکش امکان‌پذیر است و اتصال پایه‌های داربست به یکدیگر با مغزی و پین میسر خواهد شد [۱۰]. داربست چکشی به نسبت داربست مثلثی دارای مقاومت جانبی کم‌تری می‌باشد.

مهم‌ترین مزایای استفاده از داربست‌های چکشی در ادامه آمده است:

- سهولت و سرعت در باز و بسته شدن و عدم نیاز به آچار جهت بستن اتصالات
- قابل توسعه در پلان و در ارتفاع بدون محدودیت و عدم نیاز به مهاربندی در ارتفاع‌های زیاد
- قابل استفاده در داربست‌بندی نمای ساختمان‌ها و یا تأسیسات پالایشگاهی و غیره
- توان باربری زیاد در قالب بندی دال های بتنی
- عدم نیاز به کارگر ماهر در مونتاژ کردن قطعات داربست
- سهولت در جابه‌جایی و انتقال آن به دلیل سبک بودن قطعات
- قابل استفاده در قالب بندی سقف های قوسی و غیر همسطح

- میلگردها و سایر اجزا و قطعاتی را که داخل بتن قرار می‌گیرند در محل مورد نظر نگاه دارد، در برابر نیروهای ناشی از لرزاندن و مرتعش ساختن بتن مقاومت کند و بدون آسیب رساندن به بتن از آن جدا شود.
- قالب باید قابلیت حمل و نقل با وسایل موجود یا در صورت لزوم با نیروی انسانی را داشته باشد.
- قالب باید مقاومت خوبی در برابر ضربه خوردن داشته باشد بدون آنکه آسیبی به خود یا بتن وارد کند.
- قالب باید طوری طراحی و ساخته شود که به آسانی و با سرعت و ایمنی قابل نصب و برداشتن باشد تا در زمان و هزینه به‌نحو مطلوب صرفه جویی شود.
- ترتیب قرار گرفتن قالب باید به نحوی باشد که مسیر حمل و مصرف بتن را مسدود نسازد.

۳-۱-۴ عملکردهای قالب [۱- بند ۹-۱۲-۱-۳]

- قالب باید بتن را در شکل مورد نظر در محدوده ی رواداری‌های مجاز نگاه دارد، به‌سطح آن نمای دلخواه بدهد و وزن بتن را تا زمان سخت شدن و کسب مقاومت کافی تحمل کند.
- قالب باید در برابر نیروهای ناشی از وزن و فشار بتن، به‌خوبی محاسبه شده و ایمنی لازم را داشته باشد.
- بتن را در برابر صدمات مکانیکی حفظ کند.
- از کم شدن رطوبت بتن و نشت شیره ی آن جلوگیری نماید.
- عایقی مناسب در برابر سرما و گرمای محیط باشد.

۳-۱-۵ نقشه‌ها و مشخصات

نقشه‌های قالب و داربست باید برای سازه‌های خاص و پیچیده یا هر مورد ضروری دیگر، با مراعات تمامی جوانب از قبیل ضوابط طراحی قالب مطابق بند (۳-۴) و رواداری‌ها مطابق بندهای (۳-۱-۶) و (۳-۵-۲) تهیه شوند.

۳-۱-۶ رواداری‌ها [۱- بند ۹-۱۲-۱-۴]

حتی با صرف وقت و دقت زیاد، هم‌چنان خطاهایی در اجرای قالب‌بندی محتمل است لذا ضوابط موجود تأکید دارند که رواداری‌ها را باید تا حد امکان و تا جایی که اهداف پیش‌بینی شده برای کل سازه یا هر قسمت از آن در حدی که غیر قابل قبول تلقی نشود، بزرگ اختیار کرد. مبنای سنجش خطاهای احتمالی نقاط و خطوطی است که در شروع کار ایجاد و تا پایان کار به نحوی مقتضی حفظ می‌شوند. چنانچه رواداری‌ها توسط طراح تعیین نشده باشد، انحراف ابعاد و موقعیت قالب‌ها نباید از حدودی معین تجاوز کند. حدود رواداری‌های قالب‌ها برای ساختمان‌ها و قطعات متداول بتن‌آرمه در جدول (۳-۱) درج شده‌اند:

جدول (۳-۱): رواداری‌های سازه‌های بتنی متعارف

ردیف	شرح		رواداری
۱	انحراف از امتداد قائم	الف) در لبه و سطح ستون‌ها، پایه‌ها. دیوارها، نبش‌ها وکنج‌ها	۶ میلی‌متر در هر ۳ مترطول حداکثر ۲۵میلی‌متر در کل طول
		ب) برای گوشه نمایان ستون‌ها، درزهای کنترل، شیارها و دیگر خطوط برجسته نمایان و مهم	۶ میلی‌متر در هر ۳ متر طول حداکثر ۱۲میلی‌متردر کل طول
۲	انحراف از سطوح با ترازهای مشخص شده در نقشه‌ها	الف) در سطح زیرین دال‌ها، سقف‌ها، سطح زیرین تیرها، نبش‌ها و کنج‌ها قبل از برچیدن حایل‌ها	۶ میلی‌متر در هر ۳ متر طول ۶ میلی‌متر در هر چشمه یا هر ۶ متر طول حداکثر ۱۹ میلی‌متر در کل طول
		ب) در نعل درگاه‌ها، زیرسری‌ها، جانپناه‌های نمایان شیارهای افقی و دیگر خطوط برجسته نمایان و مهم	۶ میلی‌متر در هر ۶ متر طول حداکثر ۱۲ میلی‌متر در کل طول
۳	انحراف ستون‌ها، دیوارها و تیغه‌های جدا کننده از موقعیت مشخص شده در پلان ساختمان	در هر چشمه	۱۲میلی‌متر
		در هر شش متر طول	۱۲میلی‌متر
		حداکثر در کل طول	۲۵ میلی‌متر
۴	انحراف از اندازه و موقعیت بازشوهای واقع در کف و دیوار و غلاف‌ها		۶ ±میلی‌متر
۵	اختلاف در ابعاد ستون‌ها، مقطع عرضی ستون‌ها و تیرها و ضخامت دال‌ها و دیوارها	الف) در جهت نقصانی	۶ میلی‌متر
		ب) در جهت اضافی	۱۲میلی‌متر

ادامه جدول (۳-۱): رواداری‌های سازه‌های بتنی متعارف

ردیف		شرح		رواداری
۶	پی‌ها	الف) اختلاف اندازه‌های در پلان	نقصانی	۱۲میلی‌متر
			اضافی	۵۰ میلی‌متر
		ب) جابه‌جایی یا خروج از مرکز	دو درصد عرض شالوده در امتداد طول مورد نظر مشروط بر آن‌که بیش از ۵۰ میلی‌متر نباشد.	
		پ) ضخامت	کاهش ضخامت نسبت به آنچه تعیین شده	۵ درصد
			افزایش ضخامت نسبت به آنچه تعیین شده	محدودیتی ندارد
۷	پله‌ها	الف) در تعداد معدودی پله	ارتفاع پله	۳ ±میلی
			کف پله	۶ ±میلی‌متر
		ب) در پله‌های متوالی	ارتفاع پله	۱/۵ ±میلی‌متر
			کف پله	۳ ±میلی‌متر

۳-۲ اهداف انتخاب نوع قالب

- ✓ **نمای ظاهری بتن** (نمای سطح بتن تابعی از وضعیت سطحی قالب است. در بتن نما (بتن اکسپوز) این موضوع اهمیت خاصی پیدا می‌کند)
- ✓ **هزینه** (قیمت اولیه قالب، لوازم جانبی، کارگران قالب‌بند و نظارت)
- ✓ **استفاده مجدد** (قابلیت استفاده ی مجدد از قالب، عامل اصلی در کاهش هزینه ی واحد سطح قالب بندی است)
- ✓ **تدارکات** (تجهیز مصالح و نیروی انسانی به روشی سازمان یافته در محدوده ی زمانی مشخص را تدارکات می‌نامند)
- ✓ **بهره دهی** (مقدار مترمربع قالب اجرا شده به ازای هر ساعت کار نیروی انسانی را بهره دهی گویند)

اولویت رعایت مشخصات فوق از دید عوامل دخیل در پروژه متفاوت است.

۳-۲-۱ نمای ظاهری

نمای سطح بتن تابعی از وضعیت سطحی قالب است. در بتن نما (بتن اکسپوز) این موضوع اهمیت خاصی پیدا می‌کند. در واقع بتن شکلی را به خود می‌گیرد که سطح قالب دارا می باشد. با توجه به محدودیت‌های ساخت و اجرای قالب، حصول هر شکل دلخواه در نمای دیوار امکان‌پذیر نیست و برای رسیدن به نمای مورد نظر، برقراری همکاری و هماهنگی بین طراح سازه، طراح قالب و اجرا کننده لازم است.

۳-۲-۲ هزینه

هزینه ی عملیات قالب بندی شامل قیمت اولیه قالب، لوازم جانبی، کارگران قالب‌بند و نظارت می‌باشد. گاهی مواقع قالبی با قیمت اولیه کم‌تر، مخارج کارگری و نظارت بیش‌تری نسبت به قالب گران تر دارد که این موضوع توجیهی برای خرید قالب گران‌تر می باشد. برای این که توجیه استفاده از قالب گران‌تر امکان‌پذیر باشد لازم است دفعات استفاده ی مجدد، تدارکات، لوازم جانبی و در نهایت بهره دهی آن بیش‌تر باشد. قبل از شروع کار، بایستی ارزیابی قالب انجام شود در غیر این صورت هزینه تعجیل یا تعویض سیستم قالب بندی حین کار نیز بر مخارج افزوده می شود.

۳-۲-۳ استفاده ی مجدد

قابلیت استفاده ی مجدد از قالب، عامل اصلی در کاهش هزینه ی واحد سطح قالب بندی است. قالبی با هزینه ی اولیه گران، وقتی دارای توجیه اقتصادی است که قابلیت تکرار بالایی داشته باشد. یکی از عوامل توجیه کننده ی قالب‌های فلزی همین مسأله است. به‌عنوان مثال خرید قالبی با قیمت ۴۸۰۰۰ واحد که ۲۰ بار قابلیت تکرار دارد، هم ارز خرید قالبی با قیمت ۹۶۰۰ واحد با ۴ بار قابلیت تکرار است [۱۲].

۳-۲-۴ تدارکات

تجهیز مصالح و نیروی انسانی به روشی سازمان یافته در محدوده ی زمانی مشخص را تدارکات می‌نامند. در این خصوص مطالب و برنامه‌های رایانه ای متعددی وجود دارد، لیکن هنوز هم قالب‌بندی و نیروی کارگری مربوط به آن از بخش‌های پُر خطر در هزینه‌های پیمانکاری است. کنترل و کاهش این ضریب خطر با همکاری و همفکری بین پیمانکار و طراح قالب امکان‌پذیر است، تا بدین وسیله کاهش هزینه‌های قالب‌بندی از منظر تدارکات در بلند مدت آشکار شود.

۳-۲-۵ بهره دهی

مقدار مترمربع قالب اجرا شده به ازای هر ساعت کار نیروی انسانی را بهره دهی گویند. با افزایش بهره‌دهی، سود پروژه افزایش می‌یابد. برای رسیدن به بهره دهی مناسب، هماهنگی و ارتباط تنگاتنگ بین عوامل مؤثر در اجرای قالب‌بندی ضرروی است.

۳-۳ مصالح و اجزای قالب

- آگاهی از انواع مصالح مورد استفاده در قالب بندی خصوصاً مصالح نوین در بهینه شدن طرح قالب بندی کمک زیادی می کند.
- هم‌چنین شناخت اجزای قالب، روش های اجرایی و نیروهای وارد بر آن‌ها نیز در انتخاب نوع قالب‌بندی مؤثر خواهد بود.

۳-۳-۱ مصالح قالب

مصالح مناسب برای قالب را باید با توجه به ملاحظات اقتصادی، ایمنی و سطح تمام شده مورد نظر انتخاب کرد. مشخصه‌های فیزیکی و مکانیکی مصالح باید در ساخت قسمت‌های مختلف مانند بدنه، رویه، ملحقات، اجرای نگهدارنده قالب و نظایر آن مورد توجه قرار گیرند [۱- بند ۹-۹-۲].

۳-۳-۱-۱ قالب آجری
۳-۳-۱-۲ قالب چوبی
۳-۳-۱-۳ قالب فولادی
۳-۳-۱-۴ قالب آلومینیومی
۳-۳-۱-۵ قالب فایبرگلاس
۳-۳-۱-۶ قالب پلاستیکی
۳-۳-۱-۷ قالب مقوایی
۳-۳-۱-۸ قالب بتنی
۳-۳-۱-۹ دیگر مصالح

۳-۳-۱-۱ قالب آجری

قالب با مصالح آجری برای شالوده و دیوارهای حایل مجاور خاک مورد استفاده قرار می‌گیرد. در اجرای این اعضا برحسب ارتفاع بتن در قالب و نیز نیروهای وارده، یک دیوار به ضخامت ۱۰ یا ۲۰ سانتی‌متری احداث می‌شود.

❖ برای جلوگیری از مکیده شدن آب توسط آجرها و کرمو شدن بتن، قبل از بتن‌ریزی باید یک لایه ورق نایلونی روی سطح دیوار نصب کرد. در صورتی که امکان اجرای این کار نباشد، باید سطح آجرها را کاملاً آب پاشی نمود. هم‌چنین باید دقت نمود تا آب در قالب‌ها جمع نشود.

❖ عموماً به علت استفاده از آجر دست دوم، ملات ضعیف، عوامل اجرایی غیر متخصص و برخی دیگر؛ هزینه این قالب‌بندی به مراتب کم‌تر از هزینه آجرچینی سازه ای (روش اصولی) می شود.

در برخی موارد خاص، خاک محل پی‌کنی دارای پایداری نسبی و سخت می‌باشد. از این رو قابلیت تراشیدن و شکل دهی براساس ابعاد فونداسیون را دارد. در این صورت نیازی به هیچ نوع قالب بندی نبوده و تنها با اجرای پوشش نایلونی بر سطوح خاک، هر گونه اتصال بتن با خاک قطع می شود (شکل ۳-۸).

۳-۳-۱-۲ قالب چوبی

چوب از مصالح متداول و قدیمی در قالب‌بندی محسوب می‌شود.

مزایای قالب چوبی: بومی بودن، سبک بودن، سهولت اجرا، سرعت اجرای بالا در محل نصب، هزینه اولیه نسبتاً کم، تدارکات اندک، مقاومت مناسب (فشاری، کششی و برشی)، ضریب حرارتی کم (در فصل سرما و گرما)، عدم نیاز به ابزار و تجهیزات خاص، صیقلی بودن سطح آن و سادگی اتصالات آن می‌باشد.

معایب چوب: دفعات استفاده مجدد اندک (بین ۵ تا ۲۰ مرتبه، که نوع مصالح، کیفیت ساخت و نگهداری بسیار مؤثر است مثلاً در صورت استفاده از تخته سه لایی تا ۵۰ بار می‌توانند مورد استفاده قرار گیرند)، نگهداری، دورریزی زیاد مصالح و خطر آتش سوزی از مهم‌ترین ضعف‌های این نوع مصالح است.

همچنین برای قالب بندی، چوب درختان سوزنی برگ (چوب روسی) که سبک‌تر و نرم‌تر از چوب درختان پهن برگ می باشد، مناسب‌تر است. برخی از مهم ترین موارد مصرف چوب در قالب‌بندی به همراه دیگر مشخصات هندسی آن در جدول (۳-۲) آمده است.

جدول (۳-۲): موارد مصرف و مشخصات هندسی چوب در قالب‌بندی

نوع قطعه	اصطلاح قالب بندی	مورد مصرف	ابعاد مقطع (میلی‌متر)
الوار	تخته	رویه ی قالب	۲۵×۲۰۰ - ۱۰۰×۲۰ ۲۵×۱۵۰-۳۰×۱۵۰
تخته لایه	چند لایی	رویه ی قالب	۶≈×۳۰×۱۲۰۰×۲۴۰۰
چهار تراش	پشت‌بند	انواع پشت‌بندهای افقی و قائم	به صورت مربع با ابعاد ۵۰، ۷۵، ۱۰۰، ۱۲۵ و ۱۵۰
شمع چوبی	چوب گرد	شمع، پایه، وادار	با قطرهای ۵۰ تا ۱۵۰

امروزه چوب یا فرآورده های آن به صورت تخته چندلا برای تمام کارهای قالب‌بندی مانند؛ کلاف، پشت‌بند، رویه و پایه‌های اطمینان مورد استفاده قرار می‌گیرد (تصویر ۳-۹).

تخته چندلا از لایه‌های نازک چوب که توسط چسب های مخصوص تحت فشار و گرما به یکدیگر پرس شده اند تشکیل می‌شود. در ساخت چندلایی از تعداد لایه های فرد و عمود بر هم استفاده می‌شود تا با تنیده شدن لایه‌ها در یکدیگر مقاومت برشی آن افزایش یابد. این ورق ها در برابر نفوذ رطوبت و ضربات ناشی از ویبراتور حساس هستند لذا با اجرای روکش لاکی روی سطوح چندلایی از نفوذ رطوبت به آن‌ها جلوگیری می‌شود. مشخصات مکانیکی چند لایی ها برحسب کارخانه سازنده متغیر می باشد (تصاویر ۳-۱۰).

از دیگر فرآورده های چوب نئوپان، نئوپان فشرده (MDF) و فیبر می باشند. نئوپان از اختلاط خرده چوب ها با چسب، تحت فشار و حرارت در قالب ساخته می شوند. از این محصول به علت حساسیت بالا به رطوبت معمولاً در قالب بندی استفاده نمی‌شود. هم‌چنین کاربرد نئوپان فشرده نیز که از خمیر چوب تحت فشار بسیار زیاد ساخته می‌شود، نسبت به سایر مصالح قالب سازی غیر اقتصادی است. فیبر نیز نوعی نئوپان فشرده محسوب می شود که در ضخامت های اندک تولید شده و در قالب بندی به عنوان رویه و به صورت یک بار مصرف به کار می رود.

ضوابط اجرایی: چوب مصرفی برای قالب باید صاف، بدون پیچ و تاب، سالم و بدون گره باشد. از مصرف چوب تازه برای قالب‌بندی باید خودداری شود [۱- بند۹-۹-۲]. تغییرات رطوبت در چوب باعث اعوجاج و غیرقابل استفاده شدن چوب می شود (اشکال ۳-۱۱).

مناسب ترین روش نگهداری قالب چوبی، تمیز کردن سطوح قالب از شیره ی بتن پس از باز کردن و آغشته کردن سطوح به روغن سوخته (مواد نفتی سنگین) و در نهایت نگهداری مناسب (روی هم چینی) آن‌ها دور از تابش آفتاب و نزولات آسمانی می‌باشد.

قالب‌ها باید در حد و اندازه ای ساخته شوند که حمل آن‌ها با وسایل موجود در کارگاه و نیروی انسانی امکان‌پذیر باشد. در هنگام ساخت، نصب و بتن‌ریزی نیاز به دقت زیادی است تا به سطوح نرم و لبه‌ها آسیب نرسد، به خصوص دقت بیش‌تری برای قالب برداری و انبار کردن قالب‌ها لازم است [۷]. چنانچه ضخامت تخته در بدنه قالب، روی نقشه‌ها مشخص نشده باشد، حداقل ضخامت برای قالب سطوح زیرین، ۳۰ میلی‌متر و برای قالب سطوح قائم، ۲۵ میلی‌متر خواهد بود [۲].

در دیگر شرایط بهره‌برداری که درصد رطوبت دچار نوسان شده یا مدت زمان بارگذاری کم‌تر یا بیش‌تر از ۱۰ سال است، لازم است مقادیر جدول (۳-۳) برای رطوبت و تداوم بار طبق جداول (۳-۴) و (۳-۵) اصلاح شود [۱۲].

جدول (۳-۴): ضریب اصلاح تداوم بار

مدت زمان اعمال بار	نوع بار	ضریب اصلاحی
دایمی	بار مرده	۰/۹
۱۰ ساله	بار زنده	۱
۲ ماهه	بار برف	۱/۱۵
۷ روزه	بار کوتاه مدت مثل قالب بندی	۱/۲۵
۱۰ دقیقه	بار باد و زلزله	۱/۶
ضربه	بار ضربه ای و لرزشی	۲

جدول (۳-۵): ضریب اصلاح رطوبت برای بیش از ۲۰ درصد

خمش	کشش مستقیم	فشار		برش	مدول ارتجاعی
		در راستای الیاف	در امتداد عمود		
۰/۸۵	۱	۰/۸	۰/۶۷	۰/۹۷	۰/۹

۳-۳-۱-۳ قالب فولادی

با پیشرفت صنعت ساختمان سازی و کمبود منابع چوب همراه با افزایش قیمت چوب، استفاده از قالب‌های فلزی در دنیا بسیار رایج شده است. در مواردی که حجم کار زیاد و تنوع سطوح و ابعاد کم باشد، استفاده از قالب‌های فولادی کاملاً به صرفه خواهد بود. بهای اولیه ی این قالب‌ها نسبتاً زیاد است ولی عمر زیاد آن‌ها این مسأله را توجیه می‌نماید (تصاویر ۳-۱۲).

مشخصات چوب: رفتار مکانیکی و مقاومتی چوب به جنس و منشاء آن وابسته است. هم‌چنین مقاومت چوب در راستای الیاف متفاوت از راستای عمود بر الیاف است. در شرایط عادی و معمول بهره‌برداری (در شرایطی که رطوبت محیط کم‌تر از ۲۰ درصد و مدت زمان تداوم بار حدود ۱۰ سال فرض شود)، مشخصات مکانیکی چوب مطابق جدول (۳-۳) در نظر گرفته می‌شود [۱۲].

جدول (۳-۳): مشخصات مکانیکی چوب

مشخصات	تنش مجاز (N/mm^2)	مقادیر توصیه شده (N/mm^2)
تنش خمشی مجاز	۶-۱۳	کشش خمشی در دهانه‌ی ساده ۷ کشش خمشی در دهانه‌ی یکسره ۷/۵ کشش ساده در راستای الیاف ۶
تنش برشی	۱-۱/۳	۰/۸
فشار در امتداد عمود بر الیاف	۳-۴/۵	۲
فشار در امتداد الیاف	۸-۱۳	$F_a = \frac{3.6E}{\lambda^2} \le 6 \quad \lambda = \frac{l}{r_{min}}$
ضریب الاستیسیته	۹۰۰۰-۱۲۰۰۰	در راستای الیاف ۸۰۰۰-۱۰۰۰۰ در امتداد عمود بر الیاف ۳۰۰

در صورت نگهداری مناسب از قالب‌های فولادی می‌توان به دفعات از آن‌ها استفاده کرد. از معایب این قالب ها تبادل حرارتی بالای آن است که در هوای سرد و گرم، این قالب‌ها حتی‌المقدور باید عایق بندی شده تا از تغییرات حرارتی در آن‌ها جلوگیری شود. برخی از مهم‌ترین مزایا و محدودیت‌های این قالب ها در جدول (۳-۶) آمده است.

