

معرفی سیستم های ساختمانی: سیستم قاب های بتنی پیوسته (قالب تونلی)

اجرای سازه بتنی به روش قاب های پیوسته و یا قالب تونلی، از حدود ۴۰ سال پیش در جهان متداول شده است و تاکنون مورد بازنگری های فنی از سوی طراحان، مجریان، انبوه سازان و سازندگان قالب قرار گرفته و نسبت به زمان ابداع آن تحولات بسیاری را پشت سر گذاشته است. نام قالب تونلی به دلیل نحوه اجرای این سیستم و شکل قالب های فلزی آن و اجرای هم زمان دیوارها و سقف ها به آن اطلاق می شود. این روش که نوعی تولید صنعتی ساختمان بتن مسلح محسوب می شود، با نام های دیگری مانند "سازه ی بتن آرمه با قاب پیوسته" یا "سازه بتن مسلح یکپارچه" نیز شناخته می شود. این روش ساخت سازه، بیشتر در بلند مرتبه سازی استفاده می شود. روش قالب تونلی، مانند دیگر روش های ساخت صنعتی، از چهار معیار مزیت کاهش زمان، کاهش هزینه، ارتقای کیفیت و افزایش ایمنی کارکنان برخوردار است.

در این سیستم از دیوارها به عنوان عناصر باربر استفاده می شود و سقف ها نیز به صورت دال بتنی درجا ساخته می شوند. با توجه به این نکته که تمامی دیوارهای خارجی و داخلی به طور همزمان اجرا می شود و به نحو مناسبی با کف و سقف درگیر می شوند، ترکیب دیوارها و دالهای بتنی کف یک مجموعه واحد با یکپارچگی و انجام بسیار را تشکیل می دهند و در مقابل نیروهای جانبی باد و زلزله به خوبی رفتار می کنند. این سیستم به طور معمول از شالوده بتنی، دیوارها و سقف های بتنی اجرا شده در محل کارگاه، قاب ها یا پیش قاب های درها و پنجره ها که قبل از بتن ریزی در دیوارها نصب می شود و تاسیسات مکانیکی و الکتریکی کار گذاشته شده در دیوار و سقف، تشکیل می شود.



برای اجرای کلیه قسمت ها، قالب های یکپارچه فلزی که در آن تمام پیش بینی های لازم برای مسیرهای توزیع تاسیسات، نصب در و پنجره و غیره به عمل آمده است، طراحی و ساخته می شود. دیوارها و سقف ها به صورت همزمان بتن ریزی می شود و پس از برداشت قالب، ساختمان آماده نصب سرویس ها، اجرای رنگ و نصب شیشه است. به طور کلی تمام دیوارها، سقف ها و جداکننده ها از بتن مسلح بوده و پس از قالب برداری، هیچ گونه عملیات بنایی در آن صورت نمی گیرد. مزایا (شاخص های برتر) اقتصادی و فنی روش های صنعتی تولید ساختمان که از مزایای روش قاب بتنی پیوسته (قاب تونلی) نیز محسوب می شود، شامل موارد زیر است:

مزایای اقتصادی

- ۱- سرعت ساخت
- ۲- کاهش هزینه ساخت
- ۳- بازگشت سریعتر سرمایه
- ۴- افزایش طول عمر ساختمان
- ۵- کاهش اتلاف مصالح
- ۶- کاهش نیروی انسانی

مزایای فنی

- ۱- مقاومت بیشتر در برابر زلزله
- ۲- امکان کنترل دقیق تر اجرا و رعایت کیفیت مورد نظر بر اساس استانداردها
- ۳- قابلیت استفاده از مصالح پیش ساخته و یا نیمه پیش ساخته
- ۴- امکان طراحی و ساخت مدولار



