اصول و روش های ساخت ساختمان

(جلد دو)

مولف:

مهندس محمد طیبی

www.Mohammadtayyebi.com

سرشناسه	:	طیبی، محمد، ۱۳۶۲ -
عنوان و نام پدیدآور	:	اصول و روش های ساخت ساختمان/ مولف محمد طیبی؛ ویراستار و صفحه‌آرا فرانک حاجی‌عبدالله.
مشخصات نشر	:	تهران: نشرزرین اندیشمند ۱۴۰۰
مشخصات ظاهری	:	۵ج: مصور(بخش رنگی)، جدول، نمودار
شابک	:	۹۷۸-۶۲۲-۷۵۹۱۶۳-۷
وضعیت فهرست نویسی	:	فیپا
موضوع	:	ساختمان سازی-- ایران
موضوع	:	Building--Iran
موضوع	:	ساختمان سازی—ایران—صنعت و تجارت
موضوع	:	Construction industry--Iran
رده بندی کنگره	:	TH145
رده بندی دیویی	:	۶۹۰/۰۲۹۵۵
شماره کتابشناسی ملی	:	۷۶۰۱۶۱۵

دفتر مرکزی: خیابان انقلاب، مابین خیابان دانشگاه و ابوریحان،
پلاک ۱۱۸۲، ساختمان فروردین، طبقه ۵، واحد ۱۹
شماره تماس: ۰۹۹۰۵۴۴۵۰۰۶ - ۶۶۱۷۶۰۸۷
وب سایت: Andishmandpub.com
پست الکترونیکی: Andishmand.pub@gmail.com

نشر زرین اندیشمند

اصول و روشهای ساخت ساختمان(جلد دوم)

مولف: محمد طیبی
ویراستار و صفحه آرا: فرانک حاجی عبدالله
نوبت چاپ: اول ۱۴۰۰
طراح جلد: ریحانه عامری پویا
قیمت: ۷۰۰۰۰۰ ریال
ناشر: نشر زرین اندیشمند
شابک: ۹۷۸-۶۲۲-۷۵۹۱۶۳-۷
شمارگان: ۵۰۰

حق چاپ و نشر برای ناشر محفوظ است.

تقدیم به پدرم

کوهی استوار و حامی من در طول تمام زندگی

تقدیم به مادرم

سنگ صبوری که الفبای زندگی به من آموخت

تقدیم به برادرانم

همسفران مهربان زندگیم.

مقدمه

دیربازیست که سرپناه نقش حیاتی و تعیین کننده ای در زندگی و محل اسکان بشر داشته است که با توجه به پیشرفت فوق العاده انسان در همه علوم، صنعت ساختمان نیز از این قاعده مستثنی نبوده و برای داشتن سازه های مقاوم و ایمن به جهت محافظت از جان و مال ساکنین باید با علم روز همراه بود تا از بروز حادثه در ساختمان ها جلوگیری شود که توجه ویژه به اصول و روش های ساخت ساختمان ها از تخریب تا نازک کاری از موارد اساسی و بسیار مهم در صنعت ساخت و ساز می باشند که در این کتاب (جلد دوم) تلاش نموده ام که تا حد امکان به ذکر آنها بپردازم که عبارتند از: ساخت و اجرای سازه های بتنی و اجزای آنها، سقف کاذب و انواع آن، روش های مقاوم سازی سازه های بتنی و واتر استاپ. امید است با نگارش این کتاب گامی بس کوچک در اعتلای صنعت ساختمان برداشته باشم.

با احترام

محمد طیبی

فهرست مطالب

فصل ۳..... ۷

ساخت و اجرای سازه های بتنی..... ۷

سازه بتنی چیست..... ۸

مراحل اجرای ساختمان بتنی..... ۹

انواع ستون های ساختمانی و کاربرد آن..... ۳۷

اجرای ستونها..... ۳۹

اسپیسر(Spacer) بتن چیست..... ۵۴

تیر بتنی و نحوه اجرای آن..... ۶۴

سقف های بتنی و انواع آنها..... ۶۹

نحوه اجرای پله در سازه‌های بتنی..... ۱۴۱

سقف کاذب و انواع آن..... ۱۴۶

ویژگی های ساختمان مقاوم در برابر زلزله..... ۱۶۲

روشهای مقاوم سازی سازه های بتنی..... ۱۶۹

مقاوم سازی سازه بتنی با ژاکت فولادی..... ۱۶۹

مقاوم سازی ساختمان های بتنی با استفاده از دیوار برشی..... ۱۷۳

واتر استاپ چیست؟ کاربرد و دلیل استفاده از آن..... ۱۸۰

معرفی سیستم مقاوم سازی با FRP..... ۱۹۱

مقاوم سازی سازه بتنی با استفاده از مهاربند های فلزی..... ۲۰۱

مقاوم سازی سازه بتنی با استفاده از میراگر..... ۲۰۳

فصل ۳

ساخت و اجرای سازه های بتنی

سازه بتنی چیست

امروزه توصیه می شود که فونداسیون کلیه ی ساختمان ها را با بتن مسلح بسازند، به خصوص در مناطق زلزله خیزی نظیر شهرهای جنوب خراسان، دامنه های سلسله جبال البرز، قزوین و حتی برای ساختمان سبک و یک طبقه نیز فونداسیونهای بتنی از نوع نواری آن بسیار مناسب خواهد بود. زاویه ی پخش بار در فونداسیون های بتنی بین ۳۰ تا ۴۵ درجه می باشد. لذا می توان این گونه فونداسیون ها را پلکانی یا به صورت هرم ناقص (سومل) ساخت و در مصرف اضافی بتن صرفه جویی نمود.

سازه بتنی سازه‌ای است که در ساخت آن از بتن یا به طور معمول بتن آرمه (سیمان، شن، ماسه و فولاد به صورت میلگرد ساده یا آجدار) استفاده شده باشد. در صورت استفاده از بتن آرمه در قسمت ستون‌ها و شاه تیرها و پی در ساختمان، آن ساختمان یک سازه بتنی محسوب می‌شود.

مزایای سازه‌های بتنی

۱. ماده اصلی بتن که شن و ماسه می‌باشد ارزان و قابل دسترسی است.

۲. سازه‌های بتنی که مطابق با اصول آیین نامه ای طراحی و اجرا شده اند، در مقابل شرایط محیطی سخت، مقاومتر از سازه‌های ساخته شده با مصالح دیگر هستند.