برای ساخت قالب‌های فلزی معمولاً از ورق‌های فولادی به‌عنوان رویه و از نیمرخ سبک فولادی به‌عنوان پشت بند استفاده می‌شود و اتصال آن‌ها به کمک خال جوش انجام می‌شود. ضخامت معمول ورق‌های فولادی بین ۱ تا ۴ میلی‌متر متفاوت است (اشکال ۳-۱۳) [۱۲].

ورق‌های فولادی مورد مصرف در قالب بندی از نوع فولاد نرم با حد تسلیم $f_y=240\ N/mm^2$ هستند، اما در برخی موارد از ورق‌های سرد تا شده (نورد شده درحالت سرد) نیز برای ساخت قالب استفاده می‌شود. ورق‌های سرد تا شده معمولاً ضخامت بسیار کمی دارند لذا در محاسبه ی تنش‌های مجاز باید به لاغری اجزای مقطع توجه کافی شود. این اجزا تحت تنش فشاری نسبتاً اندک تمایل به کمانش دارند. در محاسبات و طراحی می‌توان مشخصات مکانیکی فولاد مصرفی در طراحی قالب‌های فلزی را مطابق جدول (۳-۷) درنظر گرفت [۱۱].

جدول (۳-۷): مشخصات فولاد قالب

حد تسلیم (f_y)	تنش خمشی مجاز (F_b)	تنش برشی مجاز (F_v)	تنش فشاری مجاز (F_a)	مدول ارتجاعی (E_s)
$240\ N/mm^2$	$0.6\ f_y$	$0.4\ f_y$	$0.5\ f_y$	$2\times10^5\ N/mm^2$

۳-۳-۱-۴ قالب آلومینیومی

آلومینیوم به دلیل سبکی، سهولت حمل و شکل دهی مناسب آن هر روزه کاربرد بیش‌تری در ساخت قالب پیدا می کند. هزینه ی کار بر روی آلومینیوم برای دستیابی به یک مقطع، نسبت به‌هزینه ی مربوطه برای همین کار در مورد فولاد یا چوب کم‌تر است. آلومینیوم خالص فلز نرمی بوده و ممکن است به سهولت تغییرشکل دهد. لذا امروزه از آلیاژهای سخت آلومینیوم برای تهیه‌ی قالب استفاده می شود.

در قالب‌های آلومینیومی باید از تماس مستقیم بتن با آلومینیوم اجتناب شود [۱- بند۹-۹-۲]. زیرا آلومینیم خالص با واکنش شیمیایی در مجاورت بتن، آثار سوء بر بتن تازه دارد. برخی از مهم‌ترین مزایا و محدودیت‌های این قالب ها در جدول (۳-۸) آمده است.

جدول (۳-۸): برخی از مزایا و محدودیت‌های کاربرد قالب آلومینیومی

مزایا		محدودیت‌ها
سهولت اجرایی در شکل‌دهی قالب	قابلیت کاربرد با تکرار زیاد	تخصصی بودن نصب
سادگی اتصالات	عمر بالا	تبادل حرارتی بالا
دوام زیاد	سطح بسیار صاف	هزینه اولیه نسبتاً زیاد
کارایی خوب	سرعت اجرای بالا	در ابعاد حجیم بسیاری از مزایا از دست می‌رود
سبکی وزن	امکان جمع آوری سریع قالب	
حمل و نقل ساده		

۳-۳-۱-۵ قالب فایبرگلاس

فایبرگلاس یک نوع مصالح مرکب (از خانواده FRP) است. اجزای اصلی آن الیاف شیشه و رزین پلی‌استر می باشد که دارای مقاومت کششی بالایی است. کاربرد این قالب‌ها دارای هزینه ی اولیه نسبتاً زیادی است. که این هزینه نه برای خود مصالح فایبرگلاس بلکه برای قالبی فلزی یا چوبی است که باید قالب سازی شود. در صورت زمان کافی برای قالب‌سازی، ساخت تعداد زیاد قالب فایبرگلاس با شکل یکسان باعث کاهش هزینه و مقرون به صرفه شدن آن می‌شود. با قالب‌های فایبرگلاس می‌توان به شکل‌های زیبایی برای نمای بتنی دست یافت. دقت در اندازه‌ها و رواداری‌ها بسیار اهمیت دارد. هم‌چنین برای دستیابی به سطوح صیقلی بتن، درزهای قالب را قبل از بتن ریزی با ماستیک (چسب‌های درزگیر) هموار نموده تا کوچک ترین خلل و فرجی در آن آشکار نشود.

برای ساخت قالب فایبرگلاس، ابتدا باید یک مدل از قطعه ی مورد نظر ساخته شود. در صورت عدم پیچیدگی در هندسه و ظاهر، مدل را می‌توان از تخته، چندلایی یا فولاد ساخت. در صورتی که هندسه ی قطعه پیچیده بوده و یا ریزه کاری‌های معماری و یا نمای خاصی داشته باشد، مدل اولیه را می‌توان با استفاده از خمیر مجسمه سازی تهیه نمود. مدل فوق باید دارای مقاومت کافی باشد تا در حین قالب‌گیری تغییر شکل ندهد. باید دقت خاصی در ابعاد و هندسه ی مدل نمود، زیرا هر گونه عدم دقت و بروز خطا در تولید قطعات اصلی تکرار خواهد شد [۶].

کیفیت این قالب ها به جهت نیروهای وارده، هزینه ساخت و لزوم تعدد استفاده از آن اهمیت زیادی دارد. اگر قالب با کیفیت باشد (آهن‌کشی و لمینیت شده باشند) تقریباً عمر نامحدودی دارد. معمولاً قالبی که وزن بیش‌تری داشته باشد، کیفیت بهتری نیز دارد. استفاده از این قالب در قطعاتی که دارای شعاع انحنای کوچک بوده یا دارای سطح کاملاً تخت و صیقلی است، مقرون به‌صرفه می‌باشد. برخی از مهم‌ترین مزایا و محدودیت‌های این قالب ها در جدول (۳-۹) آمده است.

جدول (۳-۹): برخی از مزایا و محدودیت‌های کاربرد قالب فایبرگلاس

مزایا		محدودیت‌ها
مقاوم در برابر شرایط جوی	قابلیت کاربرد با تکرار زیاد	تخصصی بودن نصب
مقاومت زیاد در برابر خوردگی	عمر زیاد	حساسیت زیاد نسبت به دقت اندازه
کارایی خوب	سطح بسیار صاف	هزینه اولیه نسبتاً زیاد
سبکی وزن	سرعت اجرای بالا	
حمل و نقل ساده	امکان جمع آوری سریع قالب	زمان گیر بودن ساخت قالب
کاربردی در قطعات کوچک و منحنی مانند کتیبه و نوشته ها		

در اشکال (۳-۱۷) ساخت قالب یک ستون مربع که دارای شکل قالب‌بندی ساده ای است تشریح می‌شود. فایبرگلاس متشکل از لایه‌های یک در میان رزین و الیاف شیشه است. در ابتدا یک قالب از چوب در ابعاد و اندازه‌های قطعه بتنی ساخته می‌شود. سپس یک دست رزین روی قالب چوبی مدل زده شده و روی آن یک لایه الیاف شیشه پهن می‌شود. پس از خودگیری نسبی رزین این کار تا ضخامت کافی تکرار می‌شود و قالب و پشت‌بندها را یکپارچه می‌سازد. در انتها روزنه‌هایی برای دمیدن هوا که سهولت زیادی در قالب‌برداری ایجاد می‌کند به سیستم قالب اضافه می‌شود. با دمیدن هوای فشرده از این سوراخ‌ها، به خصوص در قالب‌های منفی (تو رفته در بتن)، باعث سهولت بسیار در قالب‌برداری می‌شود [۶]. تا مدت‌های مدیدی می‌توان از قالب چوبی مدل برای ساخت قالب فایبرگلاس به صورت فوق بهره برد.

۳-۳-۱-۶ قالب پلاستیکی

برای شکل‌های پیچیده، منحنی و سطوحی که باید چندین دفعه پرداخت گردد قالب‌های پلاستیکی از نوع شیشه ای (شفاف)، لاستیکی و غیره استفاده می‌شود.

هرچند برخی از این نوع قالب‌ها به دفعات می‌تواند استفاده شود، ولی نیاز به توجه خاصی در هنگام جاگذاری و لرزاندن بتن است تا سطح قالب‌ها تغییر شکل ناخواسته ندهد و آسیب نبیند. پس از قالب برداری بلافاصله باید آن‌ها را تمیز نمود. پارچه ای مرطوب برای زدودن گرد و غبار و خمیر سیمان سخت شده بر روی قالب‌ها کافی است. از آنجاکه سطوح این قالب‌ها به آسانی آسیب پذیر هستند نباید از وسایل خراش دهنده برای تمیز کردن آن‌ها استفاده شود.

۳-۳-۱-۷ قالب مقوایی

گاهی اوقات از قالب مقوایی برای ستون‌های دایره ای شکل و ایجاد تعدادی حفره در پل‌ها و دال‌ها استفاده می‌گردد. این نوع قالب‌ها یک بار مصرف بوده و لازم است در موقع استفاده کاملاً مهار شوند تا از تابیدگی و جابه‌جایی آن‌ها در موقع بتن‌ریزی جلوگیری گردد.

۳-۳-۱-۸ قالب بتنی

قالب‌های بتنی، بادوام و صلب هستند. قسمت‌های قابل جابه جایی قالب معمولاً از چوب یا فولاد و قسمت‌های منفی قالب (برجستگی) عموماً با استفاده از چوب و یک اندود بر روی طرح اصلی قالب ساخته می‌شوند. قالب‌های بتنی دارای انعطاف پذیری کم‌تری به نسبت قالب‌های فلزی و فایبرگلاس بوده و به‌همین دلیل مناسب کاربرد مکرر و یا استفاده در طرح‌های ظریف نیستند. وزن زیاد قالب و بتن درون آن، برداشتن قطعه ی تولیدی را مشکل می‌کند، لیکن حساسیت کم‌تری نسبت به تغییرات درجه حرارت دارد. این قالب‌ها عموماً یکبار مصرف بوده و پس از بتن‌ریزی، جزیی از عضو بتنی می‌شوند.

۳-۳-۱-۹ دیگر مصالح

صنعت قالب‌بندی همواره درحال رشد و تکامل است لذا علاوه بر مصالح فوق الذکر، از مصالح متنوع زیادی استفاده می‌شود که علاوه بر سبکی، بسیار مقاوم می‌باشند. قالب‌بندی سطوح منحنی شکل و مدولار نیازمند استفاده از مصالح انعطاف پذیر و در عین حال مقاوم است. استفاده از ورق‌های پلی اتیلن، قالب‌های بادکنکی و دیگر مصالح در ساخت قالبی مقاوم و با دوام مرسوم شده است که هر یک دارای مزایا و معایب خاص خود می‌باشد.

در به کارگیری سایر مصالح نظیر فلزات، لاستیک‌ها، پلاستیک‌ها و غیره، باید مسأله سازگاری مصالح با بتن تازه قبلاً مورد بررسی قرار گیرد. در به کارگیری مصالح نوین برای قالب‌بندی، باید به‌دستورالعمل‌های کارخانه سازنده و نیز مندرجات دفترچه مشخصات فنی خصوصی توجه شود [۲].

۳-۳-۲ اجزای قالب

هر سیستم قالب‌بندی شامل اجزای مختلفی است که لازم است به خوبی طراحی، ساخته و نصب شوند. در ادامه اجزای قالب تشریح می‌شود:

رویه: سطح اصلی قالب را تشکیل می‌دهد و به‌طور مستقیم در تماس با بتن است. این سطح باید کاملاً صاف و صیقلی باشد تا سطح بتن پس از قالب برداری غیر یکنواخت یا به اصطلاح کرمو نباشد. برای رویه از مصالح مختلفی چون چوب، ورق‌های فولادی یا پلی اتیلن استفاده می‌شود. الوارهای مورد استفاده در ساخت رویه باید حداقل دارای ۲ سانتی‌متر ضخامت باشد.

پشت‌بند: قطعات رویه توسط پشت بند به یکدیگر متصل می‌شوند. پشت بند چوبی باید دارای مقطعی قوی‌تر از رویه با حداقل ضخامت ۵ سانتی‌متر باشد. الوارهای رویه توسط پشت‌بندها به‌یکدیگر متصل شده و یکپارچه می‌شوند. می‌توان از پروفیل‌های سبک فلزی نیز به‌عنوان پشت‌بند استفاده کرد. معمولاً پشت‌بندها در دو راستای عمود بر هم در قالب‌بندی مورد استفاده قرار می‌گیرند. همواره یکی از پشت‌بندها رویه را نگهداری کرده و پشت‌بند دیگر عمود بر پشت‌بند اولیه اجرا می‌گردد که یکی را پشت بند افقی و دیگری را پشت بند قائم گویند. پشت‌بندی که پشت‌بندهای متصل به رویه را نگهداری می‌کند به کمرکش نیز موسوم است. توصیه می‌شود که فاصله پشت‌بندهای افقی که به رویه متصل می‌شوند بیش‌تر از ۶۰ سانتی‌متر نباشد. هم‌چنین فاصله پشت‌بندهای قائم (تیر کمرکش) نیز بیش از ۱۵۰ سانتی‌متر نباشد [۱۱].

پانل: ترکیب رویه و پشت‌بند به‌عنوان پانل شناخته می‌شود که در آن از ورق‌های فولادی، چوب یا پلی اتیلن به‌عنوان رویه و از پشت‌بند به‌عنوان سخت کننده استفاده می‌شود. ابعاد پانل بسیار متفاوت است و طوری ساخته می‌شود که به راحتی بتوان آن را حمل و نصب کرد.

استفاده از قالب‌های پانلی سرعت اجرای قالب‌بندی و بازکردن قالب را افزایش می‌دهد [۱۱].

وادار: منظور از وادار، عضوهایی هستند که به صورت مایل برای نگهداری و ثابت نگه داشتن شاقولی بدنه ی قائم قالب استفاده می‌شود.

بدنه ی قالب: قسمتی از قالب است که به صورت قائم نصب می‌شود. بدنه ی قالب به نام گونه ی قالب نیز شناخته می‌شود [۱۱].

کف قالب: قسمتی از قالب است که به صورت افقی نصب می‌شود. کف قالب در تماس مستقیم با بتن قرار دارد و باید کاملاً صاف و صیقلی باشد تا سطح بتن در نما کاملاً صاف و بدون خلل و فرج باشد.

شمع‌ها: اعضای تکیه گاهی قائم یا مایل که برای تحمل وزن قالب بندی، بتن و بارهای اجرایی فوقانی طراحی می‌شوند.

چنانچه شمع‌ها به صورت شاقولی اجرا نگردند، از مقدار ظرفیت تحمل بار آن‌ها به مقدار زیادی کاسته می شود. با شاقول کردن شمع انتهایی بقیه شمع‌ها را توسط بررسی دیداری شاقول می‌نماییم.

جنس شمع ها عموماً بر دو نوع چوبی و فولادی است، اجزای شمع چوبی به ترتیب عبارتند از:

۱-کلاهک یا سر شمع،

۲- **دستک چپ و راست** (برای مهار کردن شمع و پایه‌های نگهدارنده قالب در مقابل جابه‌جایی و تغییر مکان)،

۳- **پایه شمع** (گرد یا چهارگوش) ۴- گوه ۵- تخته زیر سری.

ظرفیت جک‌های فلزی براساس ارتفاع، سطح مقطع و قطر لوله متغیر می‌باشد ولی به‌طور متوسط حدود ۱۵ کیلو نیوتن (۱/۵تن) ظرفیت باربری آن است.

شمع فلزی از چهار قسمت اصلی زیر تشکیل شده:

۱- سر شمع

۲- در برخی موارد دارای دستک چپ و راست است

۳- پایه ی تنظیم شونده (مقطع لوله شکلی که در طول آن سوراخ هایی برای تنظیم تقریبی ارتفاع شمع و در وسط آن پیچ تنظیم نهایی پیش‌بینی شده است)

۴- زیر سری.

- برای پایه‌های شمع، باید حتی الامکان چوب راست و بدون ترک به کار رود. قطر متوسط چوب گرد مصرفی در پایه‌ها، نباید از ۱۰۰ میلی‌متر و در مورد چهارتراش‌ها، از ۸۰ میلی‌متر کم‌تر باشد.
- پایه‌های چوبی تا ارتفاع ۴ متر باید یکپارچه باشند و از ۴ متر به بالا می‌توان از دو اصله چوب استفاده کرد، دراین حالت حداکثر تعداد پایه‌های وصله‌دار یک سوم کل تعداد شمع ها خواهد بود [۲].

- پایه‌های چوبی تا ارتفاع ۴ متر حداقل در یک ردیف باید توسط قیدهایی (مهاربند) به صورت چپ و راست به یکدیگر کلاف شوند [۲].
- از ارتفاع ۴ متر به بالا به ازای هر ۲ متر اضافه، یک ردیف کلاف اضافه منظور خواهد شد [۲].
- از طرفی برای انتقال مناسب بار شمع‌ها به زمین، تخته‌هایی به ضخامت کافی به نام زیرسری، زیر پایه‌ها گذاشته می‌شود. سطح زیرسری باید چنان باشد که فشار وارد بر زمین در هیچ حالت از ۱ کیلوگرم بر سانتی‌مترمربع تجاوز ننماید [۲].

بولت: منظور از بولت در عملیات قالب‌بندی، مفتول‌های دو سر حدیده است که در بدنه دیوارها و ستون‌ها به کار می‌رود تا در برابر فشار جانبی بتن و حرکت قالب به داخل یا خارج مقاومت نمایند.

اتصال بولت‌ها به بدنه قالب همراه با یک صفحه تقسیم فشار خواهد بود. بولت غلاف دار وظیفه ی حفظ فاصله صحیح بین دو دیوار را داشته و از حرکت قالب به داخل جلوگیری می کند.

غلاف وظیفه ی ایجاد مجرا برای عبور بولت را نیز دارا است. اثر غلاف به صورت مجرایی در داخل بتن باقی می ماند و عدم آب بند بودن دیوار را در پی دارد. اعضایی که لازم است آب بند باشند از انواع خاص بولت که به‌همین منظور ساخته شده، استفاده می‌کنند.

نگهدارنده (Spacer): نگهدارنده ها به دو نوع داخلی و خارجی تقسیم می شوند. نگهدارنده داخلی را فاصله نگهدار گویند و برای ایجاد پوشش بتن محافظ روی میلگردها استفاده می‌شود.

فاصله نگهدارها از جنس‌های مختلفی چون PVCیا ملات ماسه سیمان و بتن ساخته می‌شوند و در مرحله قالب‌بندی و میلگرد گذاری، در قسمت‌های مختلف قالب (به طور نامنظم) و در فواصل معین کار گذاشته می‌شوند.

نگهدارنده های خارجی همان‌طور که از نامش پیداست برای تثبیت اجزای قالب و موقعیت آن از بیرون قالب به کار می رود.

۳-۳-۳ انواع قالب

سیستم قالب‌بندی از نظر سازه ای همانند یک سازه باربر عمل می‌کند که باید در مقابل بارهای قائم و جانبی وارد شده به قالب، مقاوم و ایستا باشد. بر این اساس می‌توان روش‌های مختلف ساخت و اجرای قالب‌بندی اعضای بتنی از قبیل فونداسیون، دیوار، ستون و سقف را به‌صورت زیر طبقه بندی نمود.

انتخاب مصالح و نوع قالب‌بندی بر اساس هزینه، شرایط اجرا و امکانات، زمان بندی، حجم و دقت کار صورت می‌گیرد.

۳-۳-۳-۱ قالب منفی

قالبی که بعد از قالب برداری، حفره‌ای در درون بتن به جا بگذارد قالب منفی نامند. دیوارهای مصالح بنایی که خصوصاً در قالب‌بندی فونداسیون از آن‌ها استفاده می‌شود به عنوان بارزترین قالب منفی شناخته می‌شوند. جمع آوری این قالب‌ها پس از خودگیری بتن عموماً توجیه اقتصادی ندارد و ممکن است در زمین باقی بماند.

ماندگاری قالب آجری در مجاورت بتن تا حدودی در کاهش نفوذپذیری بتن در برابر عوامل محیطی مؤثر است. از طرفی عیوب احتمالی در سطح بتن دیده نمی‌شود و باید دقت بیش‌تری در بتن‌ریزی و جا دادن آن به کار برد. این روش متداول ترین نوع قالب‌بندی فونداسیون‌ها می‌باشد.

لازم است جداره قالب قبل از بتن‌ریزی توسط نایلون‌های مناسب عایق‌بندی شود تا از تماس مستقیم بتن با جداره ی آجری و احتمال مکش شیره بتن توسط آجر جلوگیری شود.

۳-۳-۳-۲ قالب سنتی

منظور از قالب سنتی، همان قالب های چوبی قدیمی متشکل از تخته و پشت بند است. صفحه ی رویه‌ی این قالب‌ها معمولاً از الوارهای چوبی به ضخامت ۱۵ تا ۲۵ و عرض ۱۵۰ تا ۲۰۰ میلی‌متر ساخته می‌شود و پشت‌بندهای قائم و افقی آن‌ها چهار تراش‌های چوبی می باشند.

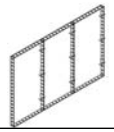
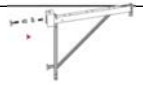
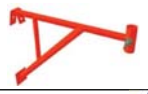
- کلیه تخته ها با میخ های آهنی به یکدیگر متصل می شوند.
- این قالب ها در پای کار دقیقاً مطابق ابعاد قطعه به سهولت توسط قالب ساز نجار ساخته می‌شود و برای قطعه دیگر حتی با همان ابعاد نیاز به تعمیر و بازسازی دارد.
- قبل از رایج شدن قالب های نوین، قالب‌های سنتی تقریباً تنها قالب مورد استفاده در قالب گیری بتن محسوب می شدند.