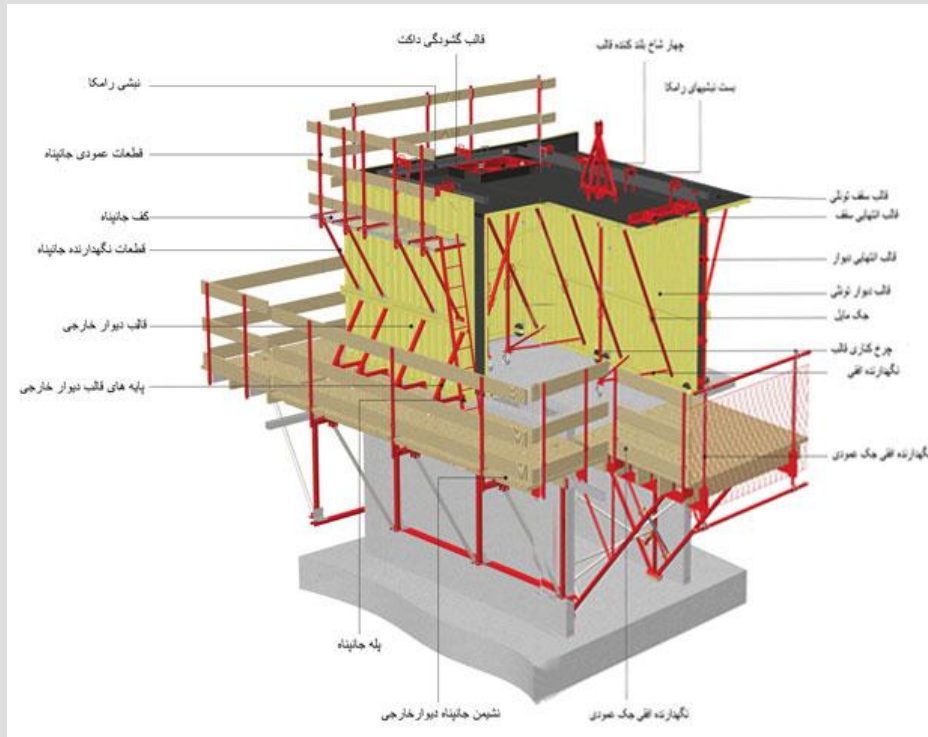
ویژگی های فنی سیستم قاب بتنی پیوسته

- ۱- یکپارچگی سیستم و رفتار مناسب لرزه ای آن به دلیل عملکرد جعبه ای سازه
- ۲- تغییر ماهیت تمرکز تنش از حالت گره ای و متمرکز به صورت گسترده به علت تبدیل سازه از سیستم دال-تیر-ستون به سیستم دال-دیوار
- ۳- عملکرد مطلوب سقف سازه به صورت دیافراگم صلب و قابلیت انتقال بارهای قائم و جانبی به دیوارها
- ۴- افزایش درجه نامعینی سازه و تأخیر بیشتر در تشکیل لولاهای خمیری در اعضاء و در نتیجه قابلیت تحمل بیشتر نیروها و لنگرها
- ۵- تقارن سازه ای و منظم بودن ساختمان در مقطع و پلان



مشخصات سیستم قالب بندی

برای اجرای ساختمان های قاب بتنی پیوسته از نوعی سیستم قالب بندی فلزی استفاده می شود که قالب ها با وجود بزرگ بودن، به سرعت بسته شده و با دقت در محل خود اجرا می شوند و علاوه بر آن دوام بیشتری کیفیت بهتری دارند. مهمتر از همه امکان تکرار یک دور کامل اجرا در ۲۴ یا ۴۸ ساعت (با توجه به تعداد واحدها در یک طبقه) است که در هیچ یک از سیستم های قالب بندی فلزی و چوبی متداول امکان آن وجود ندارد. این سیستم قالب بندی نسبت به سایر سیستم ها، از نظر تعداد درز تفاوت های زیادی دارد. برای مثال در این سیستم سطوح تا ۲۰ مترمربع به طور یکپارچه بدون درز پوشانده می شوند. قطعات بزرگ و سبک دیوارهای خارجی و داخلی، با سرعت زیاد به وسیله جرثقیل برجی در محل خود قرار داده شده و توسط پیچ به یکدیگر متصل می شوند. به طور مثال طی ۵ ساعت، یک مجموعه قالب برای اجرای دو واحد مسکونی ۸۴ مترمربعی بسته می شود. فرم لبه های قالب در سقف و جزئیات اتصال آنها به ریل ها و دیواره ها در کناره سقف ها، کیفیت بسیار خوبی را در بتن تمام شده ایجاد می کند. هر قالب در صورت نگهداری و تعمیر صحیح و به موقع، تا ۲۰۰ بار قابل استفاده است و بعد از یک تعمیر اساسی، این روند دوباره تکرار می شود. قالب ها در این سیستم سبک تر از دیگر سیستم های قالب بندی هستند و وزن قالب دیوار و سقف به ترتیب برابر ۶۸ و ۴۸ کیلوگرم بر مترمربع است.