۳.به علت قابلیت شکل پذیری بالای بتن، امکان ساخت انواع سازه‌های بتنی نظیر پل، ستون و ... به اشکال مختلف میسر است.

۴.سازه‌های بتنی در مقابل حرارت زیاد ناشی از آتش سوزی بسیار مقاوم اند. آزمایشات نشان داده اند که در صورت ایجاد حرارتی معادل ۱۰۰۰ درجه سانتی

گراد برای یک نمونه بتن آرمه، حداقل یک ساعت طول می‌کشد تا دمای فولاد داخل بتن، که با یک لایه بتنی با ضخامت ۲٫۵ سانتی متر پوشیده شده است به ۵۰۰ درجه سانتی گراد برسد.

قسمتهای مختلف ساختمان بتنی

۱. پی و فونداسیون

۲. ستون

۳. تیر

۴. تیرهای فرعی (تیرچه ها)

۵. پله

۶. دیوار برشی

۷. سقف

مراحل اجرای ساختمان بتنی

با توجه به مطالبی که در دو فصل قبل بیان کردیم بعد از مشخص کردن محل فونداسیون نوبت به آرماتوربندی می رسد.

آرماتوربندی

بسته به تعداد طبقات ساختمان، میلگردهای مورد استفاده در آرماتوربندی ساختمان بتنی از نظر حجم و قطر تعیین می شوند. هر چه تعداد طبقات یک

ساختمان بیشتر باشد تراکم میلگردهای مصرفی در فونداسیون و همچنین قطر آنها بیشتر خواهد شد. آرماتوربندی از حساسترین و با دقت ترین قسمتهای ساختمان بتنی می‌باشد زیرا کلیه نیروهای کششی در ساختمان به وسیله میلگردها تحمل می‌شود. بدین لحاظ در اجرای آرماتوربندی ساختمانهای بتنی باید نهایت دقت به عمل آید. آرماتورهایی تا قطر ۱۲ میلی متر را می‌توان با دست خم نمود ولی آرماتورهای بزرگتر از ۱۲ میلیمتر بهتر است با دستگاه مکانیکی مجهز به فلکه خم شود. قطر فلکه خم، متناسب با قطر آرماتور بوده و باید به وسیله مهندس محاسبه گر و مهندس کارگاه تعیین گردد.

قالب بندی

بعد از انجام آرماتوربندی نوبت به قالب بندی فونداسیون می رسد. قالب بندی به منظور شکل دادن به بتن و حفظ کیفیت و استحکام آن انجام می شود. استفاده از قالب های فلزی و یا چوبی در این مرحله مرسوم است. در قدم آخر بتن ریزی فونداسیون انجام می گیرد. قبل از اجرای بتن ریزی باید از صحیح بسته شدن قالب ها و نبود فاصله بین آنها اطمینان یافت. فضای قالب ها باید کاملا و به طور یکسان از بتن پر شود. برای درست انجام شدن این کار از ویبره کمک می گیرند.

قالبهایی که برای بتن ساخته می‌شوند اغلب چوبی بوده ولی برای کارهای سری سازی از قالبهای فلزی نیز استفاده می‌شود.

قالبها و داربستهای زیر آن علاوه بر شکل دادن به بتن وزن آن را نیز تا زمان سخت شدن تحمل می‌نمایند. بر این اساس اگر در اجرای آن دقت کافی نشود ممکن است در موقع بتن‌ریزی واژگون شده و موجب خسارت شود. در ساختمانهای بزرگ برای قالب بندی نیز باید محاسبه انجام گرفته و نقشه اجرایی تهیه گردد، ولی درساختمانهای کوچک به علت کمی حجم بتن احتیاج به محاسبه و تهیه نقشه برای قالب بندی و داربست آن نمی باشد.

شکل قطعات بتنی با اندازه آنها که باید ریخته شود باید به وسیله قالب تهیه شود. تخته و چوبی که برای قالب‌بندی مصرف می‌شود باید کاملا خشک بوده و در برابر رطوبت تغییر شکل ندهد، زیرا تغییر شکل قالب موجب تغییر شکل بتن گشته و در شکل تیرها و ستونها موثر می‌باشد. در ایران معمولا از تخته‌ای که به چوب روسی معروف می‌باشد برای قالب‌بندی استفاده می‌نمایند.

معیارهای انتخاب نوع قالب

در پروژه های ساخت علی الخصوص پروژه های با اسکلت بتنی انتخاب نوع قالب یکی از پارامترهای مهم بوده و بر روی هزینه و زمان پروژه، بسیار تاثیر گذار خواهد بود. با توجه به وجود انواع مختلف قالب و سیستم های متفاوت قالب بندی ، جهت انتخاب یک نوع خاص قالب در میان انواع قالب های ساختمان موارد زیر باید لحاظ شود :

۱ – نمای ظاهر و دستیابی به سطحی صاف در بتن نما

۲ – هزینه اقتصادی (قیمت اولیه قالب، هزینه های جانبی، نیروی ماهر، هزینه نصب، نگه داری، جمع آوری، انبار و...)

۳ – استفاده مجدد و تکرار پذیر از آنها

۴ – بهره وری : مقدار کار انجام شده (بر حسب متر مربع قالب) برای هر ساعت کار نیروی انسانی.

انواع قالب بندی از نظر جنس

۱.آجری

۲.چوبی

۳.فلزی

۴.پلاستیکی

انواع قالب بندی بر اساس شکل

قالب‌ها را صرف نظر از مصالحی که در ساخت آن‌ها به کار می‌برند، می‌توان به شکل‌های مختلفی در آورد. قالب‌ها می‌توانند مربعی، مستطیلی و دایره‌ای باشند. قالب‌های مربعی و مستطیلی و دایره بیشتر در اجرای ستون‌ها و تیرها استفاده می‌شوند.

انواع قالب بندی بر اساس موقعیت

قالب‌ها را از نظر موقعیت مکانی می‌توان در چند دسته زیر قرار داد:

- قالب بندی فونداسیون
- قالب بندی ستون
- قالب بندی تیر
- قالب بندی دیوار
- قالب بندی سقف

قالب آجری

اصولا برای قالب بندی پی مورد استفاده قرار گرفته، به گونه ای که اطراف پی دیوار آجری اجرا میشود و پس از خودگیری بتن در محل باقی می مانند (قالب دائم). باید توجه داشت که در قالب بندی آجری رعایت موارد زیر لازم است :

- سطح داخلی آجر قبل از بتن ریزی با نایلون یا پلاستیک پوشانده شود تا شیره بتن را جذب نکند.
- حداقل ضخامت دیوار ۲۰ سانتی متر باشد.
- از ملات ماسه سیمان در آجر چینی استفاده شود.