۳-۳-۳-۳ قالب پانلی (مدولار)

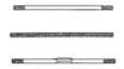
منظور از قالب پانلی، استفاده از قطعاتی آماده است که متشکل از رویه‌های چوبی، فولادی یا فایبرگلاس به‌همراه پشت‌بندهای چوبی یا فولادی به‌عنوان سخت کننده می باشد. ابعاد پانل‌ها بسیار متنوع و مونتاژ آن‌ها به واسطه نحوه اتصال سهل آن‌ها، بسیار سریع و راحت است.

برخی از مهم ترین اجزای تشکیل دهنده ی قالب های پانلی در جدول (۳-۱۰) نشان داده شده است.

جدول (۳-۱۰): اجزای تشکیل دهنده ی قالب پانلی فولادی (مدولار)

نام قطعه و کاربرد	شکل	نام قطعه و کاربرد	شکل
پانل مدولار رویه این پانل‌ها از ورق‌های فولادی ۳ میلی‌متر و تسمه-های پانچ شده پیرامون پانل به ضخامت ۵ میلی‌متر و تسمه‌های سخت کننده پانل از ورق ۳ یا ۴ میلی‌متر می‌باشد. این پانل‌ها دارای ابعاد با مضرب ۵ سانتی‌متر می‌باشند. درطول‌های ۱۵۰، ۱۰۰ و ۲۰۰ سانتی‌متر تولید می گردند.		جک سقفی جهت قالب‌بندی سقف‌ها اعم از دال‌های بتنی و تیرچه بلوک از جک‌های سقفی استفاده می‌گردد.	
سولجر در قالب‌بندی دیوار به‌عنوان پشت‌بند عمودی و درقالب‌بندی تیر و دال به‌عنوان عضو باربر به کار می‌روند.		سر جک T شکل برای انتقال عمودی بارهای وارده، از پروفیل‌های فولادی به صورت دستک در سر شمع استفاده می‌شود.	
براکت با استفاده از براکت و جک‌های شاقول کننده و سکوی بتن‌ریزی می‌توان پایداری سیستم قالب‌بندی و سهولت بتن‌ریزی در ارتفاع را تأمین کرد.		کفشک داربست در انتهای ستون‌های داربست برای پخش مناسب نیرو روی سطح زمین قرار می‌گیرد.	
جک شاقول کننده برای گونیا کردن قالب‌های عمودی و سولجرها کاربرد دارد.		لوله داربستی لوله‌های داربستی به قطر ۵۰ میلی‌متر در طول‌های مختلف توسط بست‌های چهارپیچ به یکدیگر متصل می‌شوند.	
سکوی بتن ریزی این قطعه به آخرین ردیف لوله پشت‌بند افقی متصل شده و برای عبور و مرور ایمن کارگران در بالای سیستم قالب‌بندی در هنگام بتن‌ریزی استفاده می‌شود.		جک قابل تنظیم این جک‌ها به سیستم پیچ و مهره خاصی در بدنه اصلی مجهز هستند که توسط پین حدود ارتفاعی جک تنظیم و با چرخاندن مهره بزرگ به دور پیچ باعث تنظیم مورد نظر می‌شود.	
پیچ تنظیم در دو سر شمع حمایتی برای تنظیم شمع کاربرد دارد.		شمع حمایتی مهارهایی است که در فشار و کشش کارایی داشته و از مقاطع سولجرها و پیچ‌های تنظیم تشکیل می‌شود.	
پین برای اتصال قطعات داربست مثلثی کاربرد دارد.		پین فنری برای تنظیم جک‌های شاقول کننده کاربرد دارد.	

ادامه جدول (۳-۱۰): اجزای تشکیل دهنده ی قالب پانلی فولادی (مدولار)

نام قطعه	شکل	نام قطعه	شکل
بیشی سوراخدار برای اتصال صفحات پانل در گوشه‌ها کاربرد دارد.		**سهپه خروسکی** از این قطعه جهت اتصال واشر به پشت‌بند استفاده می‌گردد.	
کاور بولت یک قطعه استاندارد است که برای آب-بندی محل بولت در دیوارها به کار می‌رود.		**واشر دو لوله** برای مهار بولت در مواقعی که به جای سولجر از دو لوله جهت پشت‌بند قالب استفاده می‌شود.	
بولت دو سر دنده در مهارهای قالب و با طول‌های مختلف به-کار می‌رود.		**واشر تخت** برای مهار بولت در پشت سولجر استفاده می‌گردد.	
بولت عصایی برای اتصال سولجر به لوله پشت‌بند افقی به کار می‌رود.		**گیره فولادی** برای اتصال صفحات قالب به‌کار می‌رود.	
میل بولت آب بند فلزی برای اعضایی که باید آببند باشند از این بولت‌ها استفاده می‌شود تا ضمن تثبیت موقعیت قالب‌ها از نشت آب از محل نصب بولت جلوگیری شود.		**گیره لوله به لوله** این گیره برای اتصال دو لوله عمود بر هم به کار می‌رود. بیش‌ترین کاربرد این قطعه در اتصال قیدهای لوله‌ای درقالب‌بندی ستون می‌باشد.	
بولت بیرونی مهاری است که در امتداد میان بولت آببند بوده و بیرون قالب با پیچ خروسکی بسته می‌شود تا قالب‌ها را در جای خود نگه دارد.		**پیچ و گوه** گوه‌های نر و ماده گالوانیزه که جهت اتصال قالب‌ها به یکدیگر به کار می‌روند.	
فیکسچر برای کارهای سبک و سریع کاربرد داشته و قیمت بسیار مناسب، استحکام کافی و اندازه‌های متنوع از مزایای اسپیسر فیکسچر محسوب می‌شود.		**گیره بلند** اگر به عنوان پشت‌بند افقی از ناودلی یا قوطی استفاده شود جهت اتصال پشت‌بند افقی به قالب از گیره بلند استفاده می‌شود. هم‌چنین برای اتصال قالب به لوله داربستی به‌عنوان پشت‌بند عمودی استفاده می‌شود.	

برای کاهش زمان ساخت قالب های سنتی و هزینه جایگزینی تخته ها به علت تغییر ابعاد مقاطع و افزایش عمر قالب ها، ساخت قطعات پانلی در اندازه های مختلف به عنوان جایگزینی مناسب مورد توجه قرار گرفت. این قالب ها در ابتدا با رویه تخته چندلایی با کلاف و پشت بند به‌خوبی تقویت شده بودند و برای قالب گیری یک قطعه لازم است این قطعات قالب همانند پازل کنار هم قرار گیرند و با اتصالات ساده و محکم، قالبی یکپارچه به وجود آورند (اشکال ۳-۳۵ و ۳-۳۶).

ساخت و نصب این قالب ها هر کدام تخصصی جداگانه محسوب می‌شود. امروزه در کارخانه‌های قالب سازی انواع متنوعی از قالب های پانلی با مصالح مختلف را با دقت زیاد و اتصال بدون درز، تولید می‌کنند که برخی از مهم‌ترین آن‌ها شامل؛ پانل با رویه ی چند لایی و کلاف و پشت‌بند فلزی یا آلومینیومی، پانل با رویه و کلاف و پشت‌بند فلزی (پانل تمام فلزی) و پانل‌های آلومینیومی می‌باشد.

وقتی صحبت از قالب پانلی می شود، منظور قالب های پانلی فلزی به شکل پانل‌هایی با رویه و سخت کننده‌های فولادی است. این قالب‌ها به دو صورت مورد استفاده قرار می‌گیرند؛

۱- از اتصال قطعات مختلف به یکدیگر تشکیل شده و عموماً برای هر عضو جدیدی باید این قالب‌ها باز و مجدداً بسته شوند.

۲- برای موارد خاص چون تونل‌ها و کانال‌ها، اجرای کف کانال‌ها، کف رودخانه و غیره ساخته می‌شوند که در این موارد به علت تکراری بودن هندسه قطعه قالب‌ها کم‌تر باز و بسته می‌شوند و به صورت یکپارچه مورد استفاده قرار می‌گیرند. حالت اخیر در گروه قالب یکپارچه قرار می گیرد. این قالب‌ها علاوه بر مزایای بسیار نسبت به دیگر قالب‌ها، از استحکام و صلبیت بیش‌تری نیز برخوردار هستند.

۳-۳-۳-۴ قالب یکپارچه

در صورتی که لازم به ساخت قالب یک قطعه بتنی با هندسه ثابت و تکرار زیاد باشد، از لحاظ اقتصادی استفاده از قالب یکپارچه مقرون به صرفه است. در چنین حالتی علاوه بر افزایش سرعت قالب‌بندی و قالب‌برداری، نمای بتن نیز با توجه به حذف درز بین قالب‌ها کاملاً یکدست و یکپارچه می‌شود. این نوع قالب‌بندی بیش‌تر در دال‌ها و دیوارهای بتنی مورد استفاده قرار می‌گیرد. از مهم ترین خصوصیات این قالب ها، حمل و جابه‌جایی آن‌ها می باشد که در کارگاه بایستی توسط جرثقیل های مستقر، باز و بسته شوند (تصاویر ۳-۳۷ و ۳-۳۸).

۳-۳-۳-۵ قالب بالا رونده

در صورتی که ارتفاع دیوار به هر علتی بلند باشد، دیوار باید به صورت مرحله ای اجرا گردد. هر مرحله‌ی جابه‌جایی قالب برای اجرای دیوار را لیفت گویند. در روش سنتی برای اجرای یک دیوار بلند لازم است در طرفین دیوار داربست‌بندی شود. یکی از روش های مدرن قالب‌بندی این چنین اعضایی، استفاده از قالب بالارونده است. در این روش قالب هر مرحله به مرحله ی قبلی متکی شده و به سمت بالا صعود می‌نماید به طوری‌که بدون نیاز به داربست جانبی، قسمت بالای دیوار اجرا می‌شود. پس از اجرای رامکا (پاخور بتنی) در موقعیت دیوار، اجرای مراحل بعدی به ترتیب زیر است (تصاویر ۳-۳۹).

در مرحله اول، وضعیت قالب در لیفت اول قرار دارد. در این حالت در حدود ۵۰ تا ۷۰ سانتی‌متر از بالا سوراخی در دیوار کار گذاشته می‌شود.

در مرحله دوم، قالب توسط جرثقیل یا جک بلند شده و پای آن در سوراخ مذکور توسط بولت محکم و قالب توسط جک در وضعیت شاقول تثبیت می‌شود. سوراخ لیفت اول در لیفت دوم نیز ایجاد می‌گردد تا در اجرای لیفت سوم مورد استفاده قرار گیرد.

در مرحله سوم وضعیت قالب برای اجرای لیفت سوم نشان داده شده است. سکوی زیر قالب، هم به‌عنوان تکیه گاهی برای قالب است و هم از آن به‌عنوان سکویی برای پرسنل قالب بند و بالاخره لکه گیری لیفت پایین استفاده می‌شود (اشکال ۳-۴۰) [۶].

از جمله محاسن این روش قالب‌بندی که برای دیوارهای نسبتاً بلند استفاده می‌شود، تعداد دفعات بیش‌تر در استفاده از قالب و سرعت عمل بیش‌تر آن است. هم‌چنین مزیت عمده آن نسبت به قالب لغزنده توانایی توقف در هر مرحله اجرایی است.

۳-۳-۳-۶ قالب لغزنده

قالب لغزنده نوعی قالب در حال حرکت است که توسط تجهیزات خاصی از ابتدا تا انتهای عملیات بتن ریزی عضو، بی وقفه در حال پیشروی تا اتمام کار است. در این سیستم قالب‌بندی، داربست اطراف سازه حذف شده و قالب بر روی یک مجموعه جک هیدرولیکی متکی بر میله‌های جک زنی داخل عضو قرار دارد. به کمک این جک‌ها، قالب در حالی که دو جداره آن به بتن ریخته شده‌ی قبلی چسبیده، به سمت بالا کشیده شده و شبکه ی میلگردهای جدید را احاطه می کند و سپس بتن ریزی انجام می شود.

این قالب‌ها به‌طور عمده در دو نوع افقی و قائم به کار می روند. حرکت لغزان قالب به صورت پیوسته و با سرعت اندک روی سطح مقطع در حال بتن‌ریزی، باعث ساخت مقطعی یکپارچه و بدون درز می‌شود. با توجه به این خصوصیت،

استفاده از قالب‌های لغزان قائم برای سازه‌های قائم نظیر سیلوها، تأسیسات ذخیره سازی مواد و مصالح، هسته‌های مقاوم و دیوارهای برشی ساختمان‌ها، پایه‌ها، دودکش‌ها، برج‌های مخابراتی، مراقبت و دیدبانی، دیوارهای محافظتی در تأسیسات هسته ای و سازه‌های مشابه، بسیار مناسب و اقتصادی است.

طرح معماری و سازه ای عضو مورد نظر باید متناسب با این سیستم قالب‌بندی باشد.

لذا نکاتی چون، یکنواختی ضخامت دیوار، حداقل حفره و سوراخ در بدنه دیوار و حداقل ارتفاع ۲۰ متر در انتخاب این سیستم قالب‌بندی بسیار مؤثر است.

به مرور زمان استفاده از قالب لغزنده، آن چنان کاربردی شده است که در بسیاری از پروژه ها به‌عنوان تنها گزینه قالب بندی مد نظر قرار می گیرد. این استقبال وسیع نشانگر مزایای منحصر به فرد این روش قالب‌بندی می باشد:

جدول (۳-۱): مزایا و محدودیت‌های کاربرد قالب لغزنده

مزایا	محدودیت‌ها
سطح بتن عاری از درزهای افقی و قائم بوده و یکدست و یکنواخت می‌باشد.	بالا بودن اجرت کار
به تعداد کم‌تری داربست نیاز است.	هزینه اولیه برپایی بسیار زیاد
به دلیل ساختن یک بار قالب و آن هم به ارتفاع کم و مصرف مداوم، هزینه ساخت قالب کاهش می‌یابد.	نیاز به تجهیزات یدکی برای جلوگیری از قطع عملیات بتن ریزی
سرعت اجرای سازه بسیار بالا است. (برای حدود ۶۰ متر ارتفاع نیاز به ۲۰ روز زمان است)	به تجهیزات و تدابیر لازم برای کار در شب نیاز است.
امکان اجرای قسمت‌های دیگری از کار اجرای سازه از قبیل بالا کشیدن خرپاهای سقف و غیره به‌طور همزمان با اجرای قالب لغزنده وجود دارد.	حساسیت بیش‌تری نسبت به گرما و سرمای شدید دارد.
اجرای هم زمان نازک کاری؛ افزایش سرعت و کاهش هزینه	نیاز به اجرای بدون وقفه

از دیگر مزایای این روش قالب‌بندی بر پا داشتن سریع اجزایی چون هسته مقاوم یا چاه‌های آسانسور در ساختمان‌های دارای چنین سیستمی است. به خصوص اگر بخش چاه آسانسور ساختمان و اتاق تجهیزات آن یک واحد خود ایستا بوده و از لحاظ سازه ای برخود متکی باشد.

در سازه‌های بلند اجرای چاه آسانسور بدین صورت ممکن است مشکل تعادلی به وجود آورد، لذا پیشنهاد می شود به صورت مرحله‌ای هم زمان با اسکلت ساختمان عملیات اجرا پیش رود.

هم‌چنین قالب های لغزان افقی در کارهایی نظیر پوشش تونل‌ها، لوله‌های آب، کانال‌های زهکشی، اعضا و قطعات پیش ساخته، روکش کانال‌ها و موارد مشابه کاربرد دارد. سرعت بالا و در نهایت مزیت اقتصادی این قالب‌بندی از مهم‌ترین مزایای استفاده از آن در پروژه‌های خطی طویل می‌باشد.

دیواره‌های قالب: دیواره‌های قالب همان بدنه اصلی قالب است که ضمن شکل دهی مناسب به بتن باید به‌اندازه کافی محکم و مقاوم باشد. این دیواره‌ها ممکن است چوبی و یا فلزی باشند که البته قالب‌های فلزی به مراتب سنگین‌تر از قالب‌های چوبی‌اند ولی در عوض استحکام بیش‌تری داشته و تعداد دفعات استفاده از آن‌ها بیش‌تر خواهد بود. هم‌چنین تعمیرات و یا تغییرات احتمالی قالب‌های فلزی نیز نسبت به قالب‌های چوبی دشوارتر است. در عوض تمیز کردن آن‌ها آسان‌تر و نمای بتن صاف‌تر خواهد بود.

سیستم جک: در حال حاضر چهار سیستم اصلی وجود دارد:

- سیستم هیدرولیکی،
- هوای فشرده،
- الکتریکی
- دستی

در این بین سیستم‌های هیدرولیکی و هوای فشرده بسیار اقتصادی و به‌صرفه می‌باشد.

۳-۳-۳-۶-۱ اجزای اصلی قالب لغزنده

سیستم قالب لغزنده متشکل از:

- دیواره‌های قالب،
- میله جک،
- سکوی کار،
- تجهیزات جک،
- طوقه
- برخی جزییات دیگر

در سیستم جک هیدرولیکی از یک سری جک‌های هیدرولیکی که از طریق خطوط لوله‌ی روغن به مخزن مرکزی متصل بوده و با پمپ الکتریکی کار می کند، استفاده می‌شود. جک‌های هیدرولیکی مورد استفاده معمولاً با ظرفیت خود، نظیر جک‌های سه تنی و یا شش تنی شناخته می‌شوند. این جک‌ها معمولاً به گونه‌ای کالیبره می‌شوند که در هر بار فعال شدن ۲۵ میلی‌متر بالا بیاید. باید تدابیر لازم اندیشیده شود تا تمام جک‌ها این تغییر مکان را داشته باشند. در سیستم جک هوای فشرده مشابه حالت هیدرولیکی بوده و گام‌های حرکتی آن‌ها حدود ۱۲ میلی‌متر است. از سیستم‌های دیگر یا ترکیب آن‌ها عموماً در کارهای بزرگ استفاده نمی‌شود. ظرفیت جک و فواصل تکیه‌گاهی آن بر اساس وزن قالب‌ها، قیف بتن‌ریزی، میزان ذخیره میلگرد و دیگر بارهای وارده طراحی می‌شود.

میله ی جک: میله ای توپر است که حدود ۲۵ میلی‌متر قطر دارد و در بین شبکه میلگرد نصب و در داخل بتن مدفون می‌شود [۶].

سکوی کار: معمولاً سه سطح کار در نظر می‌گیرند.

۱- یکی که بالاتر از طوقه‌ها و در ارتفاعی در حدود ۲ متر بالاتر از انتهای دیوار قرار گرفته و برای میلگردگذاری و نصب میله ی جک به‌کار می‌رود.

۲- دیگری سکویی است که هم تراز بالای قالب قرار می‌گیرد و برای تجهیزات بتن ریزی، انبار کردن مصالح و وسایل تراز کردن و هم‌چنین وسایل کنترل جک مورد استفاده قرار می‌گیرد.

۳-سومین سکو به صورت آویز در دو طرف دیوار قرار می‌گیرد که برای دسترسی و ترمیم احتمالی به نمای قسمتی از دیوار که قالب آن به تازگی باز شده مورد استفاده قرار می‌گیرد.

طوقه (یوغ): از طوقه‌ها برای نگهداری سکوی کار و انتقال آن و هم‌چنین نگهداری و تحمل وزن قالب و کابل جک استفاده می‌شود. طوقه‌ها معمولاً فلزی و به صورت پروفیل‌های مناسب طرح و در نظر گرفته می‌شوند. این اعضا طوری طرح می‌شوند تا در دیوارهای مختلفی قابل استفاده باشند.

فاصله‌ای در حدود ۳۰ تا ۶۰ سانتی‌متر بین بازوهای قائم یوغ و پشت پانل‌های قالب باید وجود داشته باشد تا میلگردبندها، میلگردهای افقی را در این فاصله دپو کنند [۶].

۳-۳-۳-۶-۲ نکات طراحی و اجرایی قالب لغزنده

از آنجایی‌که سیستم قالب لغزنده روشی پیچیده می‌باشد لذا نیازمند رعایت نکاتی ویژه در خصوص طراحی و اجرا است که در ادامه به مهم‌ترین آن‌ها اشاره می‌شود [۶]:

- طرح نما باید بین هر دو تراز متوالی یکسان باشد.
- حداقل ضخامت دیوار ۱۸۰ میلی‌متر پیشنهاد می‌شود تا از قفل شدن قالب ناشی از اصطکاک زیاد بین جداره ی قالب و بتن تازه جلوگیری شود.
- ارتفاع قالب‌های لغزنده برای اجرای ساختمان‌ها معمولاً بین ۱۲۰ تا ۱۵۰ سانتی‌متر است.
- در طراحی میلگردهای مقطع از تمرکز آن‌ها پرهیز شود. زیرا نصب یا وصله آن‌ها در هنگام اجرای قالب لغزان تقریباً غیر ممکن می‌شود.

- بهتر است همه ی وصله‌ها در یک تراز نباشند، تا زمان کافی برای انجام وصله موجود باشد.
- برای عبور و اتصال پیوسته دال بتنی متقاطع با دیواری که با قالب لغزنده اجرا می‌شود، بهترین گزینه استفاده از تعبیه سوراخ هنگام بتن‌ریزی دیوار می‌باشد. این کار با گذاشتن پلاستوفوم، ماسه خشک ریزی یا مصالح دیگر انجام شده، سپس با ماسه پاشی و برس این سوراخ‌ها تمیز و آماده عبور میلگردهای سقف از دیوار می‌شود.
- رواداری عضوی که با این سیستم قالب بندی اجرا می شود، طبق ضوابط ACI-117 میزان جابه جایی یا دوران نسبت به یک نقطه‌ی ثابت در تراز پایه ی سازه‌های با ارتفاع کم‌تر از ۳۰ متر نباید از ۵۰ میلی‌متر و در مورد سازه‌های با ارتفاع بیش از ۳۰ متر نباید از $\frac{۱}{۶۰۰}$ ارتفاع سازه و یا ۲۰۰ میلی‌متر (هرکدام کوچک‌تر بود)، بیش‌تر باشد.