در این سیستم قالب بندی، قبل از بتن ریزی و بدون نشست دوغاب، کلیه اجزا مانند بازشو پنجره ها با جزئیات خاصی، در داخل قالب فلزی به طور کامل تثبیت می شوند. قابل ذکر است که به دلیل پیچیدگی نصب این نوع قالب ها، باید برای قالب بندی از نیروی انسانی آموزش دیده استفاده شود. استفاده از نیروی ماهر و متخصص علاوه بر کاهش زمان باعث کاهش هزینه و افزایش ایمنی می شود.



بررسی سیستم از نظر اقتصادی

از آنجا که این سیستم بر اساس ایجاد صندوقه های مقاوم بتنی شکل گرفته است، میزان مصرف بتن و میلگرد مهم ترین عامل در برآورد هزینه اجرای این روش است.

مهم ترین نکته ای که در این زمینه قابل ذکر است، امکان استفاده مجدد قالب ها و قطعات در یک دوره زمانی ۲۴ ساعته است. این خصوصیت در بین اکثر سیستم های قالب بندی منحصر به فرد است. این مزیت منجر به کاهش تعداد قالب های مورد نیاز در پروژه، بدون افزایش مدت زمان اجرای آن یعنی کاهش هزینه ها خواهد شد. نکته دیگری که در زمینه این قالب ها قابل ذکر است، سبکی آنها نسبت به قالب های متداول است.

در ضمن در قالب بندی به کمک این سیستم، تعداد پیچ و مهره ها بسیار کمتر خواهد بود. این امر هزینه قطعات و نیروی انسانی مورد نیاز آن را به نحو موثری کاهش می دهد. با توجه به اینکه همه اجزای این سیستم باربر هستند، وزن سازه ی ساختمان نسبت به سازه مشابه اسکلت فلزی یا بتنی بیشتر است. این امر در مقدار نیروی زلزله ساختمان و حتی در تعیین ابعاد پی ها موثر است. به دلیل یکپارچگی سیستم، مشکلات ناشی از ضعف مصالح به کار رفته، مانند ترک های بتن پس از گرفتن و سخت شدن، ترک های حرارتی و یا نشست پی کاهش می یابد. بنابراین پایداری و استحکام سازه تامین شده و نیاز به عملیات ترمیمی کاهش می یابد.

بدون تردید یکی از مزایای مهم این سیستم، سرعت اجرایی زیاد و قابلیت بالای برنامه ریزی در این شیوه از اجرا است. این امر سبب کاهش ریسک مالی عملیات، کوتاه شدن زمان اجرا و بازگشت سریع تر سرمایه خواهد شد. با توجه به پیش ساخته بودن قطعات در این سیستم، میزان نیاز به نیروی انسانی ساده کاهش می یابد. در نتیجه میزان نیاز به نظارت کارگاهی نیز کاهش قابل ملاحظه ای خواهد داشت. همچنین می توان با به کار بردن تعداد بیشتر قطعات، سرعت عملیات را حتی به ۲ یا ۳ برابر افزایش داد.

با مقایسه ی هزینه اسکلت فلزی و سازه ی بتنی (با سقف تیرچه بلوک) و سیستم قاب بتنی پیوسته (قالب تونلی)، مشخص می شود که در مجموع هزینه مصالح، دستمزد و هزینه های متفرقه در روش قاب بتنی پیوسته (در پروژه های انبوه سازی) نسبت به اسکلت فلزی و یا سازه ی بتنی کمتر است. البته به این مقایسه، کاهش چشمگیر زمان اجرا و در نتیجه کاهش هزینه های بالاسری و امکان بهره برداری از سرمایه گذاری انجام شده را باید افزود.

بررسی سیستم از نظر انرژی

در پروژه هایی که با سیستم قاب بتنی پیوسته (قالب تونلی) اجرا می شوند، در مصرف انرژی در دو مرحله از پروژه صرفه جویی می شود. نخست در مرحله اجرا و به طور عمده از نظر حمل و نقل و دوم در زمان بهره برداری از ساختمان.

در بخش حمل و نقل، صرفه جویی ناشی از کاهش تعداد دفعات تردد، به علت کاهش حجم قالب ها نسبت به ساختمان های بتنی متداول، کاملاً چشمگیر و تاثیر گذار است. صرفه جویی در مصرف انرژی در دوران بهره برداری از بنا به دلیل استفاده از تخته های گچی در جداره داخلی دیوارها و استفاده از عایق های حرارتی مناسب برای عایق بندی حرارتی بهینه در جداره خارجی ساختمان می باشد.