قالب چوبی

این نوع قالب بندی معمولا از چوب درختان سوزنی برگ است (تخته نراد خارجی که منظور آن چوب روسی یا چوب کاج وارداتی است). چون این نوع چوب ها سبکتر و نرم تر از درختان پهن برگ بوده و تغییر شکل آنها در مقابل رطوبت کمتر است.

سبکی، سهولت اجرا، ضریب حرارتی کم، سادگی اتصالات و... از مزایای آن بوده اما تکرارپذیری کم (۱۰ بار) از معایب عمده آن می باشد. قطعا به دلایل حفظ محیط

زیست و وجود قالب های متنوع با مصالح مختلف، قالب چوبی از اولویت های قالب بندی نخواهد بود.

قالب پلی وود کامپوزیت چوب (Poly wood)

اصطلاح کامپوزیت های چوبی- پلاستیکی (Wood Plastic Composites) به کامپوزیتهایی اطلاق میشود که از چوب (در هر شکلی) و ترموستها یا ترموپلاستیک هاست که اصطلاحا به پلی وود (Poly Wood) معروف است.

پلاستیک به طور موثر سطح روی چوب را به عنوان یک لایه نازک می پوشاند. مقاومت بالای این کامپوزیت ها در برابر رطوبت نتیجه مستقیم ساختار آن است.

این کامپوزیت ها دارای فواید و ویژگیهای متعددی هستند که از جمله آن ها میتوان به موارد زیر اشاره کرد :

- قابل بازیافت هستند و ضایعات چوب و پلاستیک های بازیافتی آن نیز با ارزش بوده و قابل استفاده است.
- ایده آل بودن روش تولید که با استفاده از روش های سنتی فرآوری چوب به آسانی تولید و ساخته می شوند.
- سختی و خشکی مطلوب و مقاومت در برابر تاثیرات بیرونی
- پایداری ابعادی (حداقل تغییر شکل زیر فشار بار)
- مقاومت در برابر فرسودگی و خوردگی
- ویژگی های گرمایی عالی
- جذب رطوبت بسیار کم

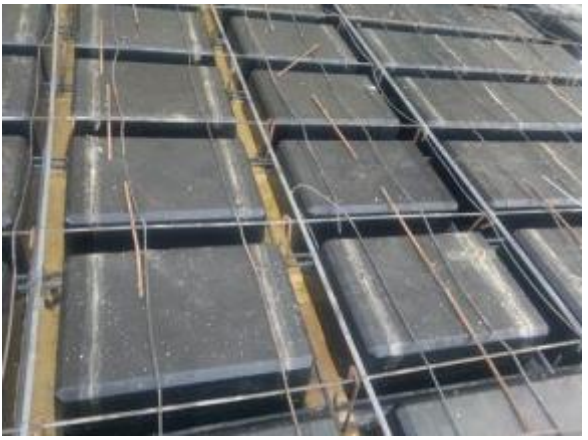
قالب پلای وود چوب (Ply Wood)

پلای وود (تخته چند لا) یک پانل چوبی ساخته شده از ورق های نازک چوب است. این محصول به دلیل انعطاف پذیری، قیمت مناسب و قابلیت استفاده چند باره به طور گسترده مورد استفاده قرار می گیرد. استفاده از پلای وود به جای چوب ساده به دلیل مقاومت بالای آن در مقابل ترک خوردگی،انقباض، پیچش و اعوجاج می باشد.

ورق های پلای وود معمولا در ابعاد ضخامت های مختلف تولید می گردد. ضخامت پلای وود مورد استفاده در قالب بندی بتن به طور متداول ۱۸ میلیمتر می باشد. جهت آسانتر شدن دکفراژ بهتر است از روغن قالب استفاده گردد. روغن قالب مورد استفاده برای پلای وود باید پایه آب (Hydro-based) باشد تا به رویه آسیبی نرسد.

قالب فایبر گلاس – قالب پلیمری

فایبرگلاس کامپوزیتی از الیاف شیشه با مواد پلیمری است که در آن از پشم شیشه به عنوان مواد تقویت کننده و از مواد پلیمری به عنوان مواد زمینه استفاده میشود. قالبهای کامپوزیتی(قالب های مقاوم از جنس پلاستیک و فایبرگلاس) که با نام تجاری مهانیت ارائه می شوند یکی از این موارد می باشند.



قالب بتن فلزی

در حال حاضر قالب بتن فلزی، پرفروش ترین و بهینه ترین روش محسوب می شود چرا که پارامترهای مهمی از جمله حمل آسان و استفاده مدولار را دارا بوده و در هر سیستم اجرایی قابل پذیرش است. این قالب در بخش قالب مدولار کامل توضیح داده می شود.

مزایای قالب فلزی :

سرعت اجرای بالا، سادگی اتصالات، سطح صاف، مقاومت زیاد، دکفراژ سریع ،تکرار پذیری و دوام زیاد،

معایب قالب فلزی :

سنگین وزن، تدارکات خاص، هزینه اولیه نسبتا زیاد تهیه قالب و ...

اصطلاحات قالب بندی

- سه گوش: قطعه چوب باریک با مقطع مثلثی است که برای پخ نمودن گوشه‌های عضو بتنی در گوشه‌های قالب به کار برده می‌شود. گوشه‌های تیز آسیب پذیر هستند.
- زبانه آزاد: نوار باریک با جنس چوب است که در شکاف عرضی موجود در محل درز دو قطعه مجاور چوبی قرار داده می‌شود و موجب چفت شدن آن‌ها به یکدیگر می‌شود.
- روکش قالب: ورقه‌های نازکی از جنس پلاستیک چوب یا فیبر هستند که در رویه قالب یعنی سطحی که با بتن در تماس است کوبیده می‌شود و سطح بتن را صاف و یکدست می‌کند.
- تخته کوبی رویه قالب: آن قسمت از قالب که مستقیماً با بتن تماس دارد.
- کلاف قالب: سیم یا پیچی است که دو قطعه مقابل را به یکدیگر متصل نموده تا از باز شدن آن‌ها جلوگیری کند.
- پشت‌بند: قطعه چوبی است که به صورت افقی و یا قائم برای سخت کردن قالب به پشت آن کوبیده می‌شود.
- دریچه نظافت: برای تمیز کردن کف قالب ستون، دریچه‌ای در پایین آن نصب می‌کنند که به دریچه نظافت موسوم است.
- پشت‌بند قائم: به اعضای قائمی اطلاق می‌شود که در پشت قالب وجود دارند و کلاف‌های قالب از دور یا میان آن‌ها عبور می‌کنند. مهارهای مایل نگهدارنده قالب دیوار نیز به این اعضا تکیه می‌کنند.
- دستک: یک عضو فشاری.