- تعبیه موقعیت بازشوها بنابر نیازها و ضوابط معماری و تجهیزات کارگاه به چند طریق انجام می‌شود؛ ۱- قاب‌های بازشو از جنس ناودانی با اتصال مناسبی در دیوار محکم می‌شود تا هنگام بتن‌ریزی جابه‌جایی در آن رخ ندهد، ۲- تعبیه فضای بازشو به اندازه حداقل ابعاد خارجی قاب بازشو ۳- تعبیه فضای بازشو بزرگ‌تر از ابعاد قاب بازشو که پس از قرارگیری قاب در داخل فضای فوق و نصب آن با استفاده از اندود این فضاها پُر می‌شوند.
- کنترل تراز بودن قالب‌ها در حین اجرا از نکات مهمی می‌باشد که معمولاً با استفاده از شیلنگ ترازی متشکل از یک لوله اصلی و لوله‌های انشعابی انجام می‌شود.
- برای کنترل شاقولی قالب نیز از شاقول‌های نوری یا وزنی استفاده می‌شود.

- اصلاح ناصافی یا ناشاقولی قالب با استفاده از تنظیم موضعی جک‌ها قابل انجام است. در صورتی جابه‌جایی‌های جانبی یا چرخشی قالب از طریق ایجاد لنگری در خلاف جهت قابل اصلاح است، که این نیرو توسط بشکه آب ۲۰۰ لیتری قابل تنظیم که به یک طره آویزان است تأمین می‌شود.
- در قالب‌بندی و اجرای بخش یا کل یک ساختمان به شیوه ی قالب لغزنده، روشی مناسب برای بالا بردن بتن، میلگرد و دیگر مصالح مورد نیاز برای اجرا، باید انتخاب شود. از جمله وسایل مورد استفاده برای این کار جرثقیل‌های متحرک، جرثقیل برجی، دکل‌های خود ایستا یا هر روش یا وسیلهی دیگری است که مناسب برای بالا کشیدن امکانات لازم برای قالب‌بندی لغزنده باشد.

- معمولاً بتن در هر مرحله به ضخامت ۱۵ تا ۲۰ سانتی‌متر ریخته شده و توسط ویبره مرتعش می‌شود. با پُر شدن قالب مرحله ی لغزش شروع می‌شود. به‌طور کلی سرعت لغزش قالب به سمت بالا، بسته به میزان کارایی بتن مصرفی، شرایط آب و هوایی و سرعت نصب تجهیزات در هر مرحله از بتن‌ریزی متفاوت است، اما به‌طور متوسط چیزی حدود ۳۰ سانتی‌متر در ساعت و در شرایط خاص تا ۶۰ سانتی‌متر در ساعت نیز می‌رسد.

از آنجایی که مراحل اجرای کار در سیستم قالب لغزنده به صورت پیوسته و مداوم انجام می‌شود، برای استفاده هر چه بهتر و اقتصادی‌تر از قالب و جلوگیری از وقفه در کار، نیاز به برنامه ریزی دقیق و آماده کردن وسایل و امکانات لازم، نظیر تعیین ساعات کار کارگران در مراحل مختلف، فراهم کردن نور مصنوعی کافی برای کار در شب و برنامه ریزی دقیق در تهیه، حمل و ریختن به موقع بتن دارد.

عملیات لغزاندن قالب‌ها باید زیر نظر مستقیم فرد یا افراد مجرب در زمینه کارکرد با این نوع قالب‌ها صورت پذیرد. رواداری‌های لازم برای اجرای کار با استفاده از قالب های لغزان باید در مشخصات خصوصی قید شود.

۳-۳-۳-۶-۳ نازک کاری سطح بتن

نوع پرداخت نهایی سطح بتن با توجه به مقتضیات معماری و نماسازی می‌باشد. روش معمول در قالب‌های لغزنده، پرداخت سطح بتن با ماله‌های آهنی، چوبی و یا پلاستیکی بر روی سطح بتن تَر در حین لغزش قالب و یا بر روی سطح بتن خشک شده پس از اتمام عملیات قالب‌بندی لغزشی، می‌باشد. در پرداخت به روش خشک، هیچ گونه تماسی با سطح بتن تا قبل از تکمیل عملیات لغزش قالب در کل ارتفاع انجام نمی‌گیرد. پس از تکمیل بتن‌ریزی در کل ارتفاع و باز کردن قالب‌ها، پرداخت تخته ماله ای سطح بتن از تراز پایینی شروع می‌شود. سند بلاست (ماسه پاشی) سطح بتنی که با قالب لغزنده اجرا شده توصیه نمی‌شود. چرا که امکان تأمین سطح صاف و یکنواخت عملاً وجود نخواهد داشت و اجرای صحیح این روش وقت و هزینه زیادی می‌طلبد [۶].

۳-۳-۳-۷ قالب ماندگار

قالب‌هایی که به دلیل دشواری و یا هزینه ی زیاد جداسازی قالب‌ها پس از بتن‌ریزی، در جای خود باقی می‌مانند و ممکن است در طراحی نیز جزیی از سازه ساختمان به حساب آمده باشند. این قالب‌ها می‌توانند از نوع صلب نظیر عرشه‌های فلزی (ورق‌های ذوزنقه ای یا موجدار)، بتن پیش‌ساخته، چوب، انواع پلاستیک و گونه‌های مختلف تخته‌های ساخته شده از الیاف یا نوع انعطاف‌پذیر مانند کاغذ موجدار مسلح به توری سیمی پشت کاغذی یا ضد آب باشند. باید دقت شود تا این قالب‌ها تحت تأثیر بارهای زمان اجرا دچار اعوجاج، افتادگی و تغییر شکل‌های خارج از حدود رواداری‌ها نگردند. هم‌چنین مشکلات احتمالی ناشی از باقی گذاشتن قالب درهنگام بهره برداری از ساختمان مانند نفوذ قارچ‌ها و حشرات و خطر احتمالی آتش سوزی نیز بررسی شود.

در صورت استفاده از قالب‌های صلب باید ضمن محاسبات سازه ای، به بارهای متمرکز زنده و مرده‌ای که به ویژه در زمان اجرا به اعضا و قطعات واقع بر حد فاصل عناصر تکیه‌گاهی وارد می‌شود، توجه گردد.

امروزه نمونه های کاربردی از این قالب ها در کشور نسبت به‌سایر روش‌ها بسیار محدود است که مهم‌ترین موارد استفاده از آن عبارتند از:

- استفاده از ورق های موج دار ساده یا مشبک که به عنوان قالب زیرین سقف کامپوزیت به کار می‌روند. این روش اجرا که به سیستم روفیکس معروف است، باعث کاهش مقادیر قالب‌بندی و انعطاف‌پذیری زیاد در اجرای سطوح بتنی می‌شود (تصاویر ۳-۴۷).
- استفاده از ورق های موج دار ساده یا مشبک به عنوان قالب دیوار بتنی در نمای ساختمان
- استفاده از یونولیت فشرده و نسوز در دو وجه دیوار بتنی به عنوان قالب ماندگار که به دیوارهای سوپر پانل معروف است. این دیوارها در دو نوع سازه‌ای و غیر سازه‌ای قابلیت استفاده دارد.

۳-۳-۳-۸ قالب میزی

قالب میزی نوعی قالب یکپارچه افقی عموماً چرخ دار است که در قالب‌بندی دال‌ها و سقف‌های بتنی که به صورت تیپ با تکرار زیاد اجرا می‌شوند، کاربرد دارد.

استفاده از این روش سرعت عملیات اجرایی ساختمان را افزایش می‌دهد و یکی از سریع ترین سیستم های قالب‌بندی ساختمان های تیپ به شمار می‌رود. از این جهت بیش‌تر در انبوه‌سازی‌ها مورد توجه قرار دارد. از آنجایی که اجزای این قالب شامل رویه، پشت‌بندها و شمع‌ها به صورت یکپارچه هستند، این مجموعه قالب سنگینی را تشکیل می‌دهد که جابه‌جایی آن‌ها باید توسط جرثقیل و بالابر انجام شود.

۳-۳-۳-۹ قالب تونلی

یکی دیگر از سیستم های نوین قالب‌بندی در سقف‌ها، استفاده از قالب تونلی است. در این سیستم، قالب دیوار و قالب سقف به صورت یکپارچه ساخته می‌شوند.

پس از نصب قالب در محل خود، میلگردگذاری و بتن‌ریزی دیوار و سقف به طور هم زمان انجام می‌شود. سرعت اجرای قالب تونلی نسبت به قالب میزی سریع‌تر، لیکن قالب برداری آن کُندتر است و نسبت به قالب میزی دارای محدودیت اجرایی بیش‌تری می‌باشد.

معرفی کلی سیستم

روش قالب تونلی از روش‌های درجای تولید صنعتی ساختمان می‌باشد. در این روش، دیوارها و سقف با بتن ریزی یکپارچه و هم زمان احداث می‌شود.

قالب‌های مورد استفاده، به اندازه حدودی ابعاد فضاها می‌باشند. برای قالب‌بندی یا قالب‌برداری، نیاز به خردکردن قالب‌ها و تبدیل آن‌ها به ابعاد کوچک نیست و با همان ابعاد قبلی از فضا خارج می‌شوند. خروج قالب‌ها معمولاً از جداره‌های خارجی صورت می‌گیرد که در این روش پس از اجرای بتن دیوار و سقف اجرا می‌گردند، لذا در بتن‌ریزی، صرفا جدارهای داخلی و بعضی جدارهای خارجی بتن‌ریزی می‌شوند.

از مزایای این روش، سرعت بسیار بالای اجرای آن می‌باشد. هم اکنون بعضی از انبوه‌سازان با برنامه‌ریزیِ ساخت یک طبقه در دو روز با این روش، به ساخت مجتمع‌های مسکونی بزرگ پرداخته‌اند. از محدودیت‌های این روش، محدودیت در طراحی فضاهاست که لازم است طراحی بر طبق محدودیت‌های اجرا در خصوص ابعاد قالب و قالب‌گذاری باشد.

در این روش، ابتدا آرماتوربندی دیوارها انجام می‌شود و سپس قالب‌های L شکل به صورت پشت‌به‌پشت، دو طرف دیوار را قالب‌بندی می‌نمایند و قالب تحتانی سقف را نیز ایجاد می‌نمایند. پس از انجام آرماتوربندی سقف، بتن‌ریزی سقف و دیواره به صورت یکپارچه انجام می‌شود. اجرای جداره‌های بتنی پرداخته شده، نیاز به نازک‌کاری را بر روی آن‌ها مرتفع می‌سازد.

قالب:

قالب‌های این روش معمولا به شکل ⌈ می‌باشند که قرارگیری دو یا سه‌تای آن‌ها در کنارهم، به صورت ⌈⌈ یا ⌈¯⌈ می‌تواند یک فضا را قالب بندی نماید. در صورت سه‌تکه بودن قالب، با تغییر تکه وسط می‌توان به راحتی دهانه‌های مختلف را پوشش داد. انواعی از این قالب‌ها به شکل ⌈⌈ یک‌تکه می‌باشد که به علت محدودیت ابعاد، استفاده چندانی از آن‌ها نمی‌شود. قالب‌ها از ورق‌های ۶ میلیمتری فولادی درست شده‌اند که با مقاطع قوطی شکل در فواصل حدود ۱۵-۲۰ سانتیمتر از یکدیگر مسلح شده‌اند. چرخ‌های زیر لبه تحتانی این قالب‌ها، حرکت آن‌ها را برای قرارگیری در محل خود و باز کردن قالب تسهیل می‌نمایند.
جک‌های زیر قالب که به صورت عمودی یا مایل قرار دارند قالب را برای قرار گیری در محل خود و تثبیت زاویه فوقانی قالب، ایجاد خیز اولیه در سقف و جلوگیری از تغییر شکل‌های احتمالی قالب در اثر لرزش، پایدار می‌سازند.

انواع مختلف اجزای تشکیل دهنده

روش قالب تونلی از روش‌هایی است که به استفاده از ماشین آلات سنگین و ابزار، وابستگی زیادی دارد. هرچند این ماشین‌آلات و ابزار از تنوع و گوناگونی بالایی برخوردار نیستند، ولی نقش آن‌ها در اجرا بسیار کلیدی و اساسی است.

Tie Bolt

این قطعه به صورت یک پیچ و مهره بزرگ، دو قالب مجاور را در قسمت‌های افقی قالب و از طریق حفره‌های تعبیه شده در قالب ، به هم وصل می‌نماید. وجود این قطعه سبب می‌شود تا قالب در جای خود تثبیت گردد و نیروی هیدرواستاتیکی بتن سیال، سبب ایجاد قوس در دیواره نشود.

وجود این قطعه‌ها در زمان اجرا سبب می‌شود حفره‌هایی در دیوار بتنی باقی بماند. میله (پیچ) این قطعه را می‌توان در یک غلاف پلیمری (لوله PVC) قرار داد تا مستقیماً با بتن در تماس نباشد و آزادسازی آن آسان تر باشد. سوراخ‌های ایجاد شده برای نصب نما به جدار بتنی و نیز اجرای پلات‌فرم موقت طبقه فوقانی مورد استفاده قرار می‌گیرد.

رامکا:

رگلاژ قالب برای قرارگیری در محل مناسب و قابلیت تغییر سایز اندک آن برای بازشدن و خروج آن از محل (Decoffrage) نیاز به اجرای قطعه ای به نام رامکا دارد. رامکا در حقیقت پایه‌ای بتنی برای دیوارهاست، تا نیاز به امتداد یافتن قالب دیوار تا کف نباشد و قسمت تحتانی قالب برای رگلاژ آن آزاد باشد. با وجود آزاد بودن قسمت تحتانی قالب، رامکا همانند قالبی در این قسمت سبب جلوگیری از خروج بتن سیال می‌شود.

دیوارهای خارجی

همان‌گونه که ذکر شد، تعدادی از دیوارهای خارجی در این سیستم جهت ایجاد مسیر خروج قالب‌ها، با بتن مسلح اجرا نمی‌شوند. این دیوارها که بخش اعظم نمای ساختمان را تشکیل می‌دهند، پس از اجرای اسکلت و با انواع دیگری از مصالح قابل اجرا می‌باشند. دیوارهای خارجی که با بتن مسلح اجرا شده‌اند نیز می‌توانند به‌صورت نمایان باقی بمانند و یا با مصالح و فرآورده‌های پوششی مختلف، نماسازی شوند.

پله

مجریان این سیستم، با توجه به نیاز به بالا بردن سرعت و سهولت اجرا در این سیستم، پله پیش‌ساخته را ترجیح می‌دهند. در اجرای دیوارهای اطراف جعبه پله، پلیت‌های انتظاری درنظر گرفته می‌شود که بعدا با جوش دادن یک نبشی سرتاسری، تکیه‌گاهی برای یک انتهای هر رامپ پله ایجاد می‌شود.

در لبه دال طبقات، در مجاورت رامپ‌های پله نیز یک نبشی سرتاسری در زمان قالب‌بندی پیش‌بینی می‌شود، و لذا هر دو انتهای هر بازوی رامپ می‌تواند روی لبه‌های فلزی قرار گیرد.

۳-۳-۳-۱۰ قالب فلزی قطعات پیش ساخته

این نوع قالب‌ها برای ساخت اعضا و قطعات بتنی پیش ساخته باربر و غیر باربر به کار می‌روند. تکرار استفاده از این قالب ها زیاد است، از این رو استفاده از ملزومات و ادواتی که از صلبیت و کیفیت مطلوب برخوردار باشند تا میلگردها را در محل و موقعیت صحیح نگهدارند، اهمیتی به سزایی دارد. تمامی بازشوها، خم‌ها، قطعات جاگذاری شده،

قلاب‌های مخصوص حمل و نقل و ادوات مورد نیاز برای اتصال قطعات بتنی که قرار است در بتن جا داده شوند باید به دقت در موقعیت‌های تعیین شده استقرار یافته و به نحوی مطمئن به قالب متصل گردند.

استفاده از فولاد برای ساخت قالب های پیش ساخته به‌علت مزیت‌های نسبی آن نسبت به سایر قالب‌ها بسیار رایج است. برخی از مهم ترین خصوصیات این قالب ها عبارتند از: سبکی آن به نسبت بتن، کارایی مناسب در مقاطع با اشکال نامنظم، افزایش سرعت کار و کاهش هزینه می‌باشد.

اگرچه قطعات بزرگ این قالب ها عموماً یکپارچه و دارای وزن زیادی هستند که برای جابه‌جایی آن‌ها نیاز به جرثقیل می باشد.

تیرهای پیش ساخته یکی از بیش‌ترین موارد استفاده ی قطعات پیش ساخته می‌باشد و در سه نوع زیر تولید می‌شوند:

الف) تیرهای معمولی بتن‌آرمه

ب) تیرهای پیش کشیده

پ) تیرهای پس‌کشیده.

در موارد فوق الذکر مراحل پیش ساختگی شامل نحوه ی قالب‌بندی، ریختن بتن و قالب‌برداری، مختصری با هم فرق دارند. لیکن در کلیه موارد قفسه‌های میلگرد همیشه از قبل ساخته شده و در کارگاه انبار می‌شود و به‌عنوان یک واحد مجزا هنگام بتن‌ریزی در داخل عضو قرار می‌گیرد.

مکانیسم قالب‌های مورد استفاده برای تولید تیرهای پیش ساخته بدین ترتیب است که معمولاً کف و یک قالب بدنه به‌صورت ثابت و قالب بدنه ی دیگر به صورت لولایی و متحرک است.

روش‌های حمل و جدا کردن اعضا و قطعات پیش ساخته از قالب، باید به تصویب دستگاه نظارت برسد.

اعضا و قطعات بتنی پیش ساخته باید هنگامی از قالب جدا شوند که بتن به مقاومت مشخصه‌ی لازم رسیده باشد. از این رو به کمک اندازه‌گیری مقاومت آزمونه‌هایی که در شرایط کارگاهی به‌عمل آمده باشند، می‌توان زمان باز کردن قالب‌ها را تعیین نمود.

۳-۳-۳-۱۱ قالب بتنی سازه‌ای

در این روش، قطعات پیش‌ساخته به‌عنوان قالب برای بتن‌ریزی درجا مورد استفاده قرار می‌گیرد. این اجزا هم به‌عنوان قالب ماندگار و هم به‌عنوان جزیی از بتن اصلی (سازه‌ای) محسوب می‌شوند.

قطعات بتن پیش ساخته که در نقش قالب ظاهر می‌شوند، ممکن است مطابق یکی از انواع؛ بتن بدون میلگرد، بتن‌آرمه و بتن پیش تنیده در کارخانه و یا کارگاه ساخته شوند.

دال‌های بتنی از متداول ترین قالب‌های بتنی پیش ساخته محسوب می‌شوند که به‌عنوان قالب در محل مستقر شده و پس از ریخته شدن بتن تکمیلی روی آن‌ها، به صورت مقاطع مرکب و یکپارچه عمل می‌نمایند.

برخی نکات طراحی و اجرایی این نوع قالب بتنی عبارتند از [۱۴]:

- پیوستگی مؤثر بین قطعه‌ی قالب پیش ساخته و بتن سازه ای ضروری است. عموماً با تعبیه برش‌گیرهای خاموت و زبری مناسب سطح بتن پیش‌ساخته این اتصال برقرار می‌شود.
- جزییات اتصالات باید چنان باشند که از جفت شدن قطعات پیش ساخته به یکدیگر و بتن تازه با آن‌ها اطمینان حاصل شود.

- جایی که قرار است قالب بتنی پیش‌ساخته با بتن سازه ای به شکل مقطع مرکب عمل نماید، باید صفحات قالب با توجه به جزییات مربوط، طرح و محاسبه شوند. برای قالب‌های ماندگاری که قرار است به منظور حصول نمای مطلوب به کار روند، باید ویژگی‌های سطوح تمام شده و حداقل ضخامت مطلوب مصالح نما مشخص شود.
- قلاب‌های مخصوص حمل و نقل قالب‌های بتنی را می‌توان چنان طراحی و اجرا نمود که به‌عنوان قلاب مهاری یا برش گیر عمل نمایند.
- قالب‌های بتنی پیش ساخته که قرار است با بتن درجا به صورت مرکب عمل نمایند باید بر اساس ضوابط استاندارد مبحث ۹ طرح و محاسبه شوند.

۳-۳-۳-۱۲ قالب برای بتن‌ریزی در زیر آب

قالب برای بتن‌ریزی در زیر آب، با توجه به ملاحظاتی که در مورد دیگر انواع قالب آمده است، طرح و محاسبه می‌شود. با این تفاوت که جرم بتن در زیر آب در اثر نیروی ارشمیدس به اندازه جرم آب جابه‌جا شده کاهش می‌یابد. برخی نکات طراحی و اجرایی این نوع قالب بتنی عبارتند از [۱- بند ۹-۱۲-۱-۸]:

- در ناحیه جزر و مد، قالب‌ها باید برای پایین‌ترین تراز آب طرح و محاسبه شوند.
- تغییرات در برنامه‌های اجرایی ممکن است بتن‌ریزی را که برای حالت غوطه‌وری برنامه‌ریزی شده با تغییر شرایط مواجه سازد و به این ترتیب فشار آب را از دایره عمل خارج نماید.

- قالب‌های زیرآبی را باید تا حد امکان در قطعات بزرگ و در بالای سطح آب ساخت و سپس در محل خود در زیر آب مستقر کرد.
- باید از به‌کار بردن کش‌های درونی در قالب که می‌تواند در بتن‌ریزی اختلال ایجاد کند، تا حدامکان پرهیز شود.
- قالب‌ها باید به‌دقت به یکدیگر متصل شده و به‌ترتیبی در کنار مصالح و یا قسمت‌های ساخته شده‌ی قبلی قرار گیرند که دوغاب و ملات تحت تأثیر فشار از درزها خارج نشود.
- چنانچه قالب در معرض عبور جریان آب قرار می‌گیرد، باید از وجود منافذ کوچک در قالب که امکان شسته شدن ذرات بتن تازه را فراهم می‌سازد، پرهیز گردد.

۳-۳-۳-۱۳ قالب بتن پیش آکنده

قالب‌ها در این روش باید به نحوی قرار گیرند که فشار دوغاب تزریقی و سایر نیروهای وارده را تحمل کرده مانع از هدر رفتن آن شده و امکان تخلیه ی هوا را نیز فراهم سازند. زیرا در بتن پیش آکنده دوغاب باید هوای اطراف سنگدانه‌ها را بیرون رانده و خود جای آن را بگیرد.

فشار جانبی مضاعف در این روش، بهره‌گیری از نیروی انسانی ماهرتَر، جزییات اجرایی دقیق‌تر و کاربرد مصالح مرغوب‌تر را در مقایسه با قالب‌بندی بتن‌های متعارف، اجتناب‌ناپذیر می‌سازد.