الزامات طراحی معماری و سازه

در سیستم بتنی پیوسته با توجه به مدولار بودن قالب ها، بهترین اندازه ها در پلان از نظر معماری، نزدیکترین آنها به ابعاد قالب هاست. طراحی معماری در این روش به دلیل محدودیت دهانه قالب ها باید با ابعاد قالب سازگار و منطبق باشد. آیین نامه ها و تجربه ساخت نشان می دهد که هماهنگی معماری با الزامات سازه ای در این روش منجر به سهولت اجرا و در نتیجه کاهش زمان خواهد شد.

در صورت بهره گیری از این سیستم، بهتر است برای نمای ساختمان از بتن نمایان با طرح های مختلف استفاده شود. این امر باعث می شود هزینه های مربوط به نما به حداقل برسد.

- در ساختمان های حداکثر ۴ طبقه، طراحی پلان ها به نحوی باشد که قالب ها از یک طرف و عمود بر جهت استقرار ساختمان ها خارج شوند و در ساختمان های بیش از ۴ طبقه توصیه می شود پلان ها به گونه ای باشند که تعداد دیوارهای برشی در دو جهت عمود بر هم، تقریباً یکسان باشند؛
- اندازه دهانه تونل ها، به منظور کنترل تنش ها در سقف و نیز زیاد شدن ضخامت دال بتنی سقف، بین ۳ تا ۵/۵ متر توصیه می شود. عمق تونل ها نیز حداکثر ۶ متر توصیه می شود.
- محل استقرار تجهیزات بهداشتی روی دیوارهای غیر سازه ای پیش بینی شود.
- داکت های تاسیساتی به صورت متمرکز و قابل دسترس در نظر گرفته شود و سرویس ها در اطراف آنها مستقر شوند.
- به دلیل امکان پیش ساخته شدن پله های بتنی، بهتر است از پله های دوطرفه رفت و برگشت برای ارتباط عمودی در ساختمان استفاده شود.
- بهتر است از ایجاد اختلاف سطح در طبقات ساختمان اجتناب شود.
- سیستم قاب بتنی پیوسته در عمل از یک سیستم باربر جانبی تشکیل می شود. سیستم باربر قائم سازه، دیوارهای بتنی مسلح می باشند. سیستم باربر جانبی سازه نیز همان دیوارهای برشی بتن آرمه بوده که دارای شکل پذیری نسبتاً کمی هستند. در ساختمان های بیش از ۱۵ طبقه یا بلندتر از ۵۰ متر، از سیستم قاب خمشی یا سیستم دوگانه استفاده می شود. در این ساختمان ها نباید برای مقابله با تمام نیروهای جانبی، فقط به دیوارهای برشی یا قابهای مهاربندی شده اکتفا کرد.

دیوارهای باربر، دارای شکل پذیری کمتری نسبت به قاب های خمشی هستند. هنگامی که دیوارها همزمان تحت بارگذاری ثقلی زیاد و نیروهای ناشی از زلزله قرار می گیرند، خطر فروریختن آنها وجود دارد. در آیین نامه ها تنش یا مقاومت نهایی در برابر زلزله ۳۳٪ افزایش داده می شود.

یکی از مهمترین مزیت های سیستم یکپارچه، پیوسته بودن عملیات بتن ریزی است. این امر باعث عدم شکل گیری درز سرد شده و در نتیجه پیوستگی سیستم سازه را افزایش می دهد.

محدودیتها

- ۱- نیاز به تجهیزات خاص و سنگین کارگاهی
 - ۲- محدود بودن دامنه فعالیت به دلیل سنگینی قطعات
 - ۳- هزینه قابل ملاحظه اولیه در تولید قطعات قالب ها
 - ۴- زمان قابل ملاحظه ای برای عمل آوری بتن و بازکردن قالب ها
 - ۵- نیاز به آموزش خاص نیروهای اجرایی و محدود بودن به سیستم های دیواری و سقفی را می توان از مهم ترین محدودیت های این سیستم برشمرد.
 - ۶- در روش قاب بتنی پیوسته، با توجه به لزوم وجود دیوارهای باربر، تامین پارکینگ با محدودیت روبرو است.
 - ۷- تعداد طبقات بهینه در این روش، بین ۸ تا ۱۰ طبقه است. به علاوه صرفه اقتصادی در این روش اختصاص به پروژه های انبوه سازی دارد
 - ۸- در این روش عناصر سازه ای دارای وزن زیادتری بوده و وزن نهایی ساختمان نیز بیش از سایر روش هاست.
 - ۹- استفاده از کاهش دهنده های انعکاسی و تمهیدات آکوستیکی برای جلوگیری از انتقال و انعکاس صدای ضربه ای، الزامی است.
 - ۱۰- همچنین انعطاف پذیری اندک این سیستم باعث می شود در مواردی که رفتار انعطاف پذیر در برابر زلزله مورد نیاز است، به دلیل صلبیت زیاد، رفتار این سیستم مطلوب نباشد.
 - ۱۱- قابلیت بازیافت مصالح و عناصر مورد استفاده در این سیستم، همانند تمامی ساختمان های بتنی ، با مشکلات فراوان روبه روست.
 - ۱۲- با توجه به سنگین بودن قطعات قالب دیوار و سقف، وجود جرثقیل و دیگر امکانات سنگین برای نصب الزامی است.
 - ۱۳- امکان تغییر ابعاد قطعات قالب، پس از تولید بسیار مشکل و پرهزینه است. دسترسی به مدارهای الکتریکی در دوره بهره برداری بسیار سخت خواهد بود.
- این روش فقط برای پروژه های انبوه سازی قابل توصیه است و در پروژه های کوچک، فاقد توجیه کافی است.