- کمرکش: به چهار تراشه‌ای گفته می‌شود که به صورت افقی در پشت‌بندهای قائم نصب می‌شوند و مهارهای مایل را به آن‌ها تکیه می‌کنند. سختی طولی قالب نیز توسط کمر کش‌ها زیادتر می‌شود.
- تکیه گاه مهار یا پابند: به قطعه چوبی گفته می‌شود که برای تامین نقطه اتکا بر روی قطعه اصلی نصب می‌شود.
- مهار مایل: یک عضو فشاری است که برای نگه داشتن تعادل قالب، به صورت مایل در پشت آن قرار داده می‌شود.
- لقمه: قطعه کوچک بتنی است که ما بین میلگردها و قالب قرار می‌گیرد. برای تامین فاصله مناسب برای پوشش بتن روی میلگرد استفاده می‌شود.
- پاخور- رامکا: برای قرار گیری لبه پایینی قالب اصلی در محل خود، قبل از قرار دادن قالب، باید قالب‌های کوچک موقت در محل دقیق دیوار یا ستون قرار داده شود و پس از گیرش بتن، این قالب‌ها را باز نموده و قالب اصلی در محل خود قرار داده می‌شود.
- یوغ: حلقه‌هایی که محیط قالب‌های گرد را در بر می‌گیرد و از باز شدن آن‌ها جلوگیری می‌کند.
- چپ و راست – مهار: یک قطعه چوبی مورب برای مهار قالب
- پایه: شمع سبکی به طول مشخص

سیستم های قالب بندی

سیستم های قالب بندی یکی دیگر از وجوه تمایز انواع قالب بندی ساختمان می باشد. بر اساس سیستم قالب بندی و یا به عبارتی نحوه قالب بندی سیستم های قالب بندی شامل موارد زیر می باشند:

۱-قالب مدفون یا دایم

قالب آجری در فونداسیون از این نوع می باشد.

۲ – قالب سنتی(کفراژ چوبی)

منظور استفاده از الوار چهارتراش چوبی در ساخت قالب می باشد که زمان زیاد اجرا از معایب این روش محسوب می شود.

۳ – قالب پانلی – مدولار

منظور از قالب پانلی استفاده از رویه های چوبی، فولادی، فایبر گلاس و ... به همراه پشت بند های چوبی، فولادی، آلومینیومی و اتصالات شامل پین، گوه، بولت دوسر و... می باشد. این قالب برای کلیه بخش های سازه از جمله سقف، ستون، تیر و... قابل استفاده بوده و در صورت تکراری بودن اجزا و ابعاد میتوان بدون بازکردن، سطوح قالب بندی را توسط جرثقیل جابجا کرد.

در این سیستم قالب بندی، پنل های قالب و نیز کنج ها در ابعاد مختلف توسط تولید کننده ها ارائه میشوند که بسته به ابعاد مورد نیاز برای قالب بندی می توان از آنها استفاده کرد. برای متصل کردن این قطعات مدولار به یکدیگر از گوه های نر و ماده استفاده می شود. پنل های قالب مدولار از یک لایه پوسته که در نوع فلزی از آهن با ضخامت ۳ میلیمتر تشکیل میشود، به همراه تسمه های سخت کننده ساخته می شوند. در تسمه های کناری به منظور ایجاد امکان اتصال به دیگر پنلها سوراخهایی با فاصله محور به محور پنج سانتیمتر تعبیه شده است.

برای ایجاد زوایا توسط این سیستم مدولار، علاوه بر این قطعات مسطح از قطعات کنج نیز در قالب بندی استفاده می شود که به تسمه های کناری پنل ها متصل میشوند. این کنج ها در ابعاد مختلف تولید می شوند و داشتن کیفیت مناسب جهت آب بند بودن درزها امری ضروری است که به این ترتیب شیره بتن از دست نرود.

۴– قالب Grid Flex

در این نوع قالب بندی، وزن قطعات قالب بندی حدود ۲۰ کیلوگرم بوده که توسط کارگر قابل حمل بوده و با هل دادن به سمت بالا توسط پرسنل کارگاه و به کمک ابزار های اختصاصی در زیر سقف قرار می گیرند. سرعت اجرای بالا، قابلیت اجرا در تمامی هندسه و ابعاد و ایمنی مناسب از مزایای این روش می باشد.

۵– اجرای ساختمان های بتن آرمه به روش سیستم قالب تونلی

یکی از روش های صنعتی سازی که هم اکنون توسط تعدادی از انبوه سازان مورد استفاده قرار گرفته است، اجرای اسکلت بتنی با استفاده از سیستم قالب تونلی می باشد. این روش بدلیل سرعت اجرا ، قیمت پایین و مقاومت مناسب در برابر زلزله می تواند برای تامین مسکن قشر ضعیف و متوسط جامعه در سایت های باز مورد استفاده قرار گیرد.

در انتخاب روش ساخت و ساز ساختمان ، ایمنی در برابر زلزله و انطباق با آیین نامه های معتبر بین المللی و داخلی یکی از شروط اصلی می باشد . اجرای اسکلت بتنی با استفاده از قالب های تونلی در صورت طراحی و اجرای صحیح ضمن انطباق با آیین نامه ۲۸۰۰ ایران و مبحث نهم مقررات ملی ساختمان عملکرد خوبی در برابر زلزله دارد.

سیستم قالب تونلی چیست؟

سیستم قالب تونلی، سیستم سازه ای و اجرایی خاصی از ساختمان های بتن آرمه می باشد. نام تونلی به دلیل شکل قالب‌های فلزی یکپارچه دیوارها و سقف‌هاست.

در سیستم تونلی، دیوارها و سقف‌های بتن مسلح، به صورت هم زمان آرماتوربندی، قالب‌بندی و بتن‌ریزی می‌شوند، بطوری که اسکلت بتنی ساختمان فقط شامل دیوار های بتنی باربر و سقف های دال بتنی بوده و فاقد هرگونه اعضای سازه ای معمول نظیر تیر و ستون است.