۳-۳-۳-۱۴ قالب تونل

برای بتن‌ریزی جداره (لاینینگ) طولی مجاری، گالری‌ها، تونل‌های انحرافی و شفت‌ها از قالب‌های تونلی مدور استفاده می‌گردد. قالب‌های تونلی مدور به جهت شکل مقطع و نوع بهره‌برداری به دو گروه کلی تقسیم‌بندی می‌شوند.

در نهایت هر قالب می تواند، براساس محدودیت‌های اجرایی با تجهیزات هیدرولیکی یا مکانیکی مورد استفاده قرار گیرد.

در قالب‌های هیدرولیکی باز و بسته شدن قطعات (سگمنت‌ها) مختلف قالب با استفاده از جک‌های هیدرولیکی و در قالب‌های مکانیکی با استفاده از جک‌های دستی یا روغنی انجام می‌شود. معمولاً در مقاطع بزرگ از سیستم هیدرولیک استفاده می‌گردد و این امر به دلیل سنگین بودن قطعات است. هم‌چنین استفاده از سیستم هیدرولیکی در قالب‌های کوچک به لحاظ فنی دشوار است و در قسمت‌های داخلی قالب تونل، ایجاد محدودیت خواهد کرد. اجرای جداره‌های طولی تونل (لاینینگ‌ها) معمولاً در دو مرحله انجام می‌شود. ابتدا بتن‌ریزی کف با استفاده از قالب یا شابلون کف و سپس بتن‌ریزی سقف و دیوارکه به صورت هم زمان اجرا می‌شود [۱۱].

۳-۳-۳-۱۵ سایر قالب ها

با پیشرفت سریع فنّاوری و افزایش تقاضا برای سازه های خاص با ابعاد و اشکالی پیچیده که تا کنون اجرای آن‌ها امری نشدنی محسوب می شد، متخصصین بخش های مختلف مهندسی و اجرایی را بر آن داشته تا راه کارهایی جدید مطابق با علوم روز ارایه نمایند. موضوع قالب بندی بتن نیز از این امر مستثنی نبوده و امروزه شاهد ورود قالب های جدید به عرصه ساخت و ساز که منطبق با شرایط اجرایی و به قولی بهینه هستند، می باشیم. قالب های نوین ممکن است تلفیقی از روش های قبلی یا به روز شدن آن‌ها باشد. برخی از انواع آن‌ها که ترکیبی از پانل های فلزی هستند، در جدول (۳-۱۲) آمده است.

۳-۴ طراحی قالب

پس از انتخاب سیستم قالب‌بندی، طراحی قالب آغاز می‌شود. طراحی قالب توسط پیمانکار یا شرکت‌های سازنده ی قالب انجام می‌شود اما لازم است ایستایی سازه ی قالب توسط مشاور کنترل و تأیید گردد [۱- بند ۹-۱۲-۱-۱۱].به‌عبارتی قالب باید طوری طراحی شود که بتواند بارهای وارده را قبل از این که سازه‌ی بتنی مقاومت کافی به‌دست آورد، با ایمنی مناسبی تحمل کند.

طراحی قالب همانند طراحی یک سازه می باشد. با مشخص شدن بارهای وارد بر قالب، هر یک از قسمت‌های اصلی قالب باید همانند یک تیر با استفاده از روابط ساده استاتیکی یا نرم افزارهای مهندسی مربوطه تحلیل شود، تا حداکثر تلاش‌های برشی، خمشی و محوری در آن تعیین شود. سپس باید به روش آزمون و خطا، با تخمین ابعاد مناسب برای قطعات قالب، مقادیر تنش‌ها و تغییر شکل‌ها با مقادیر مجاز مقایسه شود. قالب‌ها باید دارای استحکام کافی برای نگهداری بتن و سربارها باشند و در موقع بتن‌ریزی، از شکل اصلی خارج نشود و به اصطلاح شکم ندهد.

برای طراحی قالب لازم است مراحل زیر به ترتیب زیر انجام شود:

- در ابتدا نوع قالب، مصالح و هندسه ی آن مشخص شود.
- تعیین بارهای وارد بر قالب (مرده و زنده)
- محاسبات استاتیکی و کنترل تغییرشکل
- تهیه ی نقشه و جزییات لازم اجرایی

نوع قالب و سپس مصالح آن بر اساس شرایط اجرایی، هزینه و زمان بندی مورد نظر از بین انواع قالب بیان شده در بخش قبلی بند (۳-۳) انتخاب می شود. ابعاد دقیق داخلی، خارجی، ضخامت ها و فضای کار که در طراحی مورد استفاده قرار می گیرد، تعیین می شود.

فواصل اولیه پشت‌بندهای قائم و افقی، فاصله ی وادارها و شمع‌ها، موقعیت بولت‌ها و دیگر اجزای قالب باید به‌طور تقریبی در طرح و هندسه ی اولیه قالب در نظر گرفته شود.

از آنجاکه سیستم سازه ای قالب و بارهای وارد بر آن نسبتاً ساده هستند، اغلب از روابط استاتیکی برای تحلیل ایستایی آن استفاده می‌شود. با استفاده از تئوری بارگذاری، میزان بار وارده بر اجزای قالب با انجام محاسبات ایستایی حاصل شده، سپس طراحی و هندسه ی نهایی قالب اصلاح و قطعی می‌شود.

پس از تعیین هندسه ی نهایی قالب برای اجرایی شدن آن نیاز به ترسیم نقشه های دقیق اجرایی می‌باشد. این نقشه‌ها باید براساس اصول نقشه کشی ترسیم شوند و در آن تمام نکات اجرایی همانند سوراخ‌کاری‌ها، محل بولت‌ها، ابعاد و اندازه ی قطعات و غیره به‌طور کامل مشخص باشد.

۳-۴-۱ بارهای وارد بر قالب

بارهای مختلفی که می‌تواند بر قالب وارد شود و لازم است در طراحی آن‌ها در نظر گرفته شود در ادامه به تفصیل بررسی می شود.

۳-۴-۱-۱ بار مرده (P_d)

همواره وزن قالب و ملحقات آن به‌عنوان بارهای مرده منظور می‌شوند. واضح است میزان این بار ارتباط مستقیم با مصالح قالب دارد و باید توسط مهندس طراح محاسبه شود. بار مرده ی قالب‌های چوبی و ملحقات آن حداقل $0/2\ KN/m^2$ و بار مرده ی قالب‌های فلزی و ملحقات آن حداکثر $1/5KN/m^2$تخمین زده می‌شود [۱۱].

از این رو تغییرات بار مرده در محدوده $P_d=0/2\approx1/5KN/m^2$ می‌باشد.

۳-۴-۱-۱ بارهای قائم

مهم‌ترین بارهای قائم زنده و مرده وارد بر قالب عبارتند از [۱- بند ۹-۱۲-۱-۱۶-۱]:

الف) وزن قالب‌ها و پشت‌بندها

ب) وزن بتن تازه

پ) وزن میلگردها و سایر اقلام کارگذاشته شده در بتن

ت) وزن افراد، وسایل کار، گذرگاه‌ها و سکوهای کار معادل حداقل ۲/۵ کیلونیوتن بر مترمربع ($۲۵۰kg/m^2$) سطح افقی قالب.

ث) بارهای موقت حاصل از انبار کردن مصالح

ج) فشار رو به بالای باد

۳-۴-۱-۱-۲ بار زنده (P_L)

منظور از بار زنده، وزن مصالح، افراد و تجهیزاتی است که در زمان اجرای قالب، میلگردگذاری و بتن‌ریزی بر قالب وارد می‌شوند. هم‌چنین سربار بتن، نیروهای پیش‌تنیدگی و اثرات دینامیکی بتن‌ریزی جزء بارهای زنده محسوب می‌شوند. این بارها به‌طور موقت و در کوتاه مدت بر قالب اعمال می‌شوند. حداقل بار زنده $2/5KN/m^2$ و در موارد خاص که تجهیزات سنگینی مورد استفاده قرار می‌گیرد $3/5KN/m^2$ در نظر گرفته می‌شود [۱۱].

تبصره: مجموع بارهای مرده و زنده طراحی نباید کم‌تر از ۵ کیلونیوتن بر مترمربع ($500\ kg/m^2$) سطح افقی قالب اختیار شود [۱- بند ۹-۹-۳-۲-۱].

$$P_d = 0.2 \approx 1.5\ KN/m^2$$

$$P_L = 2.5 \approx 3.5\ KN/m^2$$

$$P_L + P_d > 5\ KN/m^2$$

۳-۴-۱-۲ بارهای جانبی

قالب‌های با موقعیت افقی مانند قالب دال‌ها، تیرها و سقف‌ها بیش‌تر تحت تأثیر بار مرده، بار زنده و وزن بتن هستند و قالب‌های قائم مثل ستون‌ها و دیوارها تحت تأثیر فشار جانبی بتن تازه قرار دارند.

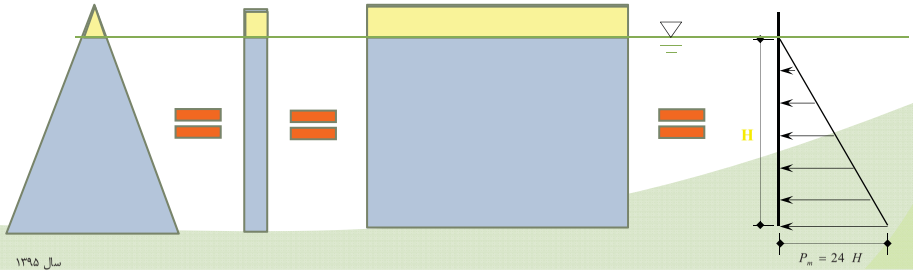
مهم‌ترین بارهای وارد بر قالب عبارتند از [۱- بند ۹-۹-۳-۲-۲]:

- رانش بتن تازه
- فشار و مکش باد
- بارهای ناشی از تغییرات دما

۳-۴-۱-۱-۳ وزن بتن و میلگرد (P_c)

یکی از مهم ترین بارهای وارد بر قالب، وزن بتن به همراه میلگرد است. این بار به ضخامت بتن‌ریزی (ارتفاع بتن‌ریزی)، وزن مخصوص بتن (سبک یا سنگین) و تراکم میلگردها وابسته است. اگر ارتفاع بتن‌ریزی مشخص باشد (H) و میلگردها با تراکم متداول باشند این بار را بر حسب وزن مخصوص بتن خمیری، معادل $25KN/m^3$ به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$P_c = 25 \times H\ (KN/m^2)$$



فشار جانبی بتن برای بتن‌های ساخته شده از سیمان نوع یک با وزن مخصوص ۲۴ کیلونیوتن بر متر مکعب که حاوی مواد پوزولانی یا مواد افزودنی نباشد و اسلامپ آن‌ها مساوی یا کم‌تر از ۱۰۰ میلی‌متر باشد، مساوی فشار هیدرواستاتیک مایعی با وزن مخصوص ۲۴ کیلونیوتن بر متر مکعب می‌باشد. فشار رانشی بتن تازه در دیوار و ستون طبق روابط (۳-۱ و ۳-۲ و ۳-۳ و ۳-۴) محاسبه می‌گردد و لازم نیست فشار حاصل از فرض وزن مخصوص از مقادیر حدی مندرج در روابط فوق بیش‌تر در نظر گرفته شود [۱- بند ۹-۹-۳-۲-۳].

الف) دیوارها

اگر سرعت بتن‌ریزی طوری باشد که در هر ساعت کم‌تر از ۲ متر از ارتفاع دیوار بتن‌ریزی شود، داریم:

$$P_m = 7.2 + \frac{800\ V_1}{T_c + 18}(KN\ /\ m^2) \qquad V_1 < 2\ m/h \qquad (۳-۱)$$

اگر سرعت بتن‌ریزی طوری باشد که در هر ساعت بین ۲ تا ۳ متر از ارتفاع دیوار بتن‌ریزی شود، داریم [۳۰]:

$$P_m = 7.2 + \frac{1200}{T_c + 18} + \frac{250\ V_1}{T_c + 18}(KN\ /\ m^2) \qquad 2 \le V_1 \le 3m/h \qquad (۳-۲)$$

اگر سرعت بتن‌ریزی طوری باشد که در هر ساعت بیش از ۳ متر از ارتفاع دیوار بتن‌ریزی شود، داریم:

$$P_m = 24\ H \qquad V_1 > 3m/h \qquad (۳-۳)$$

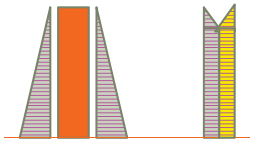
با توجه به رابطه (۳-۱ و ۳-۲ و ۳-۳) حداقل و حداکثر فشار جانبی محاسباتی باید در محدوده زیر باشد:

$$30 \le P_m \le 100\ \ (KN\ /\ m^2)$$

ب) ستون‌ها

فشار جانبی بتن در ستون‌ها برای هر سرعت بتن‌ریزی، طبق رابطه ی (۳-۴) تعیین می‌شود:

$$P_m = 7.2 + \frac{800\ V_1}{T_c + 18}(KN\ /\ m^2) \qquad (۳-۴)$$



با توجه به رابطه (۳-۴) حداقل و حداکثر فشار جانبی محاسباتی باید در محدوده زیر باشد:

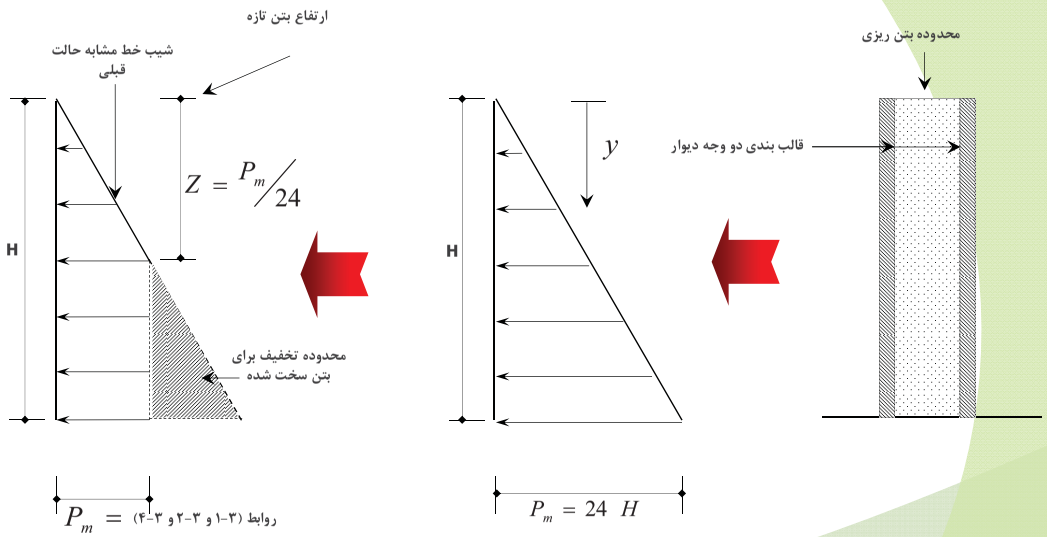
$$30 \le P_m \le 150\ \ (KN\ /\ m^2)$$

عوامل مؤثر و نحوه اثر آن‌ها در مقدار فشار جانبی بتن، عبارتند از:

سرعت بتن‌ریزی: هرچه سرعت بتن‌ریزی زیاد باشد (بیش از ۳ متر از ارتفاع قالب در هر ساعت)، همواره عمق بیش‌تری از بتن به صورت خمیری و شل (سفت نشده) وجود دارد که به بدنه‌ی قالب، فشار جانبی بیش‌تری وارد می‌کند. از این رو ضریب سرعت همواره در صورت روابط (۳-۱ و ۳-۲ و ۳-۴) قرار دارد که بیانگر تأثیر مستقیم این مشخصه در توزیع فشار جانبی مثلثی شکل به قالب می‌باشد.

به عبارتی هر چه سرعت بتن ریزی بیش‌تر شود، مسلماً نیروی بیش‌تری نیز به قالب وارد می نماید. پس از بتن‌ریزی، بتن شروع به خودگیری و سخت شدن می‌کند. اگر سرعت بتن‌ریزی کم باشد، به این معنی است که بتن در چندین مرحله در قالب ریخته می‌شود و احتمال سخت شدن بتن در لایه‌های زیرین وجود دارد. با گیرش سریع بتن در لایه‌های زیرین نیروی کم‌تری به قالب منتقل خواهد شد و توزیع تنش در این حالت ذوزنقه ای می باشد.

درجه حرارت بتن: با افزایش درجه حرارت بتن، سرعت خودگیری و سخت شدن بتن افزایش می‌یابد و باعث کاهش فشار جانبی می شود. از این رو ضریب حرارت بتن همواره در مخرج روابط (۳-۱ و ۳-۲ و ۳-۴) قرار دارد.



الف) قالب بندی دیوار بتنی

ب) با افزایش سرعت بتن ریزی فشار جانبی بتن مشابه مایعی با وزن مخصوص بتن و توزیع تنش به صورت مثلثی می باشد.

پ) با کاهش سرعت بتن ریزی و افزایش سرعت سخت شدن بتن شاهد وارد شدن نیروی کم‌تری به قالب و توزیع ذوزنقه‌ای خواهیم بود.

اشکال (۳-۵۸): نحوه توزیع فشار جانبی

مثال (۳-۱): بتن ریزی دیواری بتنی با ارتفاع ۷ متر با سرعت ۲ متر در ساعت در حال اجرا است. اگر دمای بتن تازه ۲۲ درجه سانتی‌گراد باشد، فشار جانبی بتن در ارتفاع قالب را تعیین و در شکل نشان دهید.

جواب:

الف- با توجه به سرعت بتن ریزی از رابطه (۳-۲) مطابق زیر استفاده می شود:

$$P_m = 7.2 + \frac{1200}{22+18} + \frac{250\ (2)}{22+18} = 49.7\ \ KN/m^2 \qquad 2 \le V_1 \le 3m/h$$

$30 \le P_m(49.7) \le 100\ \ (KN/m^2)$ صحت محدودیت روبرو نیز مورد تأیید است

اسلامپ و روانی بتن: این خصوصیت ارتباط مستقیم با سرعت بتن ریزی دارد و افزایش آن همان اثرات افزایش سرعت بتن ریزی را در پی دارد. لذا روابط (۳-۱ و ۳-۲ و ۳-۳ و ۳-۴) برای بتن با اسلامپ مساوی و یا کم‌تر از ۱۰۰ میلی‌متر توصیه شده است.

نوع ارتعاش بتن (داخلی یا خارجی): انواع روش های تراکم بتن، بارهای دینامیکی محسوب شده و اثرات افزاینده ای بر فشار جانبی دارند.

وزن مخصوص بتن رابطه مستقیم با فشار جانبی دارد.

ضربه و لرزش ناشی از بتن‌ریزی بارهای دینامیکی محسوب شده و اثرات افزاینده ای بر فشار جانبی دارند.

مثال (۳-۲): بتن ریزی ستون بتنی با ارتفاع ۵ متر با سرعت ۱ متر در ساعت در حال اجرا است. اگر دمای بتن تازه ۳۰ درجه سانتی‌گراد باشد، فشار جانبی بتن در ارتفاع قالب را تعیین نمایید.

جواب:

الف- برای ستون بدون توجه به سرعت بتن‌ریزی از رابطه (۳-۴) مطابق زیر استفاده می شود:

$$P_m = 7.2 + \frac{800\ V_1}{T_c + 18}(KN/m^2) \Rightarrow \qquad P_m = 7.2 + \frac{800\ (1)}{30+18} = 23.85\ \ KN/m^2$$

$30 \le P_m(23.85) \le 150\ \ (KN/m^2)$ مقدار حاصل در رابطه مقابل صدق نمی کند

براساس رابطه کنترلی بالا حداقل فشار جانبی بتن برابر با ۳۰ کیلونیوتن بر مترمربع منظور می‌شود.

۳-۴-۱-۳ بارهای ویژه

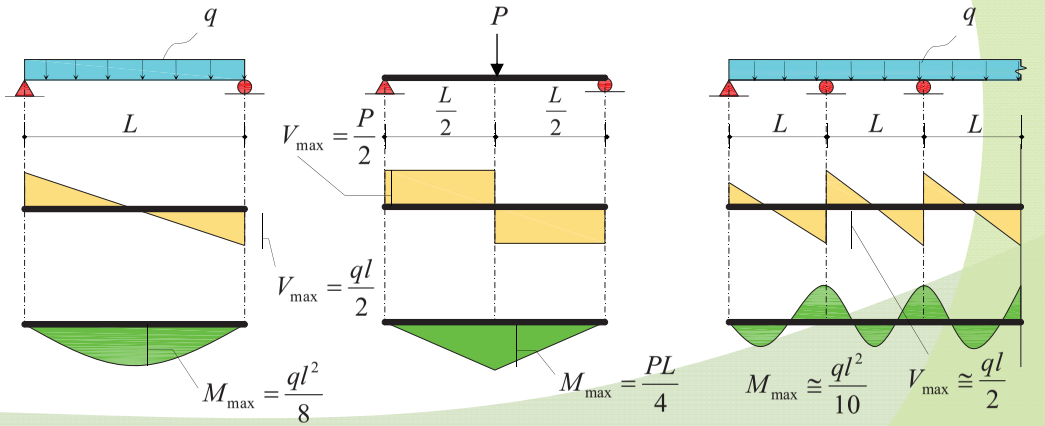
مهم‌ترین بارهای ویژه عبارتند از [۱- بند ۹-۹-۳-۲-۴]:

- بار ناشی از بتن‌ریزی نامتقارن
- ضربه حاصل از ماشین‌آلات و پمپ بتن
- نیروهای رو به بالا در قالب‌ها و اقلام کار گذاشته در بتن
- اثرهای دینامیکی نظیر اثر تخلیه بتن از جام حمله بتن
- بارهای حاصل از نشست نامتقارن تکیه‌گاه‌های قالب
- بارهای ناشی از لرزاندن و متراکم کردن بتن

۳-۴-۲ طراحی اجزای قالب

قالب به عنوان یک سازه ی موقت اما مهم باید ایمنی و کیفیت لازم را داشته باشد. برای این منظور پس از انتخاب نوع سیستم قالب، بایستی جزییات آن با استفاده از تئوری های تحلیل سازه و مقاومت مصالح، تحلیل و طراحی شود. برای این منظور به وسیله روابط استاتیکی موجود نیروهای داخلی اعضاء و تنش های هریک محاسبه و سپس لزوم کم‌تر بودن این تنش ها از تنش مجاز مصالح بررسی می شود.