نتیجه گیری

در این روش با انجام برنامه ریزی دقیق و مدیریت صحیح در اجرا و با استفاده از فناوری های روز و به کارگیری روش هایی که سبب سرعت سخت شدن و افزایش مقاومت بتن می شوند، می توان سرعت اجرای ساختمان را به طور چشمگیری افزایش داد. امروزه با استفاده از روش قالب تونلی در پروژه های انبوه سازی مسکن می توان نسبت به اجرای یک طبقه در دو روز اقدام نمود. از معایب این روش، محدودیت در طراحی فضاهای داخلی است.

اجرای سریع و آسان روش قاب بتنی پیوسته (قالب تونلی) در ساختمان های تکرار شونده، اجرای همزمان بخش اعظم تاسیسات ساختمان همراه با سازه، کاهش سطوح دیوارهای داخلی، سطوح بتنی هموار دیوارها و سقف و در نتیجه نیاز کمتر به نازک کاری، کنترل بهتر و دقیق تر ابعاد و اندازه بازشوها و در نتیجه امکان استفاده از در و پنجره های پیش ساخته و استاندارد، کاهش ضخامت دیوارها و سقف، در نتیجه ازدیاد فضای مفید برای بهره برداری و از همه مهم تر پایداری و دوام بسیار زیاد سازه ساختمان از جمله ویژگی های مهم این روش است.

به دلیل نیاز به ماشین آلات سنگین برای جابه جایی قالب ها و هزینه نسبتاً زیاد ساخت قالب، توصیه می شود از این روش در پروژه های با بیش از ۵۰۰ واحد و با تنوع سازه ای محدود و حتی الامکان بلند مرتبه استفاده شود. در چنین شرایطی کاهش هزینه و افزایش سرعت نسبت به ساختمان های مشابه بسیار زیاد خواهد بود.

منابع:

- ۱- محمود گلابچی، حامد مظاہریان، ۱۳۸۹، فناوری های نوین ساختمانی، انتشارات دانشگاه تهران، چاپ دوم
- ۲- معصومی، علی؛ محمدکاری بهروز، سیستم بتنی قالب تونلی، مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن، ۱۳۸۷
- ۳- فرحید، فرهنگ، جعفرپور، فاطمه، خلیلی جهرمی، کیان معصومی، علی، زهرایی، سید مهدی، ریس قاسمی و امیر مازیار، ۱۳۸۷، تولید صنعتی و فناوری های ساختمان، تهران، مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن
- ۴- مرتضی حسن نژاد، معرفی سیستم های قاب بتنی پیوسته موسوم به روش قالب تونلی، همایش منطقه ای معماری و مصالح ساخت، سایت [civilica](http://civilica.com)
- ۵- علیرضا اینانلو، شهرزاد عمیدی، ویژگی های سیستم قالب بندی یکپارچه با نگاهی به پروژه ی ده هزار واحد مسکونی ونزوئلا، فصلنامه کیسون، ۱۳۸۹، شماره ۴۵

نویسنده: عاطفه امانی

فارغ التحصیل کارشناسی عمران-عمران دانشگاه سراسری سمنان

دانشجوی کارشناسی ارشد معماری دانشگاه سوره تهران

عضو تیم خبری تحلیلی ۸۰۸

مطالب مرتبط:

[«معرفی سیستم ساختمانی قاب های سرد نورد شده \(LSF\) به شیوه اجرای طبقه ای](#)

[«معرفی سیستم های جدید ساختمانی: «سیستم بتن مسلح دیوار باربر با قالب عایق ماندگار \(ICF\)](#)