پس از پایان هر مرحله بتن ریزی دیوار و دال و با گذشت زمان گیرش و کسب مقاومت کافی بتن (که بر حسب نوع سیمان و افزودنی های بتن مورد استفاده تا ۲ روز قابل کاهش می باشد) امکان قالب برداری و انتقال قالب ها به طبقه بالاتر وجود داشته و اسکلت یک طبقه به طور کامل به دست می آید.

برای قالب‌بندی یا قالب‌برداری، نیاز به خرد کردن قالب‌ها و تبدیل آن‌ها به ابعاد کوچک نیست و با همان ابعاد اولیه و به صورت یکپارچه از فضا خارج می‌شوند. خروج قالب‌های تونلی، پس از بتن‌ریزی دیوار و سقف و گیرش آن، با فاصله دادن قالب‌ها از جدارهای بتن‌ریزی شده (قالب‌برداری) و با حرکت افقی روی چرخ یا

غلتک صورت می‌گیرد. جدارهایی که با استفاده از این روش اجرا می‌شوند جدارهای اصلی داخلی و بعضی جدارهای خارجی (جانبی) هستند.

سازه ساختمان‌های با سیستم قالب تونلی، از دیدگاه عملکرد لرزه‌ای اشکال عمده‌ای ندارد و تجربه زلزله‌های گذشته رفتار مناسب این سیستم سازه‌ای را در مقایسه با سیستم‌های دیگر ثابت کرده است.

روش اجرای سیستم قالب تونلی

در این روش، ابتدا آرماتوربندی و جاگذاری مدارهای برقی دیوارها انجام می‌شود و همزمان با این اقدامات، قالب‌بندی بازشو های مورد نیاز برای تاسیسات و در و پنجره اجرا می‌شود. آنگاه، قالب‌های دو طرف دیوار را به صورت پشت به پشت، قالب‌بندی می‌کنند و با قرار گرفتن قالب‌های متوالی در کنار هم، (بدون قالب واسط سقفی یا همراه با آن) مجموعه قالب‌های دیوار و سقف را تشکیل می‌دهند.

در مرحله بعد، آرماتوربندی سقف و جاگذاری مدارهای برق مربوطه انجام می‌شود و قالب‌هایی برای خالی ماندن محل داکت‌ها و دیگر حفره‌های لازم در سقف نصب می‌شود. در ادامه، بتن‌ریزی سقف‌ها و دیوارها به صورت یکپارچه و در یک مرحله انجام می‌شود. اجرای جدارهای بتنی پرداخت شده، نیاز به نازک‌کاری بر روی سطوح آن‌ها را برطرف می‌کند.

در ساختمان‌های با سیستم قالب تونلی، در برخی موارد برای افزایش سهولت و سرعت اجرا، اجزای غیرسازه‌ای مانند دیوارهای جداکننده، پله‌ها و پانل‌های نما به صورت پیش ساخته در نظر گرفته می‌شوند و بعد از تکمیل، سازه اصلی به آن

متصل می‌شود.این سیستم صرفاً برای طرح‌های انبوه‌سازی مطرح است و در پروژه‌های کوچک، توجیه اقتصادی ندارد.

قطعات سیستم قالب تونلی

قالب تونلی با توجه به ماهیت و نحوه کاربرد دارای قطعات مختلفی می باشد که هر کدام با توجه به شکل نقش ساده کننده و سازه ای خاصی در اجرا دارد. در زیر به آنها اشاره میکنیم:

نبشی رامکا :

یکی از نقاط ضعف سازه های بتنی سنتی رامکا بتنی ستون ها و دیوارها می باشد. رامکا بتنی که از دیرباز در اجرای سازه بتنی متداول بوده است علیرغم کمک شایان به افزایش دقت قالب بندی ستون و دیوار بدلیل افزایش اتصالات سرد از نظر فنی دارای اشکال می باشد. در سیستم قالب تونلی بدلیل یکسان بودن ضخامت و ابعاد دیوارها بتن ریزی رامکا همزمان با بتن ریزی دیوار و سقف انجام می شود . برای این کار از نبشی رامکا با پایه های نگهدارنده نبشی بر قالب زیرین استفاده می شود.

قالب گشودگی داکت:

با توجه به مدولار بودن سیستم و جهت افزایش سرعت اجرا، قالب داکتها در این سیستم بصورت غیر منشوری ساخته شده و پس از بتن ریزی به سادگی از سقف جدا می شود.

چهار شاخ بلند کننده قالب:

با توجه به ابعاد بزرگ قطعات قالب سقف و دیوار و وزن بالای آن جابجایی قالب از طبقه ای به طبقه دیگر به کمک جرثقیل یا تاور کرین انجام می شود. برای آنکه قطعه قالب در زمان حمل تراز باقی بماند و نصب ساده تری داشته باشیم ، قالب از گرانیگاه آن که قبلاً سوراخ شده است به کمک چهار شاخ بلند کننده قالب بلند می شود. پیچ چهار شاخ از سوراخ گرانیگاه عبور کرده و مهره مربوطه از زیر بسته می شود.

چرخ پانل و پیچ هرزگرد:

زیر پانل سقف و دیوار یکسری چرخهای فلزی پیش بینی شده است که امکان حرکت قالب روی سقف را فراهم میکند. این حرکت خصوصاً پس از گیرش بتن سقف و برای بیرون آوردن قالب از زیر سقف بسیار مهم می باشد. زمانی که قالب در جای جدید خود قرار گرفت جهت تراز کردن آن از پیچ هرز گرد استفاده کرده و در این حالت چرخ از روی زمین بلند می شود. در زمان قالب برداری نیز با شل کردن پیچ هرز گرد قالب مجدداً روی چرخ قرار می گیرد.

اسپیسر فلزی مخروطی:

با توجه به ثابت بودن ضخامت دیوارها در این سیستم، جهت حفظ فاصله قالب ها از اسپیسر فلزی مخروطی استفاده می شود. این اسپیسر دارای لبه ضخیم می باشد که باعث می شود در زمان سفت کردن پیچهای نگهدارنده قالب، آسیب کمتری به قالب برسد. ضمناً مخروطی بودن قطعه باعث می شود بعد از قالب برداری جدا کردن قطعه از بتن به سادگی انجام شود.