می‌توان گفت که قسمت های زیادی از قالب، رفتاری همانند یک تیر سراسری و تحت بار یکنواخت دارند، از این رو حداکثر تلاش های داخلی برای چند حالت بارگذاری در اشکال (۳-۶۰) آمده است.



اشکال (۳-۶۰): نمودارهای توزیع برش و لنگر در تیر ساده

برای تعیین مقادیر دقیق حداکثر تلاش های فوق می توان از روابط ساده برای تیر سراسری؛ حداکثر لنگر خمشی رابطه (۳-۵)، حداکثر نیروی برشی رابطه (۳-۶) و حداکثر تغییر شکل رابطه (۳-۷) استفاده نمود.

$$M_{max} = \frac{ql^2}{10} \qquad (۳-۵)$$

$$V_{max} = \frac{ql}{2} \qquad (۳-۶)$$

$$\Delta_{max} = \frac{2}{384}\frac{ql^4}{EI} \qquad (۳-۷)$$

پس از محاسبه حداکثر تلاش های داخلی با استفاده از روابط فوق‌الذکر می‌توان تنش های حداکثر حاصل را از روابط (۳-۸ و ۳-۹ و ۳-۱۰) به‌دست آورد. این تنش ها باید از مقادیر مجاز کم‌تر باشند تا طراحی مورد قبول باشد. روابط اخیر به تفکیک شامل؛ حداکثر تنش خمشی عضو از رابطه (۳-۸)، حداکثر تنش برشی مقاطع مستطیلی و غیر مستطیلی به ترتیب از روابط (۳-۹ و ۳-۱۰) استفاده می شود.

$$f_b = \frac{M_{\max} C}{I} = \frac{M_{\max}}{S} < f_b' \qquad (۳-۸)$$

$$f_v = \frac{1.5 V_{\max}}{A} < f_v' \qquad (۳-۹)$$

$$f_v = \frac{VQ}{Ib} < f_v' \qquad (۳-۱۰)$$

مقادیر تنش مجاز برای مصالح متداول در بخش (۳-۳-۱) (مشخصات مصالح) آمده است. یکی از مهم‌ترین مراحل طراحی قالب، کنترل تغییر شکل قالب تحت بارهای وارده است. اگر تغییر شکل قالب بزرگ و بیش از حد باشد، پس از خودگیری بتن، این تغییر شکل ها در سطح بتن دیده شده و می تواند خدمت رسانی سازه را تحت تأثیر قرار دهد. بر این اساس لازم است علاوه بر کنترل تنش خمشی و تنش برشی، تغییر شکل و خیز قالب نیز تعیین شود و از مقدار مجاز کم‌تر باشد. حداکثر تغییر شکل و خیز قالب از رابطه ی (۳-۷) محاسبه می شود. حداکثر تغییرشکل قالب باید از مقادیر مجاز فوق کم‌تر باشد.

در صورتی که نمای عضو و یا صلبیت آن از اهمیت زیادی برخوردار نباشد:

$$\Delta_{\max} < 3\ mm < \frac{l}{270}\ mm$$

برای کنترل قالب های با اهمیت نما و صلبیت:

$$\Delta_{\max} < 1.5\ mm < \frac{l}{360}\ mm$$

۳-۴-۲-۱ طراحی رویه

رویه قالب اولین لایه باربر قالب محسوب می شود. به علت مهار رویه توسط پشت بندها، رفتار رویه حدفاصل پشت‌بندها عملکردی تیری خواهد بود. با استفاده از روابط بخش قبلی تلاش های داخلی رویه و نیروهای تکیه گاهی که برای طراحی دیگر اجزای قالب به کار می رود، قابل محاسبه می باشد. برای ساخت رویه ی چوبی معمولاً از الوارهایی با مقطع مستطیل شکل به عرض ۱۰۰ تا ۱۵۰ و به ضخامت ۲۰ تا ۳۰ میلی متر استفاده می شود. هم‌چنین برای ساخت رویه ی فلزی از ورق های فولادی با عرض ۱ تا ۲ متر و ضخامت ۲ تا ۶ میلی متر استفاده می شود. هدف از طراحی رویه تعیین ضخامت بهینه رویه قالب می باشد تا ضمن جلوگیری از اتلاف مصالح و وزن زیاد قالب، مقاومت و تغییرشکل مناسبی داشته باشد.

در طراحی قالب معمولاً رویه قالب براساس عرض واحد منظور می شود و ضخامت آن به دست می آید. بر این اساس شدت بار وارد بر قالب در عرض واحد برابر است با:

عرض واحد × فشار وارد بر قالب = شدت بار

$$q = P \times 1_m \qquad KN / m$$

با معلوم بودن شدت بار و طول دهانه (فاصله ی پشت بندها) می توان ضخامت مناسب رویه را به راحتی تعیین کرد.

مثال (۳-۳): دیواری بتنی با ضخامت ۲۵۰ میلی متر و ارتفاع ۶ متر قرار است با قالب چوبی و بتن‌ریزی با سرعت ۱/۵ متر بر ساعت در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد ساخته شود، ضخامت بهینه ی رویه را طراحی نمایید.

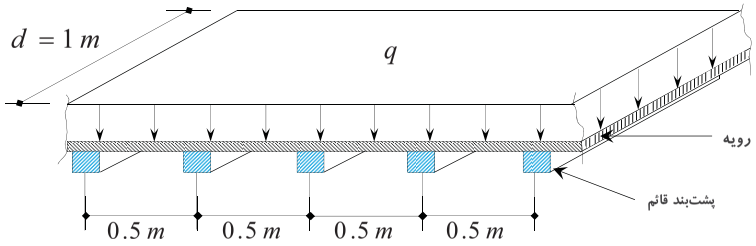
جواب:

۱) با توجه به سرعت بتن ریزی و دمای محیط، فشار وارد از بتن ریزی بر قالب دیوار از رابطه (۳-۱) تعیین می شود:

$$P_m = 7.2 + \frac{800\ (1.5)}{20+18} = 38.8\ KN/m^2 \Rightarrow$$

$$30 \le P_m(38.8) \le 100\ \ (KN/m^2) \quad Ok$$

۲) دیاگرام آزاد نیروهای وارد بر رویه قالب مشخص می شود:



شکل (۳-۶۲): توزیع نیرو در رویه

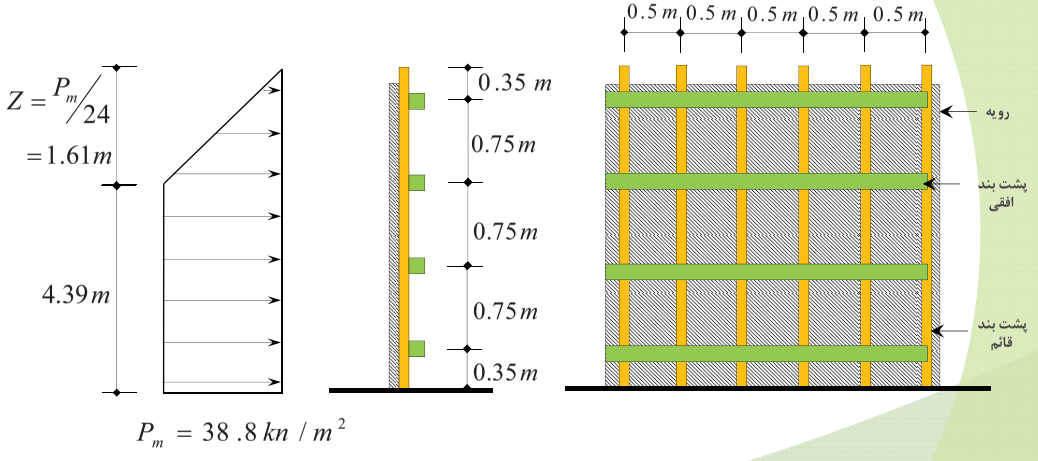
شدت بار در یک متر طول رویه ی قالب برابر است با:

$$q = 38.8 \times 1 = 38.8\ KN/m$$

۳) تعیین لنگر خمشی و نیروی برشی حداکثر:

$$M_{max} = \frac{ql^2}{10} = \frac{(38.8 \times 1000/1000) \times (0.5 \times 1000)^2}{10} = 970000\ N.mm$$

$$V_{max} = \frac{ql}{2} = \frac{(38.8 \times 1000/1000) \times (0.5 \times 1000)}{2} = 9700\ N$$



اشکال (۳-۶۱): مشخصات قالب و نحوه توزیع فشار جانبی بتن ریزی

۴) تعیین تنش خمشی و برشی در صفحه ی رویه و مقایسه آن با مقادیر مجاز:

$$S = \frac{I}{c} = \frac{dt^3/12}{t/2} = \frac{d.t^2}{6} = \frac{1000.t^2}{6} = 166.7t^2$$

برای تعیین ضخامت رویه با استفاده از رابطه تنش خمشی، لازم است مقدار تنش خمشی مجاز از جدول (۳-۳) بزرگ‌تر از تنش خمشی موجود باشد لذا با جاگذاری تنش خمشی مجاز در رابطه زیر، ضخامت رویه حاصل می شود.

$$f_b = \frac{M_{max}}{S} = \frac{970000}{166.7t^2}$$

تنش خمشی مجاز چوب از جدول (۳-۳):

$$f_b' = 7.5\ N/mm^2$$

$$f_b = \frac{M_{max}}{S} = \frac{970000}{166.7t^2} < 7.5 \Rightarrow \quad t = 27.85 \approx 30\ mm$$

برای تعیین ضخامت رویه براساس تنش برشی نیز به صورت زیر عمل می شود، بعد از کنترل تغییرشکل بیش‌ترین ضخامت حاصل از این دو به عنوان ضخامت رویه ملاک عمل خواهد بود.

$$A = d \times t = 1000\ t$$

$$f_v = 1.5 \frac{V_{\max}}{A} = 1.5 \frac{9700}{1000\ t} = \frac{14.55}{t}$$

تنش برشی مجاز چوب از جدول (۳-۳):

$$f_v' = 0.8\ N / mm^2$$

$$\frac{14.55}{t} < 0.8 \quad \Rightarrow t = 18.2\ mm \approx 20\ mm$$

با توجه به بیش‌ترین مقدار حاصل از دو کنترل، ضخامت رویه ۳۰ میلی متر تعیین می شود.

۳-۴-۲-۲ طراحی پشت بند

پس از تحلیل و طراحی رویه، نیروهای عکس العمل منتهی به پشت بند مشخص می شود. اثر این نیروها بر پشت بند مشابه بارگذاری یکنواخت تیر سراسری می باشد. هدف از طراحی پشت‌بند، تعیین ابعاد مناسب و مقطع کافی برای پشت بند است. شدت بار وارد بر پشت بند به عرض بارگیر و عرض بارگیر نیز به فاصله ی بین پشت بندها وابسته است:

عرض بارگیر× فشار جانبی بر رویه= شدت بار

فاصله ی بین تکیه گاهی= طول دهانه

۵) در نهایت کنترل تغییر شکل رویه انجام می شود تا رویه در محدوده ی پشت بندها دچار انحنا و خمیدگی نشود. از جدول (۳-۳)، مشخصات چوب برداشت می شود و با استفاده از رابطه (۳-۷) میزان خیز تعیین می شود. بنابراین از جدول (۳-۳) داریم:

$$E = 8000\ \ N / mm^2$$

$$I = \frac{dt^3}{12} = \frac{1000 \times 30^3}{12} = 2250000 \quad mm^4$$

$$\Delta_{\max} = \frac{2}{384} \frac{ql^4}{EI} \Rightarrow \frac{2}{384} \frac{(38.8 \times 1000\ /1000) \times (0.5 \times 1000)^4}{8000 \times 2250000} = 0.7\ mm$$

حداکثر تغییرشکل قالب باید از مقادیر مجاز فوق کم‌تر باشد.

$$0.7 < 3\ mm < \frac{500}{270} mm \qquad Ok$$

معمولاً در ساخت قالب از دو ردیف پشت بند عمود بر هم (قائم و افقی) استفاده می شود که همواره یک ردیف پشت بندها بر دیگری تکیه دارد. لذا فواصل و سطح بارگیر آن‌ها با یکدیگر متفاوت خواهد بود. پشت بند اول از یک سمت متصل به رویه که تحت بارگذاری گسترده است و از سمت دیگر به پشت‌بند دوم که عمود بر آن است تکیه دارد. در این اتصال پشت بند دوم تحت بار نقطه ای ناشی از عکس العمل تکیه گاهی پشت‌بند اول خواهد بود. در نهایت وادارهایی با فواصل مناسب تکیه گاه پشت‌بند دوم بوده و نیروی وارده را به تکیه گاه منتقل می‌کند (اشکال ۳-۶۳).

۳-۴-۲-۳ طراحی وادار (شمع مایل)

وادار یا همان شمع مایل برای پایداری بدنه‌ی قالب استفاده می شود و به عنوان لایه آخر انتقال نیروی وارد بر قالب به تکیه گاه (زمین یا سطح صلب) عمل می کند. وادار تحت تأثیر بیش‌ترین بارهای ناشی از میلگردگذاری، بتن‌ریزی و یا فشار باد طراحی می شوند. لیکن به علت استفاده از میل مهار، نیروی افقی وجوه قالب های موازی با یکدیگر خنثی می شود. از این رو نیروی حاکم بر طراحی وادار در قالب های دو طرفه عموماً نیروی باد است.

وادار تحت اثر فشار افقی باد معادل $1KN/m^2$ در سطح قالب یا $1/5KN/m$بار گسترده متمرکز در بالای قالب که بیش‌ترین بار محوری را در وادار ایجاد می‌نماید، محاسبه می شود. مقدار این نیرو به فاصله ی بین وادارها (سهم بارگیری) و تعداد آن‌ها وابسته است [۱۱].

۳-۴-۲-۴ طراحی شمع

شمع قائم بیش‌تر برای نگهداری قالب های افقی همانند سقف کاربرد دارد. از این رو آن‌ها را به نام جک‌های سقفی نیز می شناسند. این اعضا در انواع و ابعاد مختلف تولید می شوند. نوع فلزی آن معمولاً در طول های ۳، ۳/۵ و ۴ متری تولید می شود. برای ارتفاع های بیش از ۴ متر استفاده از داربست توصیه می‌شود. این اعضا تحت نیروی فشاری طراحی می شوند. مشخصات یک جک سقفی فلزی عبارت است از؛ لوله داخلی جک‌های سقفی به قطر ۵۰ میلی‌متر و لوله بیرونی آن که به قطر۶۰ میلی‌متر می‌باشند و ضخامت ورق هر دو لوله ۲/۵ میلی متر می‌باشد. برای کنترل لاغری این اعضا در برابر فشار وارده از حداقل قطر یعنی ۵۰ میلی متر استفاده می شود [۱۰].

۳-۴-۲-۵ طراحی بولت و صفحه پخش نیرو

از بولت یا میل مهار در قالب های دیوار و ستون استفاده می شود. این اعضا در انتقال و پخش مناسب نیروها بسیار کاربردی هستند. بولت ها به جهت اتصال دو وجه قالب به یکدیگر ضمن کاهش نیروهای وارده بر دیگر اجزا، باعث محدود نمودن تغییرشکل و جابه‌جایی بدنه ی قالب نیز می شوند. به منظور پخش نیروها در محل اتصال بولت با قالب، از صفحات صلبی برای کاهش تمرکز تنش در اطراف مهارها و جلوگیری از برش پانچ در این ناحیه استفاده می شود. نیروی محوری هر بولت به سطح بارگیر آن وابسته است که این سطح نیز به فاصله ی ردیف های افقی و قائم بولت گذاری بستگی دارد.

۳-۵ قالب‌بندی

مهم ترین مواردی که در قالب بندی بتن باید به آن توجه شود عبارتند از:

۳-۵-۱ مواد رهاساز

۳-۵-۲ تنظیم مجموعه قالب‌بندی

۳-۵-۳ نصب پایه‌های اطمینان

۳-۵-۴ پاشنه (رامکا)

۳-۵-۵ نکات تکمیلی

۳-۵-۱ مواد رهاساز

چسبیدن بتن به قالب پس از گیرش همواره یکی از نکات حساس قالب بندی محسوب می‌شود. در صورت آغشته نمودن قالب به مواد رهاساز قبل از بستن قالب، چسبیدن بتن به قالب به حداقل ممکن می‌رسد. البته بعضی از قالب‌ها مانند پلی‌استایرن منبسط شده نیاز به مواد رهاساز ندارد. مواد رهاساز انواع مختلفی دارد و بنابر مصالح قالب مانند چوب، فولاد و الیاف شیشه‌ای نیاز به نوع خاصی از ماده ی رهاساز می‌باشد. بنابراین برای عملکرد صحیح و به جای مواد رهاساز باید از انتخاب مناسب آن اطمینان حاصل کرد. مشخصات و ضوابط بیش‌تری در ادامه مورد بررسی قرار می گیرد:

برخی از مهم ترین انواع مواد رهاساز عبارتند از:

الف) روغن‌های تمیز (روغن ماشین): معمولاً بر روی سطوح قالب‌های فلزی استفاده می‌شود ولی می‌توان برای قالب‌های چوبی چندلا که نفوذپذیری کم‌تری دارند استفاده نمود.

ب) امولسیون‌های کِرمی قالب: برای استفاده قالب‌های چوبی چندلا به‌طور کلی یک ماده رهاساز مناسب برای مصرف عمومی است. نباید آن را رقیق کرد زیرا خاصیت خود را از دست می‌دهد و تنها برای مدت محدودی قابل نگهداری است.

پ) مواد رهاساز شیمیایی: این مواد رهاساز قابل استفاده برای انواع سطوح قالب‌ها است لیکن به‌علت هزینه بیش‌تر آن، برای کارهایی با کیفیت بالا کاربرد دارد.

ت) واکس مخصوص قالب: عموماً برای قالب‌های مخصوص یا پیش‌ساخته مورد استفاده قرار می‌گیرد. مالیدن آن به‌صورت لایه‌ی نازک و یکنواخت، کاری تخصصی محسوب می‌شود.

ث) مایع آزاد کننده: قابل استفاده برای انواع قالب‌ها از جمله قالب‌های فولادی است. استفاده زیاد از حد آن ممکن است در سطح بتن لک‌هایی ایجاد کند.

ج) رنگ جدا کننده: این مواد بهتر است همراه با دیگر مواد رهاساز استفاده شود زیرا چنانچه دچار خراشیدگی شود، کارایی و کیفیت جداسازی و جداکنندگی خود را از دست می‌دهد.

چ) امولسیون آبی (مخلوط آب و روغن): این مخلوط از نظر ظاهری مناسب نبوده و تأثیر نامطلوب در رنگ بتن دارد و از سخت شدن سریع بتن جلوگیری می‌کند، این ماده ارزان و استفاده از آن ساده است و کاربرد آن برای مواقعی که سطح بتن پوشیده باشد، توصیه می‌شود [۱۶].

ح) روغن بدون مایع سطحی: در جایی که جنبه‌های ظاهری (نمای بتن) اهمیت داشته باشد، مناسب نیست و سطح بتن را خدشه دار خواهد ساخت. استفاده از این روغن ارزان قیمت بوده و کاربرد آن برای سطوحی است که پوشیده خواهند شد یا در خاک مدفون می‌شوند [۱۶].

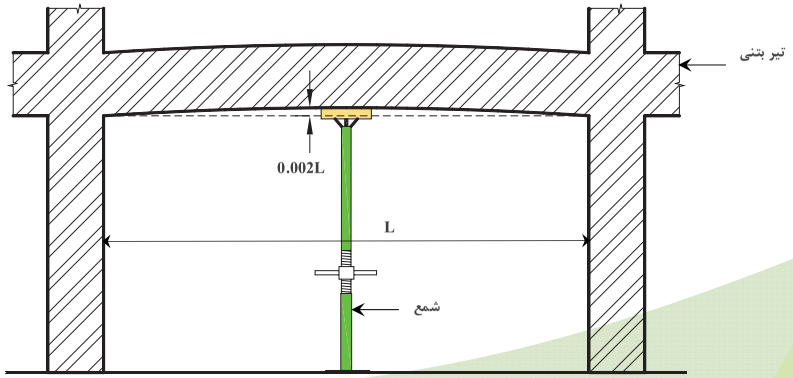
قالب‌ها باید از هر نوع آلودگی، ملات‌ها، مواد خارجی و نظایر این‌ها عاری باشند و قبل از هر بار مصرف با مواد رهاساز پوشانده شوند. این مواد را باید چنان به‌کار برد که بدون آلوده شدن میلگردها، روی سطوح قالب لایه‌ای یکنواخت و نازک به‌وجود آید [۱- بند ۹-۱۲-۱-۶]. در کارگاه‌های کوچک می‌توان از گازوئیل و یا روغن سوخته به‌عنوان ماده رهاساز استفاده نمود. ولی استفاده از گازوئیل ارجحیت دارد. به‌ویژه استفاده از مواد رهاساز با لزجت کم‌تر در قالب‌های فلزی باعث کاهش حفره‌های موجود در سطح می‌گردد.

۳-۵-۲ تنظیم مجموعه قالب‌بندی

مجموعه قالب‌بندی باید در تمامی مراحل قبل از بتن‌ریزی، ضمن و بعد از آن به‌دقت زیر نظر باشد و به منظور حفظ مجموعه در محدوده ی رواداری‌های مجاز تنظیم شود. تعبیه ی خیز اولیه برای تیرها و دال‌های دهانه بزرگ به‌طوری که بتواند تغییر شکل دراز مدت ناشی از بار مرده را جبران نماید، الزامی است [۱- بند ۹-۱۲-۱-۶].

مقدار خیز اولیه (خیز منفی یا معکوس) به عوامل مختلفی چون مشخصات هندسی عضو، نحوه قالب‌بندی و میزان نشست آن هنگام عملیات اجرایی، زمان و نحوه قالب‌برداری و برخی عوامل دیگر بستگی دارد.

بنابراین با فرض عدم نشست قالب‌بندی توصیه می‌شود؛ ۲ میلی‌متر خیز (حدود $\frac{L}{480}$ بر اساس [۱- بند ۹-۱۷-۲-۵]) برای هر متر طول عضو منظور گردد. بخش عمده این مقدار خیز بر اثر نشست مجموعه قالب و بارگذاری تیر قبل از نازک‌کاری از دست می‌رود و تیر تقریباً به حالت اولیه بر می‌گردد.