جک مایل:

جک مایل قطعه مورب فلزی با طول قابل تنظیم می باشد که پایین قالب دیوار را به انتهای قالب سقف وصل می کند و وظیفه آن تراز قالب سقف قبل از بتن ریزی (با افزایش طول) و آزاد کردن قالب از زیر سقف (با کاهش طول) می باشد.

مزایای سیستم قالب تونلی

طراحی مدولار:

امکان طراحی مدولار با این سیستم فراهم است .

وزن کمتر:

در صورت طراحی اصولی، این سیستم، در مقایسه با سیستم‌های متداول می‌تواند اندکی سبک‌تر باشد. مصرف بتن در اجرای تونلی بیشتر از ساختمان‌های با اسکلت فلزی یا بتنی است، ولی مصرف میلگرد و خصوصاً آهن‌آلات در این روش به طور قابل توجهی کمتر از ساختمان‌های با اسکلت فلزی و بتنی است. با توجه به این نکته که در سیستم تونلی دیوارهای داخلی تیغه گچی با دیوار خشک است، وزن ساختمان در این روش به طور قابل توجهی کمتر از روش سیستم بتنی درجا با قالب‌های یکپارچه دیواری و سقفی است.

سرعت در اجرا و کاهش هزینه تمام شده:

نمودار های پیشرفت کار و زمان بندی اجرای اسکلت و عملیات تکمیلی در سازه های قالب تونلی مؤید سرعت بسیار زیاد عملیات ساخت و کاهش هزینه تمام شده

ساختمان در مقایسه با سازه های معمولی میباشد. این مساله معلول عوامل مختلفی است که اهم آنها به شرح زیر می باشد :

۱.با توجه به مشخص بودن تعداد ست های سیستم قالب تونلی ، تعیین دوره زمانی دقیق و سیستماتیک عملیات آرماتور گذاری ، قالب بندی و بتن ریزی وجود دارد و با برنامه ریزی اجرای موازی ردیفهای کاری فوق ، تاخیرات زمانی خصوصاً در بخش اسکلت به حداقل ممکن می رسد و این روش در مقایسه با عملیات قالب بندی، آرماتور بندی، بتن ریزی و قالب برداری ستونها، تیرها و سقف ها در ساختمان های بتنی معمول بسیار سریع تر است.

۲.در سیستم قالب تونلی همزمان با آرماتور بندی دیوارها و سقف ها، بخش عمده ای (در حدود ۷۰ درصد) از لوله و قوطی گذاری های برقی و غلاف گذاری های تاسیساتی صورت گرفته و در نتیجه عملیات شیار زنی روی سقف و دیوار(مانند ساختهای سنتی) جهت جاگذاری لوله و قوطی برق حذف میگردد که این خود باعث کاهش زمان و هزینه های بعدی می شود.

۳.به دلیل یکپارچه بودن دیوارها و سقف ها و وجود دیوارهای برشی فراوان در این نوع از سازه ها علیرغم مقاومت بسیار بالا در مقابل نیروی زلزله میزان آرماتور مصرفی در مقایسه با سازه های بتنی معمولی، حدود ۳۰درصد کمتر می باشد که صرفه جویی قابل توجهی در هزینه تمام شده و زمان اجرای آرماتور بندی خواهد داشت.

۴.از آنجایی که دیوارهای بتنی در سازه های بتنی قالب تونلی علاوه بر نقش باربری به عنوان دیوارهای جداکننده اصلی و حتی جداکننده های داخلی نیز عملکرد دارند لذا دیوارچینی و تیغه بندی ساختمان در حدود ۶۰ درصد تقلیل یافته و به تبع آن

در مدت زمان اجرای تیغه ها و هزینه های مربوطه صرفه جویی قابل ملاحظه ای می شود.

۵.به دلیل ایجاد سطوح صاف و صیقلی دیوارها و سقف های بتنی در این سیستم، عملیات نازک کاری شامل گچ و خاک و سفیدکاری روی دیوارها و سقفهای بتنی کاملا حذف گردیده و میتوان مستقیما روی آنها را نقاشی نمود که این قابلیت صرفه جویی فراوانی در هزینه های تمام شده و زمان اجرای کار در پی دارد.

(سیستم قالب تونلی)

۶.علیرغم سرمایه گذاری اولیه در ساخت و تامین قالبهای تونلی، به دلیل سهولت در قالب بندی و قالب برداری با استفاده از جرثقیلهای برجی و امکان استفاده از آنها در پروژه های متعدد (دوام و طول عمر زیاد قالب ها)، کاهش چشمگیری در هزینه های قالب بندی و هزینه های بالا سری و نهایتا هزینه های تمام شده می شود.

۷.با توجه به عبور لوله های برق و تاسیسات در ضخامت دال بتنی ، با حذف پوکه ریزی و اجرای بتن سبک سقف ها ، کاهش چشمگیری در وزن ساختمان و هزینه تمام شده صورت می گیرد.

۸.حذف نما سازی ملاتی از نمای ساختمانها و استفاده از بتن اکسپوز و نیز بتن پیش ساخته در نماها باعث کاهش وزن و هزینه و افزایش سرعت اجرا و دوام نما می شود. در صورت کاربرد این سیستم، نماهای بتنی ترجیحاً بتن نمایان، با طرح‌های مختلف در نظر گرفته می‌شود. این امر باعث می‌شود هزینه‌های مربوط به نما به حداقل برسد. در مورد نماهایی که آزاد هستند و دیوارهای آن‌ها با سیستم تونلی ساخته نمی‌شوند، برای نما انتخاب‌های مختلفی مطرح است. یکی از رایج‌ترین انتخاب‌ها پانل‌های پیش ساخته بتنی است که در این حالت صرفاً نقش جدا کننده ایفاد خواهند کرد. پیش ساخته بودن نمای ساخته شده با قطعات پانل‌های پیش ساخته بتنی باعث می‌شود از کیفیت و تنوع بالاتری، در مقایسه با دیگر نماهای اجرای درجا، برخوردار باشد. راه حل دیگر، اجرای دیوار بنایی یا با استفاده از قطعات 3D است. در تمامی این موارد، دیوار نما می‌تواند عملکرد سازه‌ای را تا حدی تحت‌الشعاع قرار دهد. راه حل آخر، کاربرد دیوارهای سبک از نوع خشک است، که می‌توان به صورت "تودلی" یا یکسره (دیوار پرده‌ای)، با استفاده از تخته‌های گچی و سیمانی ساخته شود.