الف) تعبیه خیز منفی هنگام قالب‌بندی

۳-۵-۳ نصب پایه‌های اطمینان

هنگام برداشتن قالب سطوح زیرین قطعات بتن‌آرمه، باید پایه‌هایی به‌عنوان پایه‌های اطمینان در زیر سطح باقی گذاشت، تا از بروز تغییرشکل‌های تابع زمان جلوگیری شود. براساس ضوابط، پیش بینی پایه‌های اطمینان برای تیرهای با دهانه ی بزرگ‌تر از ۵ متر، تیرهای کنسول به طول بیش‌تر از ۲/۵ متر، دال‌های با دهانه بزرگ‌تر از ۳ متر، و دال‌های کنسول به طول بیش‌تر از ۱/۵متر اجباری است. تعداد پایه‌های اطمینان باید طوری باشد که فاصله ی آن‌ها به هر حال از ۳ متر تجاوز نکند [۱- بند ۹-۱۲-۱-۷].

۳-۵-۴ پاشنه (رامکا)

برای سهولت عمل قالب‌بندی و تنظیم پای قالب، غالباً از شابلون به عنوان پاشنه (رامکا) استفاده می‌گردد. پاشنه (رامکا) می‌تواند بتنی و یا فولادی باشد. در مناطق خورنده جنوب کشور و یا سازه‌های رویارو با آب و یون کلرید استفاده از رامکای فولادی مجاز نیست. در استفاده از رامکای بتنی باید به نکات زیر توجه شود [۷].

الف) رامکا یک قسمت محدود از بتن سازه است. برخورد با رامکا باید مانند سایر بتن‌های عضو متصل بوده و در اختلاط یا ریختن و تراکم و عمل‌آوری دقت‌های لازم به کار گرفته شود.

ب) رامکای بتنی باید با بتن زیرین به صورت یکپارچه ریخته شود. وجود دو درز اجرایی در فاصله ی بسیار نزدیک به هم (۱۰ تا ۲۰ سانتی‌متر) ابداً مجاز نیست. به‌ویژه آنکه در مناطق زلزله خیز واقع باشیم.

پ) در ساخت رامکا باید قالب‌ها با دقت در محل مورد نظر تنظیم و تثبیت گردند. به‌ویژه اگر بخواهیم رامکای بتنی به صورت پیوسته با بتن زیرین باشد، می‌توان قالب‌ها را از ابتدا در محل مورد نظر قرار داد. لازم است قالب بندی رامکا قبل از شروع بتن ریزی تنظیم (پیاده کردن دقیق موقعیت ستون‌ها و رعایت پوشش بتن کف) و به اتمام رسیده باشد. اجرای دقیق موقعیت و ابعاد رامکا به علت این که مبنای شروع ستون یا دیوار سازه است، از حساسیت بالایی برخوردار است. بستن قالب رامکا توسط فاصله نگهدارهای پلاستیکی متصل به میلگردهای انتظار انجام می‌شود.

امروزه رامکای فلزی (میلگرد) به علت سهولت و سرعت بالای اجرایی بسیار مورد استفاده قرار می گیرد. لیکن از نظر خورندگی شرایط محیطی به هیچ عنوان ضوابط مربوطه را پوشش نمی دهد و اجرای آن مجاز نمی باشد. به کارگیری میلگردهای اپوکسی شده یا استفاده از میلگردهای پلیمری می تواند به‌عنوان راهکار جایگزین مورد استفاده قرار گیرد. رامکای فلزی که دقیقاً به اندازه ی ابعاد داخلی قالب بریده و با سیم به میلگردهای طولی در دو جهت طولی و عرضی متصل می شود، در برخی موارد از جوش قوس الکتریکی برای این اتصال استفاده می شود که اشتباهی دیگر می باشد.

۳-۵-۵ نکات تکمیلی

برخی نکات قالب‌بندی که حالت کلی دارد در ادامه آمده است [۱- بند ۹-۱۲-۱-۶]:

- توصیه می‌شود سطوح فوقانی با شیب بیش‌تر از ۳:۲ (۲ قائم، ۳ افقی) قالب‌بندی شوند، به‌هر حال تعبیه قالب برای سطوح فوقانی با شیب بیش‌تر از ۱:۱ الزامی است. شیب بیش‌تر از ۱:۱ بدون قالب فوقانی عملیات بتن‌ریزی، تراکم و تسطیح را با مشکل مواجه می‌کند.

- قطعات رویه قالب‌ها باید در کنار هم طوری قرار گیرند (جذب و چفت شوند) که هدر رفتن شیره بتن ممکن نباشد.
- بعد از بتن‌ریزی باید تراوش خمیر سیمان بر روی قالب‌ها بلافاصله پاک شود. این عمل باعث می‌شود تا قالب برداری و تمیز کردن قالب‌ها آسان تر انجام پذیرد. مخصوصاً اگر قالب‌ها فلزی و صفحات بزرگ مورد استفاده قرار می‌گیرند، چسبیدن خمیر سیمان به آن‌ها سبب افزایش وزن صفحات می‌گردد.
- در مواردی که دسترسی به کف قالب‌ها دشوار یا غیر ممکن باشد، باید با تعبیه دریچه‌های بازدید و کفشوی‌های قالب، امکان تمیز کردن قالب قبل از بتن‌ریزی فراهم گردد.

۳-۶ قالب‌برداری

پس از بتن ریزی و خودگیری بتن، قالب ها جمع آوری و برای استفاده ی مجدد به کار گرفته می شوند. انجام این مراحل نیاز به تمهیدات خاصی دارد تا ضمن پرهیز از آسیب‌دیدگی عضو بتنی، تجهیزات قالب‌بندی نیز بهره‌وری بیش‌تری داشته باشند.

۳-۶-۱ نحوه قالب‌برداری

قالب‌برداری کاری تخصصی است و باید مطابق با ضوابط ارایه شده در ذیل انجام شود. عدم توجه به این نکات خسارات غیر قابل جبرانی به بار می‌آورد [۱- بند ۹-۱۲-۱-۹]:

الف) قالب باید زمانی برداشته شود که بتن بتواند تنش‌های مؤثر را تحمل کند و تغییرشکل آن از تغییرشکل‌های پیش بینی شده تجاوز نکند.

ب) پایه‌ها و قالب‌های باربر نباید قبل از آن‌که اعضا و قطعات بتنی مقاومت کافی را برای تحمل وزن خود و بارهای وارد کسب کنند، برچیده شوند.

پ) عملیات قالب‌برداری و برچیدن پایه‌ها باید گام به گام، بدون اعمال نیرو و ضربه، طوری صورت گیرد که اعضا و قطعات بتنی تحت اثر بارهای ناگهانی قرار نگیرند، بتن صدمه نبیند و ایمنی و قابلیت بهره‌برداری قطعات مخدوش نشود.

ت) در صورتی‌که قالب‌برداری قبل از پایان دوره مراقبت انجام پذیرد، باید تدابیری برای مراقبت بتن پس از قالب‌برداری اتخاذ کرد.

ث) پس از باز کردن قالب‌ها تمیز و روغن کاری می‌شوند، سپس به‌طور مطلوب انبار شده و تا استفاده مجدد محافظت شوند.

۳-۶-۲ زمان قالب‌برداری

به‌علت هزینه‌ی اولیه تجهیزاتی چون قالب‌ها مجبور به استفاده مکرر از این ادوات در یک پروژه خواهیم بود. کاهش خواب تجهیزات قالب‌بندی شدیداً دارای صرفه اقتصادی است، لیکن فرآیند طولانی گیرش بتن نیز عاملی بازدارنده محسوب می‌شود. از این رو تعیین زمانی مناسب که تعادلی بین این دو پارامتر باشد، همواره مد نظر بوده و ضوابطی که در ادامه بررسی می‌شوند نیز بر همین اصل استوار هستند [۱- بند ۹-۱۲-۱-۱۰].

الف) در صورتی‌که زمان قالب‌برداری در طرح تعیین و تصریح نشده باشد، باید زمان‌های داده شده در جدول (۳-۱۳) را به‌عنوان حداقل زمان برای برچیدن قالب‌ها و پایه‌ها ملاک قرار داد.

جدول (۳-۱۳): حداقل زمان لازم برای قالب‌برداری

شرح نوع قالب‌بندی		دمای مجاور سطح بتن (درجه سلسیوس)			
		۲۴ و بیش‌تر	۱۶	۸	۰
قالب‌های قائم، ساعت	$\frac{300}{T+10}$	۹	۱۲	۱۸	۳۰
دال‌ها: قالب زیرین، شبانه روز	$\frac{100}{T+10}$	۳	۴	۶	۱۰
دال‌ها: پایه‌های اطمینان، شبانه روز	$\frac{250}{T+10}$	۷	۱۰	۱۵	۲۵
تیرها: قالب زیرین، شبانه روز	$\frac{250}{T+10}$	۷	۱۰	۱۵	۲۵
تیرها: پایه‌های اطمینان، شبانه روز	$\frac{360}{T+10}$	۱۰	۱۴	۲۱	۳۶

زمان‌های داده شده با رعایت نکات مشروح زیر معتبر هستند:

- بتن با سیمان پرتلند معمولی نوع یک یا دو یا سایر سیمان‌هایی که روند کسب مقاومت مشابه دارند، ساخته شده باشد.
- در صورتی‌که ضمن سخت شدن بتن دمای محیط به کم‌تر از صفر درجه سلسیوس تنزل پیدا کند، زمان‌های داده شده را باید با توجه به‌شرایط فصل چهارم بند (۴-۷-۳) اصلاح کرد.
- در صورت استفاده از سیمان پرتلند نوع سه یا مواد تسریع کننده یا عمل‌آوری با بخار می‌توان زمان‌های داده شده را کاهش داد.

- در صورت استفاده از مواد کندگیر کننده، سیمان پرتلند نوع پنج یا سیمان‌هایی که روند کسب مقاومت مشابه دارند، باید زمان‌های داده شده را افزایش داد.
- درصورتی که ملاحظاتی خاص برای جلوگیری از ترک‌ها (به‌خصوص در اعضا و قطعات با ضخامت‌هایی متفاوت یا رویارو با دماهای مختلف)، یا تقلیل تغییر شکل‌های ناشی از وارفتگی مورد نظر باشد، باید زمان‌های داده شده را افزایش داد.
- درصورتی‌که عمل‌آوردن تسریع شده یا قالب‌بندی خاصی مورد نظر باشد، تقلیل زمان‌های فوق امکان‌پذیر است.

ب) برچیدن قالب‌ها و پایه‌ها در مدتی کم‌تر از زمان‌های داده شده در جدول (۳-۱۳) فقط به شرط آزمایش قبلی میسر است. درصورتی‌که آزمایش آزمونه‌های آگاهی (نگهداری شده در کارگاه) حاکی از رسیدن مقاومت بتن به حداقل ۷۰٪ مقاومت مشخصه باشد، می‌توان قالب‌های سطوح زیرین را برداشت ولی برچیدن پایه‌های اطمینان فقط در صورتی مجاز است که علاوه بر مراعات تمامی محدودیت‌ها، بتن به مقاومت ۲۸ روزه مورد نظر رسیده باشد.

جدول (۹-۱۰-۲۴): تأثیر نوع سیمان و سن بتن بر روی مقاومت فشاری نسبی بتن [۱- بند ۹-۱۰-۸-۱۱] ۱۴۶.

نوع سیمان	مقاومت فشاری (به صورت نسبی)			
	یک روزه	۷روزه	۲۸ روزه	۹۰روزه
سیمان نوعI	۰/۳۰	۰/۶۶	۱/۰۰	۱/۲۰
سیمان نوع II	۰/۲۳	۰/۵۶	۰/۹۰	۱/۲۰
سیمان نوعIII	۰/۵۷	۰/۷۹	۱/۱۰	۱/۲۰
سیمان نوعIV	۰/۱۷	۰/۴۳	۰/۷۵	۱/۲۰
سیمان نوعV	۰/۲۰	۰/۵۰	۰/۸۵	۱/۲۰

۳-۶-۳ برداشتن پایه‌های اطمینان

یکی از روش‌های مؤثر در کاهش زمان بازکردن قالب‌ها (قبل از رسیدن بتن به مقاومت نهایی)، تعبیه پایه‌های اطمینان می‌باشد، که برای عملکرد مناسب این اعضا لازم است ضوابطی که در ادامه ارایه شده مورد اجرا گذاشته شود [۱- بند ۹-۱۲-۱-۹-۲]:

الف) برای تیرهای با دهانه تا ۷ متر برداشتن کل قالب و داربست و زدن پایه‌های اطمینان مجاز است ولی برای دهانه‌های بزرگ‌تر از ۷ متر، تنظیم قالب و داربست باید طوری باشد که برداشتن قالب بدون جابه‌جایی پایه‌های اطمینان میسر باشد و یا برداشتن قالب و زدن پایه موقت، به صورت مرحله ای باشد.

ب) برای سازه‌های متشکل از دیوارها و دال‌های بتن‌آرمه، نظیر سازه‌هایی که با قالب‌های تونلی یا قالب‌واره‌های به ابعاد بزرگ‌تر ساخته شوند، می‌توان برچیدن پایه‌های اطمینان و برپایی مجدد آن‌ها را در دهانه‌های تا ۱۰ متر مجاز دانست. مشروط بر آن که زدن پایه‌های اطمینان بلافاصله پس از برداشتن قالب باشد و در عمل اطمینان حاصل شود که هیچ نوع ترک یا تغییرشکل نامطلوب بروز نخواهد کرد. در این حالت نیز اجرای مرحله ای پایه‌ی اطمینان قالب توصیه می‌شود

پ) به‌طور کلی درصورتی‌که قطعه مورد نظر جزئی از سیستمی پیوسته باشد، موقعی می‌توان پایه‌های اطمینان را برداشت که تمامی قطعات مجاور آن هم بتن‌ریزی شده باشند و بتن مقاومت کافی را کسب کرده باشد. درصورتی‌که تیر یا دال یکسره طراحی شده باشد، نمی‌توان پایه‌های اطمینان دهانه ای را برچید، مگر آن که دهانه‌های طرفین آن بتن‌ریزی شده باشند و بتن آن نیز مقاومت لازم را به‌دست آورده باشد.

ت) در صورت تکیه کردن مجموعه قالب‌بندی طبقه فوقانی روی طبقه تحتانی فقط وقتی می‌توان پایه‌های اطمینان طبقه زیرین را برچید که بتن طبقه بالای آن مقاومت لازم را به‌دست آورده باشد. توصیه می‌شود پایه‌های اطمینان همیشه در دو طبقه متوالی وجود داشته باشند و تا حد امکان هر دو پایه اطمینان نظیر در دو طبقه، روی هم و در امتدادی واحد قرار گیرند (تصویر ۳-۷۹).

ث) برداشتن پایه‌های اطمینان باید بدون اعمال فشار و ضربه طوری باشد که بار به‌تدریج از روی آن‌ها حذف شود (در دهانه‌های بزرگ از وسط دهانه به سمت تکیه‌گاه‌ها و در کنسول‌ها از لبه به‌طرف تکیه‌گاه). برداشتن بار از روی پایه‌های اطمینان در دهانه‌های بزرگ و قطعاتی که نقش سازه ای حساسی دارند، باید با وسایل قابل کنترل انجام پذیرد، به‌طوری‌که در صورت لزوم در هر لحظه بتوان باربرداری از روی پایه‌ها را متوقف کرد.

۳-۷ لوله‌ها و مجراهای مدفون در بتن

تعبیه بخش‌هایی نظیر مجاری تأسیسات برقی و مکانیکی از اهمیت زیادی در خدمت رسانی بی‌وقفه سازه دارند. از این رو کاهش طول مسیر این مجاری تنها با تأمین ملاحظات سازه‌ای ممکن می‌شود که در ادامه به بررسی آن‌ها پرداخته می‌شود [۱- بند ۹-۱۲-۱-۱۹]:

الف) مدفون کردن لوله‌ها و مجراهای آب، فاضلاب، بخار و گاز در بتن تیرها و ستون‌ها و در امتداد محور آن‌ها، یا در بتن قطعات صفحه ای و به موازات میان صفحه آن‌ها جز در موارد مندرج در بند (۳-۷-پ) ممنوع است.

ب) از عبور دادن لوله‌ها و مجراهای مذکور عمود بر امتدادهای ذکر شده هم باید تا حد امکان احتراز کرد. در صورت ضرورت باید اطراف لوله‌ها و مجراها به‌نحوی مناسب تقویت شود.

پ) در مناطقی که بارندگی مستمر ندارند، می‌توان برای ساختمان‌های تا سه طبقه، ناودان را در داخل بتن ستون دفن کرد مشروط بر این‌که در انجام محاسبات سازه فضای اشغال شده توسط ناودان، خالی منظور شود.

ت) عبور دادن لوله‌ها و مجراها از داخل فضای خالی تیرها و ستون‌های با مقطع مجوف مشروط بر این‌که قابل بازدید و قابل تعویض باشند بلامانع است.

ث) دفن کردن لوله‌ها و مجراهای تأسیساتی و برقی جز در موارد مندرج در بند (۳-۷-الف) مجاز است، مشروط بر این‌که سایر ضوابط بند (۳-۷) رعایت شوند (تصویر ۳-۸۳).

ج) لوله‌ها و مجراهای آلومینیومی نباید در قطعات بتنی دفن شوند، مگر آن‌که به‌طرزی مؤثر روکش شده باشند. به‌طوری‌که ترکیب شیمیایی میان بتن و آلومینیوم و نیز فعل و انفعال الکتروشیمیایی بین آلومینیوم و فولاد امکان‌پذیر نباشد.

چ) در قالب‌بندی پوشش‌های طبقات و نیز دیوارهای باربر باید عبور لوله‌ها و مجراهای مورد نیاز تأسیسات مکانیکی و برقی مطابق نقشه‌های مربوط پیش‌بینی شود، تا تخریب بتن پس از اتمام بتن‌ریزی لازم نشود. در موارد اضطراری که تعبیه سوراخ‌ها در زمان قالب‌بندی و بتن‌ریزی پیش‌بینی نشده باشد، سوراخ کردن دال یا دیوار (ستون مجاز نیست) فقط با استفاده از وسایل مناسب و مصوب مجاز است.

سوراخ کردن قطعات بتن‌آرمه باید با مته‌های دورانی یا چکش‌های ضربه‌ای دورانی به‌عمل آید. استفاده از چکش‌های ضربه ای ممنوع است، زیرا حداقل باعث ایجاد ترک‌هایی درون بتن و تقلیل پایایی آن منجر می‌شود.

ح) قرار دادن لوله‌های پلاستیکی داخل ستون‌ها و دیوارها برای عبور میل مهارهای قالب به‌شرط پرکردن آن‌ها با ملات ماسه سیمان پس از قالب‌برداری، مجاز است. درصورتی‌که تعداد و قطر این لوله‌ها در حدی باشد که هیچ یک از مقاطع بتن بیش‌تر از ۳ درصد تقلیل نیابد، می‌توان از پُر کردن داخل آن‌ها صرف‌نظر کرد.

خ) سطح اشغال شده توسط لوله‌ها و مجراهایی که همراه بست‌های خود در بتن ستون دفن می‌شوند، نباید از ۳ درصد سطح مقطعی که محاسبه مقاومت قطعه بر آن اساس بوده یا برای مقابله با اثر آتش‌سوزی مورد نیاز است بیش‌تر باشد. به‌علاوه این گونه لوله‌ها و مجراها باید در حوالی محور طولی ستون قرار گیرند. به‌هر حال نباید عملکرد قطعه با خدشه‌ی قابل ملاحظه ای مواجه شود. در صورت برآورده نشدن شروط فوق باید اثر مجراها در مقاومت ستون‌ها منظور شود.

د) لوله‌ها و مجراهای مدفون در بتن دال‌ها، تیرها و دیوارها جز در مواردی که نقشه‌های آن‌ها به تصویب مهندس طراح رسیده باشند، باید با ضوابط زیر مطابقت داشته باشند:

- ابعاد بیرونی آن‌ها نباید از $\frac{1}{3}$ ضخامت کل قطعه مورد نظر بیش‌تر باشد.
- فاصله مرکز تا مرکز هر دو لوله یا مجرای مجاور هم نباید از ۳ برابر قطر یا عرض آن‌ها *(برای مقاطع مستطیلی)* کم‌تر باشد.

مثال (۳-۱۰): تعداد و موقعیت لوله های عبوری میل مهار با قطر خارجی ۱۵ میلی متر را با توجه به شکل (۳-۸۵) بررسی نمایید.

جواب:

الف) جهت افقی: سطح افقی دیوار بتنی و منافذ ناشی از عبور لوله های غلاف مهاری به صورت زیر بررسی می شود.

سطح مقطع دیوار در طول واحد:

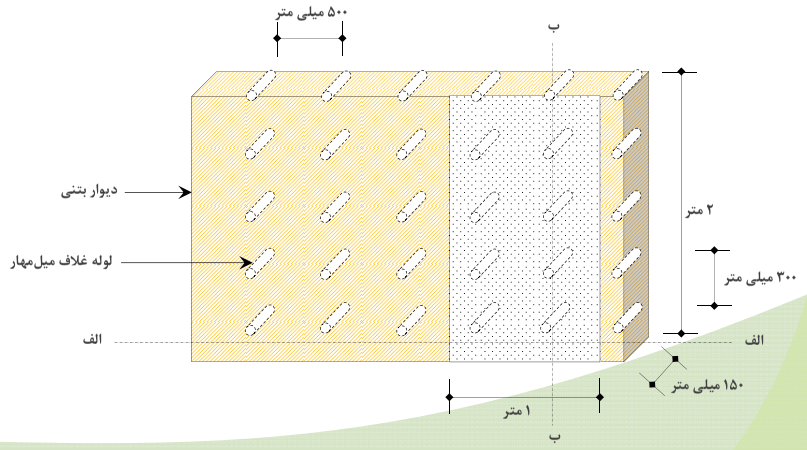
$$A = 1000 \times 150 = 150000 \ \ mm^2$$

مجموع سطح مقطع ۲ میل مهار قرار گرفته در طول واحد

$$A = 2 \times (15 \times 150) = 4500 \ \ mm^2$$

مقطع بتن بیش‌تر از ۳ درصد تقلیل نیافته است

$$\frac{4500}{150000} \times 100 = 3 \leq 3\% \qquad Ok$$



شکل (۳-۸۵): موقعیت لوله های میل مهار در دیوار بتنی

ب) جهت عمودی: سطح عمودی دیوار بتنی و منافذ ناشی از عبور لوله های غلاف مهاری به صورت زیر بررسی می شود.