۹.نیروی انسانی اجرایی در این سیستم با آموزش اندکی قادر به انجام بخش اعظم اقدامات است. البته خطاپذیری آرماتوربندی، بتن‌سازی، بتن‌ریزی، عمل‌آوری بتن و مراحل دیگر، سبب می‌شود مجری و عوامل اجرا، نقش تعیین کننده‌ای در کیفیت محصول داشته باشند و با تغییر در آن‌ها کیفیت اجرا، دستخوش تغییر شود. در این خصوص، لازم است از نیروی تخصصی ماهر که برای این نوع اجرا آموزش‌های لازم را دیده‌اند استفاده کرد. در زمینه طراحی نیز لازم است به این نکته اشاره کرد که در صورتی که شرکت طراح اشراف کامل به این روش و قابلیت‌ها و محدودیت‌های آن

داشته باشد، پروژه می‌تواند بهینه شود. در حالت عکس، بیم آن می‌رود که پروژه و عملیات اجرایی با مشکلات اساسی روبه‌رو شود.

۱۰.استهلاک پایین و عمر طولانی ساختمان در بهره‌برداری

مقاومت سیستم های قالب تونلی در برابر نیرو های جانبی:

۱.عملکرد یکپارچه دیوارها و سقف‌ها و عکس‌العمل مناسب و مقاوم در مقابل زلزله نسبت به سیستم متداول و سنتی.

۲.در روش سیستم قالب تونلی به دلیل اتصال مستقیم دال سقف ها به دیوارهای اطراف و سطح گسترده اتصال آنها عملا حالت تمرکز تنش در محل اتصال تیرها و ستونها نظیر سازه های بتنی معمولی وجود نداشته و سازه به صورت کاملا یکپارچه در مقابل نیروی جانبی زلزله مقاومت می کند و خطرات آسیبهای سازه ای در مقاطع بحرانی اطراف گره ها نظیرساختمانهای بتنی معمولی وجود ندارد.

۳.به دلیل سختی فوق العاده زیاد این نوع سازه عملا سختی دیوارهای غیر سازه ای پرکننده تاثیر قابل توجهی در سختی کل سازه که هنگام آنالیز و طراحی مفروض بوده نخواهد داشت و نتیجه آنالیز اولیه کاملا قابل اعتبار است.

۴.تغییرات سختی طبقات سازه در ارتفاع یک ساختمان از مباحث مهم در آیین نامه ۲۸۰۰ می باشد که با توجه به تیپ بودن اسکلت و مقاطع سازه در طبقات در سیستم تونلی، تغییرات سختی در ارتفاع نامحسوس بوده و توزیع نیروهای زلزله در ارتفاع بسیار منظم تر صورت می گیرد.

۵.سهولت در اجرا و نظارت سازه : با توجه به سادگی شبکه آرماتوربندی دیوارها و سقفها و تکرار آنها در طبقات با تهیه نقشه های کارگاهی برای لوله و قوطی گذاری برق و اسلیو گذاری تاسیساتی و محل بازشوهای دیواری و سقفی، اجرای کار و نظارت فنی بسیار دقیق و با سهولت خواهد بود.

۶.تامین انتظارات در خصوص صدابندی هوابرد دیوارهای خارجی، و دیوارهای بین دو واحد مسکونی .

معایب سیستم قالب تونلی

محدودیت های معماری:

با توجه به روش اجرایی خاص سیستم قالب تونلی و ضرورت وجود دیوارهای سازه‌ای متعدد موازی و لزوم پیش بینی مسیر خروج قالبهای تونلی از زیر سقف روشن است که محدودیت‌هایی در زمینه معماری وجود دارد که باعث می‌شود آزادی عمل در طراحی ساختار اصلی معماری به طور قابل توجهی کمتر از سیستم‌هایی نظیر تیر ستون سقف بتنی یا اسکلت فلزی (یا بنددار یا قاب خمشی) باشد. در نتیجه، میزان اختیار در تعیین ابعاد فضاها، در مقایسه با دیگر سیستم‌های نام برده کمتر است .

عایق بندی حرارتی ساختمان:

تامین انتظارات در خصوص عایق کاری حرارتی جدارها، در صورتی که عایق حرارتی در داخل اجرا شود، به دلیل وجود پل‌های حرارتی متعدد با مشکلات فراوانی همراه است، در صورتی که عایق حرارتی در طرف خارج ساختمان در نظر گرفته شده

باشد، مشکلات اجرایی بیشتر می‌شود، ولی در عوض پل‌های حرارتی محل اتصالات به سقف‌ها و دیوارهای داخلی کاملاً حذف می‌شوند و اینرسی حرارتی مورد نیاز برای ساختمان‌های مسکونی به طور چشمگیری افزایش می‌یابد. خطر بروز میعان و مشکلات ناشی از آن را می‌توان در فاز طراحی و بسته به نوع و محل قرارگیری عایق حرارتی ردیابی و برطرف کرد.

عدم امکان استفاده در زمینهای شهری دارای محدودیت:

بدلیل لزوم آزادی حرکت قالبهای تونلی در چهار سمت ساختمان و نیز عدم توجیه اقتصادی استفاده از این روش در پروژه های ساختمانی کوچک ، این روش فقط در سایتهای بزرگ و فاقد محدودیتهای ابعادی متداول استفاده می شود.

عدم تامین پارکینگ در زیر ساختمان:

بدلیل لزوم امتداد دیوارهای باربر تا روی پی و پرهیز از ایجاد طبقه نرم امکان تامین پارکینگ در زیر ساختمان مانند سیستم های ساختمان سازی سنتی وجود ندارد. برای حل این مشکل معمولاً طراحان معمار مجبور به توسعه ابعادی ساختمان در طبقه پارکینگ نسبت به طبقات بالاتر می باشند.

سرمایه اولیه زیاد:

با توجه به هزینه بالای تهیه قالب های تونلی و نیاز به تهیه و نصب تاور (بدلیل سنگین بودن قطعات قالب دیوار و سقف مورد استفاده)، هزینه های اولیه کارگاه در مقایسه با ساخت و ساز سنتی بالا می باشد که با پیشرفت کار سرشکن خواهد شد.

محدودیت در شیب زمین:

شیب زمین پروژه نیز باید بسیار کم(حداکثر ۵ درصد) باشد.