سطح مقطع دیوار در طول واحد:

$$A = 2000 \times 150 = 300000 \ \ mm^2$$

مجموع سطح مقطع ۵ میل مهار قرار گرفته در طول واحد:

$$A = 5 \times (15 \times 150) = 11250 \ \ mm^2$$

مقطع عمودی بتن بیش‌تر از ۳ درصد تقلیل یافته است و ضابطه (۳-۷-ح) را تأمین نمی‌نماید:

$$\frac{11250}{30000} \times 100 = 3.75 \leq 3\%$$

لذا پُرکردن غلاف مهاری با ملات ماسه سیمان پس از قالب‌برداری، الزامی است.

۳-۸ درزهای بتن

- درز در لغت به معنی فاصله و جدایی دو قطعه از یکدیگر است.
- هدف از اجرای درز در قطعات بتنی کاهش آثار مخرب ناشی از محدودیت های اجرایی یا بارگذاری خاصی بر قطعه است.
- درزهای مورد استفاده در سازه های بتنی بسیار متنوع می‌باشند که در دو بخش ساختمانی (اجرایی) و حرکتی در ادامه مورد بررسی قرار می‌گیرند.

۳-۸-۱ درز ساختمانی (اجرایی)

- از آنجاکه نمی‌توان از ابتدا تا پایان ساختمان سازی، به صورت یکنواخت بتن‌ریزی نمود، ناگزیر از درزهای ساختمانی استفاده می‌شود.
- دلایل دیگری که تعبیه درز ساختمانی را ضرورت می‌بخشد، محدودیت مقدار قالب و محدودیت های آیین نامه ها برای رعایت فاصله زمانی اجرایی بین اجرای اعضای قائم و افقی است.
- به عبارت دیگر، درز ساخت، سطح بتن سخت شده ای است که در تماس با بتن تازه قرار می‌گیرد.
- در این اتصال بتن تازه قابلیت چسبندگی به بتن سخت شده را دارد که با رعایت نکات اجرایی خاصی می توان عملکردی مشابه دیگر نقاط پیوسته بتن، از این اتصال انتظار داشت.

- در هر حال تعداد درزهای اجرایی باید در کم‌ترین حد لازم برای انجام کار انتخاب شود [۱- بند ۹-۱۲-۲-۱] تا اثرات منفی اقتصادی یا مشکلات اجرایی بر طرح کاهش یابد.

۳-۸-۱-۱ موقعیت درز

پس از محرز شدن لزوم تعبیه درز اجرایی، نیاز به موقعیت یابی برای اجرای آن در مقطع بتنی است. این مهم جز با شناخت نیروهای موجود در مقطع بتنی و توانایی اجرایی پیمانکار میسر نخواهد شد. از این رو ضوابط موجود بر اجرای موارد زیر جهت تعیین موقعیت درز تأکید دارند [۱- بند ۹-۱۲-۲-۱]:

الف) در تعیین موقعیت درزهای اجرایی باید دقت کافی به‌عمل آید. شکل درزهای اجرایی و موقعیت آن‌ها بسته به اهمیت کار باید در نقشه‌ها منعکس یا در کارگاه به‌وسیله دستگاه نظارت تعیین شود. در هر حال تعیین موقعیت درزهای اجرایی را نباید به محل یا زمانی دلخواه از قبیل پایان روز کار موکول کرد. عموماً موقعیت درزهای اجرایی توسط طراح با توجه به توانایی اجرایی پیمانکار مشخص و با جزییات و نقشه های اجرایی ارایه می شود.

ب) درزهای اجرایی را باید در مقاطعی پیش‌بینی کرد که در آن‌ها نیروهای داخلی و به ویژه نیروهای برشی کم‌ترین مقدار را دارند. در صورت لزوم برای انتقال نیروهای برشی و سایر نیروهای داخلی، در محل درزهای اجرایی باید پیش‌بینی‌های لازم به‌عمل آید. وجود نیروهای حداقل در مرز مشترک این درزها، کاهش تمهیدات خاص و افزایش ایمنی اتصال را در بر دارد.

پ) ایجاد درزهای اجرایی کف‌ها باید در ثلث میانی دهانه دال‌ها، تیرهای اصلی و فرعی قرار گیرند. در تیرهای اصلی فاصله هر درز اجرایی تا تیر فرعی متقاطع با آن‌ها نباید از دو برابر عرض تیر فرعی کم‌تر باشد. در صورت تعارض، مفاد بند (ب) اولویت دارد. به علت تردشکن بودن اعضای بتنی در برابر نیروهای برشی، حساسیت بیش‌تری در موقعیت درز نسبت به این نیروها وجود دارد. لذا بخشی از این نگرانی در قالب محدودیت های فوق ارایه شده است.

۳-۸-۱-۲ شکل درز

درزهای اجرایی نباید بدون شکل باشند بلکه باید امتدادی عمود بر امتداد تنش‌های عمود بر سطح داشته باشند. از ایجاد درزهای بزرگ اجرایی باید خودداری کرد و درزهای لازم را به صورت پلکانی یا سطوح شکسته در نظر گرفت [۱- بند ۹-۱۲-۲-۱].

- نوع شکل درز برحسب نوع قطعه و موقعیت قرارگیری آن متفاوت خواهد بود.

۳-۸-۱-۳ نمای درز

در دیوارهای بتنی بلند عموماً ملزم به تعبیه درز اجرایی می‌شویم. در مواقعی که دیوار به صورت نما اجرا شود برای آراستگی ظاهری درز اجرایی و در نهایت نمای دیوار باید درزهای افقی کاملاً مستقیم و افقی باشند. برای آنکه درز ساخت کاملاً افقی و مستقیم باشد می‌توان با نصب یک زه چوبی یا فلزی بر دیواره قالب یک شکاف در محل درز ایجاد کرد. این شکاف، هم به در راستا بودن درز کمک می‌کند و هم ظاهری مناسب به‌وجود می‌آورد.

- پس از آنکه بتن سخت شد، قالب و نوار چوبی را می‌توان برداشت و برای ادامه بتن‌ریزی، قالب را در ارتفاع بالاتر نصب کرد و بتن‌ریزی را انجام داد.

۳-۸-۱-۴ آماده سازی و اتصال درز

در محل درز اجرایی، بین بتن قدیم و بتن تازه باید پیوستگی ایجاد نمود. رعایت مواردی به شرح زیر باعث افزایش مقاومت پیوستگی بین بتن قدیم و بتن تازه می‌شود:

الف) در درزهای اجرایی باید سطح بتن را تمیز کرد و دوغاب خشک شده را از روی آن زدود [۱- بند ۹-۱۲-۲-۱-۱]. برحسب فضای کارگاه ممکن است سطح بتن قدیم به موادی زاید چون گرد و خاک، روغن یا مواد نفتی آلوده شده باشد، که باید پاک شود. برای تمیزی سطح بتن باید از برس، هوای فشرده، حلال مناسب و یا آب با فشار زیاد استفاده کرد، به‌طوری‌که مواد سنگی بتن لق یا از بتن جدا نشوند. هم‌چنین زدودن لایه نازک ناشی از آب انداختن بتن در سطح آن توسط ابزارهای ذکر شده، ضروری است.

ب) برای تأمین پیوستگی بتن در محل درزهای اجرایی باید سطح بتن قبلی را خشن ساخت و سپس لایه بعد را ریخت [۱- بند ۹-۱۲-۲-۱-۳]. روش مؤثر برای زبر و ناهموار کردن سطح بتن، استفاده از برس‌زدن است که ۲ تا ۴ ساعت پس از اتمام تراکم باید انجام شود. وقتی نوک سنگدانه‌های درشت بیرون از سطح بتن قرار می‌گیرند نشان دهنده زبری مناسب است. اگر عملیات زبر کردن به روز بعد از بتن‌ریزی موکول شود، نیاز به کار بیش‌تری خواهد داشت، بنابراین بهتر است زبر کردن در روز بتن‌ریزی و در ساعات اولیه گیرش انجام شود [۷].

پ) بعد از آماده سازی سطح بتن قدیم و چند ساعت قبل از بتن‌ریزی، باید سطوح درزهای اجرایی با آب کاملاً اشباع شوند، اما باید صبر کرد تا آب اضافی روی سطح خشک شود و یا با استفاده از هوای فشرده، آب اضافی را از سطح زدود [۷]. بنابراین باید تمامی سطوح درزهای اجرایی را قبل از بتن‌ریزی جدید به صورت اشباع با سطح خشک در آورد [۱- بند ۹-۱۲-۲-۱-۴].

ت) در صورتی که نیاز به پیوستگی بیش‌تر بین سطوح محل درز باشد، می‌توان از میلگرد آج‌دار (داوِل Dowel) استفاده کرد. معمولاً این روش برای دال‌های کف مناسب است. به خصوص در مواردی که دال بار زیادی را تحمل می‌کند، مانند کف سالن‌های صنعتی و یا محوطه ای که محل آمد و شد ترافیک است. در جدول (۳-۱۴)، مشخصات میلگرد آج‌دار را برای تعبیه در درز ساخت نشان می‌دهد [۷].

جدول (۳-۱۴): مشخصات و فواصل میلگرد اتصال (داوِل) در درز ساخت

ضخامت دال (میلی متر)	قطر میلگرد آج‌دار (میلی متر)	طول میلگرد (میلی متر)	فاصله میلگرد (میلی متر)
۱۲۰-۲۰۰	۱۲	۷۵۰	۷۵۰
۲۳۰-۳۲۰	۱۶	۷۵۰	۷۵۰

- برای نصب میلگردها، ابتدا باید در قالب حفره‌هایی با فواصل مورد نظر ایجاد کرد و سپس میلگردها در داخل حفره‌ها جاسازی شود به صورتی که نصف طول میلگردها در طرفین قالب قرار بگیرد. سپس بتن‌ریزی انجام می‌گردد.
- در زمان قالب‌برداری، نصف طول میلگردها خارج از بتن ساخته شده قرار می‌گیرند. عموماً این میلگردها از یک طرف متصل به بتن و از طرف دیگر آزادی جابه‌جایی افقی دارند.

ث) استفاده از دوغاب سیمان برای اتصال درز اجرایی بنابر دلایل زیر توصیه نمی‌شود [۱۳]:

- آزمایش‌ها نشان داده‌اند که چسبندگی بتن جدید و قدیم افزایش قابل توجهی ندارد.
- به علت محدودیت دسترسی به درز افقی در پایین قالب نصب شده عموماً اطمینان از یکنواختی پوشش دوغاب بر سطح بتن، سخت حاصل می‌شود.
- دوغاب کاری اصولی درزهای عمودی تقریباً غیر ممکن است.
- قبل از آنکه بتن تازه جاگذاری شود، خشک شدن دوغاب باعث بوجود آمدن همان لایه ی زایدی می‌شود که قبلاً پاک شده بود.
- در بتن‌های نمایان، ظاهر درز به وسیله خطی با رنگ‌های مختلف متمایز می‌شود.

در این صورت باید از ریختن بتن شل در پشت قالب موقت و لرزاندن طولانی بتن مجاور آن خودداری شود. رابیتس در توده‌ی بتن باقی می‌ماند یا در صورت لزوم به موقع کنده می‌شود. زمان کندن توری باید در ساعات اولیه پس از گرفتن بتن باشد تا سطح حاصل بتواند پیوستگی خوبی با بتن بعدی داشته باشد. در صورتی که از رابیتس باقی مانده در توده بتن به‌عنوان قالب موقت استفاده شود، باید بلافاصله پس از گرفتن بتن، دوغابی را که از سوراخ‌های رابیتس گذشته و در پای آن جمع شده است کند و آثار آن را کاملاً تمیز نمود [۷].

۳-۸-۱-۵ قالب‌بندی درز

ایجاد درزهای اجرایی قائم باید با قالب‌های مناسب انجام شود [۱- بند ۹-۱۲-۲-۱-۶]. به‌جای قالب موقت می‌توان از توری با چشمه‌های ریز یا از رابیتس استفاده کرد که باید به وسیله یک شبکه میلگرد در محل مورد نظر نگهداری شود.

۳-۸-۲ درز حرکتی

عواملی چون تغییرات درجه حرارت، انقباض بتن و یا نشست‌های نامساوی ایجاد شده، نیروهای زیادی را در مقاطع مرتبط ایجاد می کنند که ادامه این روند تخریب ضعیف ترین بخش عضو بتنی را در پی دارد. برای همساز کردن جابه جایی‌های نسبی قسمت‌های مختلف سازه و کاهش نیروهای ناشی از آن، از درزهای حرکتی استفاده می شود. درزهای حرکتی در انواع زیر دسته بندی می‌شوند.

۳-۸-۲-۱درزهای انبساط

همان‌طورکه از نام این درز پیداست برای کنترل تغییر طول اعضای ناشی تغییرات حرارتی (انبساط و انقباض) تعبیه می‌شود که ضوابط آن در ادامه بررسی می‌شود:

الف) در صورت عدم در نظر گرفتن تأثیر تغییرات حرارتی و عوامل ناشی از آن و درصورتی‌که طول یا عرض ساختمان از ۲۵ متر در مناطق خشک، یا ۳۵ متر در مناطق معتدل، یا ۵۰ متر مناطق مرطوب تجاوز کند، اجرای درز انبساط در آن الزامی است. این درز باید در محل یا محل‌هایی در نظر گرفته شود که فاصله بین هر دو درز متوالی از مقادیر فوق تجاوز نکند. در صورت عدم اجرای درز در پی، اثرات ناشی از رفتار ناهمسان دو قسمت سازه، در پی اعمال گردد [۱- بند ۹-۱۲-۲-۲]. درز انبساط باید در پی و سازه اجرا شود [۱- سال۱۳۸۵].

حداقل عرض درز انبساط برابر با $\alpha L(\Delta T)$ می‌باشد. در این رابطه، α برابر با $۱۰\times۱۰^{-۶}\ ^{o}C$ در نظر گرفته می‌شود. درصورتی‌که آمار قابل قبول مورد نیاز برای ΔT وجود نداشته باشد آن را برابر با ۶۰ درجه سلسیوس بر حسب حداقل ۳۰- و حداکثر ۳۰+، در نظر گرفته می‌شود. این مقدار لازم است ضوابط مبحث ششم مقررات ملی ساختمان را نیز برای درز انقطاع تأمین نماید [۱- بند ۹-۱۲-۲-۲].

ب) یک درز انبساطی باید با کم‌ترین مقاومت در برابر انقباض و انبساط قادر به باز و بسته شدن باشد و از طرفی در مقابل کلیه حرکت‌های محتمل در محل درز، آب بند باقی بماند. یک درز انبساط به‌طور کلی از ۳ جزء اصلی تشکیل شده است[۹]:

- پر کننده درز
- درزگیر
- آب بند کننده (فقط در مورد سازه‌های آبی کاربرد دارد)

بر اساس توصیه ACI-350R کلیه میلگردها باید در فاصله ۲۰ میلی‌متری از وجه درز قطع شوند. در سازه‌های غیر آبی برای پُر کردن درز از مصالح نرم مثل یونولیت استفاده می‌شود و بعضاً درزگیر و آب‌بند کننده برای استفاده نیاز نمی‌باشد. برای سهولت تراکم بتن در اطراف آب‌بند کننده در درزهای انبساطی افقی واقع در کف یا سقف از جزییات اشکال (۳-۹۷) استفاده می‌شود.

۳-۸-۲-۲ درزهای انقطاع

درزهای جداساز قائم (انقطاع)، با جداسازی کامل (هیچ مصالح سختی حدفاصل این درز قرار نمی‌گیرد) دو بخش سازه در عملکرد آن‌ها مؤثر بوده و امکان حرکت نسبی در سه جهت را به سازه می‌دهد. رعایت درز انقطاع خصوصاً در کشورمان به علت تغییرات قابل توجه ابعادی و کیفیتی ساختمان های مجاور یکدیگر از اهمیت به سزایی برخوردار است. از این رو ضوابط موجود تأکید دارند که در ساختمان‌هایی که نسبت طول به عرض ساختمان از ۳ بیش‌تر است باید با ایجاد درز انقطاع آن را به مستطیل‌هایی تبدیل کرد که نسبت طول به عرض آن‌ها از ۳ بیش‌تر نباشد. سایر ضوابط درز انقطاع و میزان آن مطابق با مبحث ششم مقرارت ملی ساختمان می‌باشد [۱- بند ۹-۱۲-۲-۳].

۳-۸-۲-۳ درز انقباض (جمع شدگی)

در فرآیند گیرش بتن، حجم آن همواره اندکی کاهش خواهد داشت که به آن جمع‌شدگی خمیری یا خشک‌شدگی گویند. در این حالت اگر بتن نسبت به جابه‌جایی دارای قید باشد که عموماً توسط میلگردها ایجاد می‌شود، احتمالاً بتن ترک می‌خورد. برای جلوگیری از بروز ترک‌ها در سطح بتن، درزهای انقباض تعبیه می‌شود.

در مواردی که میلگرد به‌اندازه کافی در عضو بتنی در نظر گرفته شده باشد تا تنش‌های جمع‌شدگی را تحمل کند، نیاز به درز انقباض نیست. درزهای انقباض (کنترل یا جمع‌شدگی) به‌صورت ایجاد شیار ساده، دندانه دار، زبر شده و یا در شکل‌های خاصی در قطعه بتنی ایجاد می‌شود.

درز انقباض عملکردی مشابه فیوز در قطعات بتنی را دارد به طوری‌که با ایجاد یک مقطع ضعیف عملاً وقوع ترک‌های احتمالی را در این محل متمرکز می‌کند تا از پخش ترک‌ها در تمام سطح بتن پیشگیری شود. در صورت عدم رعایت محل یا جزییات اجرای درز انقباض، ترک‌ها در محل‌های نامشخص به وجود می‌آیند.

رعایت موارد زیر برای کف سازی رویه ی بتنی با درز انقباض توصیه می شود [۷]:

الف) برای ساخت درزهای انقباض می‌توان از وسیله دستی لبه‌زن استفاده نمود. اره ماشینی، وسیله‌ی دیگری برای ساخت درزهای انقباضی است، ولی عمل برش هنگامی باید آغاز گردد که بتن سخت شده باشد، در غیر این صورت، باعث جابه جایی سنگدانه‌ها می‌گردد.

توصیه می‌شود هنگامی‌که بتن تازه است، درز انقباض (برای جمع شدگی خمیری) اجرا گردد، زیرا اگر بتن سخت شود، باید از وسایل ذکر شده برای ایجاد درز استفاده کرد. بر همین اساس در زمانی که بتن تازه است با گذاشتن یک نوار چوبی یا فلزی در محل مورد نظر می‌توان درز را ایجاد کرد.

ب) ایجاد درزهای انقباض در بتن تازه نیز با استفاده از نوارهای پلاستیکی، فلزی و چوبی امکان‌پذیر است. برای نصب نوارها، یک شیار به وسیله ماله و یا شیارزن در بتن تازه ایجاد کرده و سپس نوارها در آن شیار گذاشته می‌شود. پس از اتمام عملیات ایجاد درزها، باید با استفاده از ماده درزگیر، نسبت به پُر کردن درزها اقدام نمود.

با پُر کردن درزها، از لبه‌های درز محافظت شده و عبور ترافیک بدون اشکال انجام می‌شود.

پ) برای تراکم سطح دال‌های کوچک می‌توان از دستگاه ویبره استفاده کرد، اما برای سطوح وسیع توصیه می‌شود که با استفاده از یک تیر فولادی که بر روی آن ویبره متصل است، عملیات تراکم اجرا گردد.

ت) یک روش مناسب برای ساخت دال، به روش نواری موسوم است. براساس این روش، ابتدا عرض دال به چند نوار طولی تقسیم می‌گردد و قالب‌ها نصب می‌گردند. سپس بتن به‌صورت نوارهای یک در میان ریخته می‌شود.

پس از بتن‌ریزی سری اول نوارهای طولی، قالب‌ها باز می‌شوند. در این مرحله نوارهایی که بتن‌ریزی شده‌اند به صورت قالب برای نوارهای دیگر مورد استفاده قرار می‌گیرند. درزهای انقباض در حد فاصل نوارها اجرا می‌گردند.

ث) محل درزها باید با پُرکننده مناسب پُر شود تا به دال از نظر نفوذ مواد زیان‌آور، خسارت وارد نگردد. این پُرکننده می‌تواند ملات سیمان با ماسه سیلیسی و با نسبت کم آب به سیمان باشد (اگر صرفاً درز انقباضی برای جمع شدگی خمیری باشد این مصالح مناسب است).

ج) فاصله درزهای انقباض معمولاً بین ۲۴ تا ۳۶ برابر ضخامت دال است. برای تعیین فاصله تقریبی درزها به جدول (۳-۱۵) مراجعه شود. فاصله‌ی درزهای انقباض به کارایی، حداکثر اندازه سنگدانه شکل و بافت سطحی سنگدانه‌ها، نسبت آب به سیمان، عیار و نوع سیمان بستگی دارد.

جدول (۳-۱۵): حداکثر فاصله درزهای انقباضی

ضخامت دال (میلی متر)	اسلامپ ۱۰۰ تا ۱۵۰ میلی‌متر - فواصل درزها (متر)*		اسلامپ کم‌تر از ۱۰۰ (میلی متر) فواصل درزها (متر)
	حداکثراندازه سنگدانه ۲۰ میلی متر	حداکثراندازه سنگدانه بیش از ۲۰ میلی متر	
۱۰۰	۳/۰۰	۲/۴	۳/۶۰
۱۲۵	۳/۹۰	۳/۰	۴/۵۰
۱۵۹	۴/۵۰	۳/۶۰	۵/۴۰
۱۷۵	۵/۴۰	۴/۲۰	۶/۳۰
۲۰۰	۶/۰۰	۴/۸۰	۷/۲۰
۲۲۵	۶/۹۰	۵/۴۰	۸/۱۰
۲۵۰	۷/۵۰	۶/۰۰	۹/۰۰

*شایان ذکر است، مقادیر اسلامپ ذکر شده برای بتن بدون استفاده از مواد افزودنی روان‌کننده یا فوق‌روان‌کننده است و چنانچه از بتن با مواد افزودنی استفاده گردد، اسلامپ قبل از استفاده از مواد افزودنی است.

پـــــایـــــان