۶– قالب لغزنده (Slip Form)

یکی از قالب های بتنی، قالب های لغزنده است که در ساخت سازه ها کاربرد زیادی دارد. انواع قالب‌های لغزنده عبارتند از:

- قالب لغزنده قائم
- قالب لغزنده افقی
- قالب‌های رونده
- قالب‌های پرنده

الف)قالب‌های لغزنده قائم

اساس روش اجرای قالب لغزنده عمودی این است که قالب به ارتفاع ۱ تا ۱٫۵ متر در فواصل زمانی متناوب به بالا کشیده می‌شود. در ضمن بالا کشیدن قالب عملیات بتن ریزی و آرماتوربندی نیز ادامه می‌یابد و دائماً مخلوط بتن از بالا به درون قالب ریخته شده و ضمن حرکت قالب به سمت بالا بتن سخت شده از قسمت زیرین قالب جا می‌ماند. سرعت حرکت قالب به نحوی تنظیم می‌شود که بتن در زمان خارج شدن از قالب ضمن تحمل وزن خود، جهت حفظ شکل خود از مقاومت کافی برخوردار باشد. قالب بندی لغزان قائم را می‌توان بر اساس حرکت پیوسته انجام داد یا آن را طوری برنامه‌ریزی کرد که در ارتفاع معینی متوقف گردد و سپس حرکت لغزان خود را مجدداً از سر گیرد. معمولاً حرکت قالب لغزان با سرعتی یکنواخت صورت می‌گیرد. در صورتی که قالب لغزان دارای توقف باشد درزهایی به وجود می‌آیند که با درزهای میان مراحل بتن ریزی در عملیات ساختمانی با قالب ثابت فرقی ندارد. قالب لغزنده در امتداد قائم با سرعتی یکنواخت حرکت می‌کند و این

سرعت به اندازه‌ای است که هر مقطع از بتن در طول مدت زمان لازمی که برای گیرش اولیه نیاز دارد درون قالب می‌ماند.

روش قالب لغزنده عمودی برای سازه‌های پوسته‌ای با ضخامت جدار ثابت یا تقریباً ثابت به کار می‌رود. قالب‌های لغزان قائم توسط جکهایی به بالا حرکت داده می‌شوند که بر روی میله‌های صاف یا لوله‌های سازه‌ای کار گذاشته شده در بتن سخت عمل می‌کنند. این جک‌ها ممکن است از نوع دستی، بادی، برقی یا هیدرولیکی باشند. سکوهای کار و داربست‌های کارگران پرداختکار نیز به قالب بندی متصل و به همراه آن حرکت می‌کنند.

ب)قالب‌های لغزنده افقی

این نوع قالب برای ریختن بتن دیوارهای طولانی، کف و جداره کانال‌های بزرگ، بتن ریزی شیبها، کف تونلها و سطح راه‌ها به کار می‌رود. به دلیل اینکه اکثر قالب بندی‌های افقی لغزان بر روی تکیه گاه ثابت قالب مانند سنگ یا خاک انجام می‌شود، این عملیات اصولاً عملیات تحکیم، شمشه کشی و پرداختکاری است.

ماشین قالب لغزان معمولاً بر روی ریل یا سکوی شکل داده شده حرکت می‌کند. بخش دریافت بتن ماشین ناوه‌ای است که برای توزیع یکنواخت بتن در تمامی بخش‌های قالب طراحی شده است. متراکم ساختن بتن توسط لوله لرزانی انجام می‌شود که با لبه جلویی قالب موازی و کمی جلوتر از آن قرار دارد. متراکم کردن بتن سازه را می‌توان با ویبراتورهای دستی نیز انجام داد. لوله های بتنی در جای یکپارچه نیز با استفاده از روش قالب بندی لغزان افقی تولید می‌شوند. ساخت پوششی کامل تونل نیز با قالب بندی لغزان انجام می شود.

ج)قالب‌های رونده

قالب‌های رونده یا قالب‌های بالا رونده قالب‌هایی هستند که پس از هر بار بتن ریزی از سطح بتن فاصله گرفته و به صورت خزنده (با فشار جک یا با استفاده از کارگر و جرثقیل) جابجا می‌شوند. این قالب‌ها معمولاً برای اجرای دیوارهای بلند کاربرد دارند. در اجرای سنتی دیوارهای بلند لازم است که دو طرف دیوار داربست بندی گردد اما در شیوه قالب‌های رونده، قالب هر مرحله به مرحله قبلی متکی شده و قالب همانند یک صخره نورد به سمت بالا صعود کرده و مراحل فوقانی دیوار را به اجرا درمی‌آورد، بدون اینکه نیاز به داربست جانبی داشته باشد. هر مرحله از اجرای دیوار به این شیوه را لیفت می‌گویند. در این قالب‌ها از دو سری قالب استفاده می‌شود و در هر مقطع یک سری قالب بر بالای سر قالب سری قبل استقرار پیدا می‌کند. بدین ترتیب که در حدود ۵۰ تا ۷۰ سانتی‌متر از بالای قالب، سوراخی کار گذاشته می‌شود و قالب توسط جرثقیل بلند شده و پای آن در سوراخ مذکور توسط بولت محکم می‌شود 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.

د)قالب‌های پرنده

اصطلاح قالب پرنده به سیستمی اطلاق می‌شود که اجزا آن به یکدیگر متصل شده و یک واحد بزرگ را تشکیل می‌دهند که به آن عرشه می‌گویند. این سیستم برای قالب بندی دال بتنی در ساختمان‌های چندین طبقه مورد استفاده قرار می‌گیرد. پس از آنکه بتن هر طبقه ریخته شده و مقاومت لازم را کسب کرد، قالب پرنده (بدون جاسازی اجزا) از بتن جدا شده و به صورت افقی به سمت بیرون ساختمان حرکت داده می‌شود و در بیرون ساختمان بالا کشیده می‌شود تا در موقعیت جدید برای یک دال دیگر مورد استفاده مجدد قرار گیرد. اصطلاح «قالب عرشه پرنده» از آنجا گرفته شده است که این قالب به سمت بیرون ساختمان حرکت داده می‌شود (پرواز می‌کند) و به سمت بالا کشیده می‌شود تا در تراز طبقه بالاتر مورد استفاده قرار گیرد. هر واحد قالب پرنده از اجزا سازه‌ای مختلفی از جمله: خرپاها، تیرها، تیرچه‌ها و رویه فلزی یا پلاستیکی تشکیل و مونتاژ می‌شود تا چندین بار مورد استفاده قالب بندی دال‌های ساختمان قرار گیرد. این قالب‌ها را می‌توان برای نگاه داشتن تیرها و شاه تیرها، دال‌ها و سایر اجزا سازه‌ای مورد استفاده قرارداد.