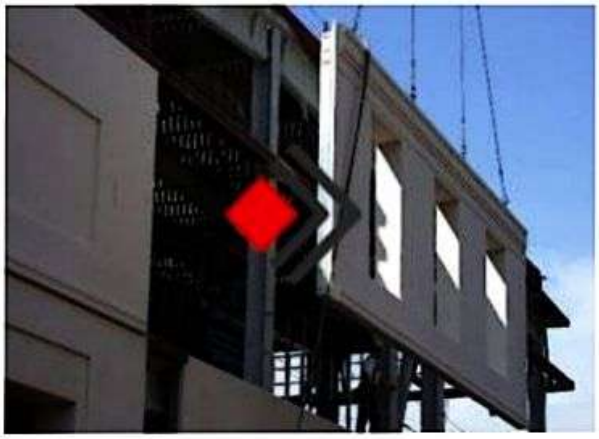
معرفی سازه های پیش ساخته بتنی



سازه پیش ساخته چیست؟

امروزه ساختمان سازی به ویژه مسکن از نیازهای عمده جامعه ما است از این رو تحقیق در این زمینه از اهمیت خاصی برخوردار می باشد. در ساخت و ساز انبوه از روش های مختلفی برای سیستم باربر ساختمان استفاده می شود که پس از استفاده وسیع از این سیستم ها اکنون معایب هرکدام از آن ها به وضوح مشخص شده است. در اکثر شهرهای کشور ما عمدتا از سازه های بتن مسلح استفاده می شود. از طرفی در سازه های بتنی درجا نیز ساخت بتن و نحوه بتن ریزی در محل بسیار مهم است، مشکلات اجرای بتن مسلح درجا، زمان بر بودن پروسه اجرای آن، نیاز کشور به سرعت بیشتر در امر ساخت و ساز و اهمیت زیاد رعایت دقیق استانداردهای ساختمانی در امر اجرا به دلیل زلزله خیز بودن مناطق مختلف کشورمان باعث شده که در طول سالیان گذشته نتایج فاجعه باری ناشی از تخریب یا بروز حادثه در ساختمان ها، تلفات جانی و خسارات مادی فراوانی به بار آید.

وجود مشکلات اشاره شده موجب شده تا طراحان به فکر روش های دیگری برای حل این معضلات و کاهش هزینه ها بیفتند. در راستای این هدف استفاده از قطعات پیش ساخته در سازه های بتنی یکی از روش هایی است که در سال های اخیر به آن پرداخته شده است. این نوع سازه ها در بسیاری از موارد به علت ویژگی های مهمی مانند سرعت بالای اجرا، استفاده از نیروی انسانی کمتر، کیفیت بالای اجرای قطعات و قابلیت راحت تر اجرایی در شرایط سخت جوی نسبت به سازه های بتنی درجا مزیت دارند.

تاریخچه سازه های پیش ساخته

استفاده از بتن پیش ساخته به عنوان یکی از راه کارهای بهینه کردن اجرا در صنعت ساختمان به بیش از صد سال پیش باز می گردد. در مقایسه سیستم های بتنی پیش ساخته اجرا شده در اروپا و آمریکا طی ۳۰ سال گذشته می توان گفت که توسعه آن ها در دو جهت کاملا مخالف صورت گرفته است. در اروپا به دلیل پایین بودن نسبت هزینه کارگر به هزینه مصالح، صرفا پروژه های بسیار کمی که از شیوه های کاملا ابداعی استفاده نموده اند قابلیت اجرایی داشته اند. از سوی دیگر در آمریکا تقاضا برای کارگران ماهر ساختمانی معمولا بیش از عرضه می باشد بنابراین استانداردسازی کاملا مناسب می نماید.

ظرفیت های تولید در آمریکای شمالی از نقطه نظر کمیت بیشتر از اروپا می باشد هرچند این وضعیت به سرعت در حال تغییر است چرا که فاصله میان هزینه کارگر و مصالح در اروپا اکنون در حال کاهش بوده و به زودی امکان به کارگیری عناصر پیش ساخته با کیفیت بالا که در آمریکا تولید و استفاده می شود در اروپا نیز فراهم خواهد شد. در ایران نیز پس از استفاده وسیع از سیستم های فولادی و بتنی درجا در مناطق مختلف و شناخت معایب و مزایای هرکدام، اکنون استفاده از سیستم پیش ساخته در حال گسترش می باشد.

تجربیات گذشته در زمینه استفاده از سیستم های پیش ساخته در سازه ها از لحاظ عملکرد آن ها تحت بار زلزله چندان مطلوب نبوده و تجربیات فراوانی در فروریزی این سازه ها در اثر بار زلزله در طول سال ها وجود داشته است و این امر محققین را بر آن داشته تا تحقیقات خود را در زمینه طراحی و ساخت این سازه ها گسترش دهند.

در اغلب تحقیقات انجام شده ضعف اتصالات اعضای پیش ساخته از مهم ترین معایب استفاده شده در این روش گزارش شده که باعث شده در بسیاری کشورهای جهان سازه های بتنی پیش ساخته در مناطق با لرزه خیزی زیاد مورد استفاده قرار نگیرند.

مزایا و معایب استفاده از سازه های پیش ساخته

استفاده از سازه های پیش ساخته بتنی مزایای فراوانی دارد که از آن جمله می توان به موارد زیر اشاره کرد

- سرعت بالا در اجرای سازه
- کاهش هزینه های ساخت
- کیفیت بالای قطعات
- امکان انبار کردن قطعات
- قابلیت اجرا در شرایط سخت جوی
- ساخت سازه های موقت و استفاده مجدد از قطعات
- کنترل آسان تر خزش و انقباض قطعات پیش ساخته
- نیروی انسانی کمتر
- قابلیت برنامه ریزی و کنترل بهتر پروژه
- استفاده مطلوب تر از تکنیک های پیش تنیدگی و پس کشیدگی

معایب استفاده از پیش ساختگی نیز در زیر آمده است

- نیاز به سرمایه گذاری اولیه زیاد
- طراحی و در نظر گرفتن تمهیدات خاص جهت جابجایی و اجرای قطعات
- محدودیت در ابعاد و وزن قطعات
- محدودیت های طراحی و اجرایی

انواع سیستم های سازه ای پیش ساخته

سیستم جعبه ای

در این سیستم پیش ساخته، اعضای سازه ای از قطعات مکعب مستطیل توخالی تشکیل شده اند و هر یک می توانند کل یا قسمتی از یک واحد مجزا را تشکیل دهند به دلیل کم بودن تعداد اتصالات در این روش ساخت، سرعت اجرای این نوع سیستم بسیار بالا بوده و مناسب برای ساخت سازه های موقت با ارتفاع کم است و امکان استفاده مجدد از قطعات وجود دارد. باید توجه داشت که وزن و ابعاد بسیار زیاد قطعات مشکل اصلی این سیستم است.

سیستم دیوار باربر

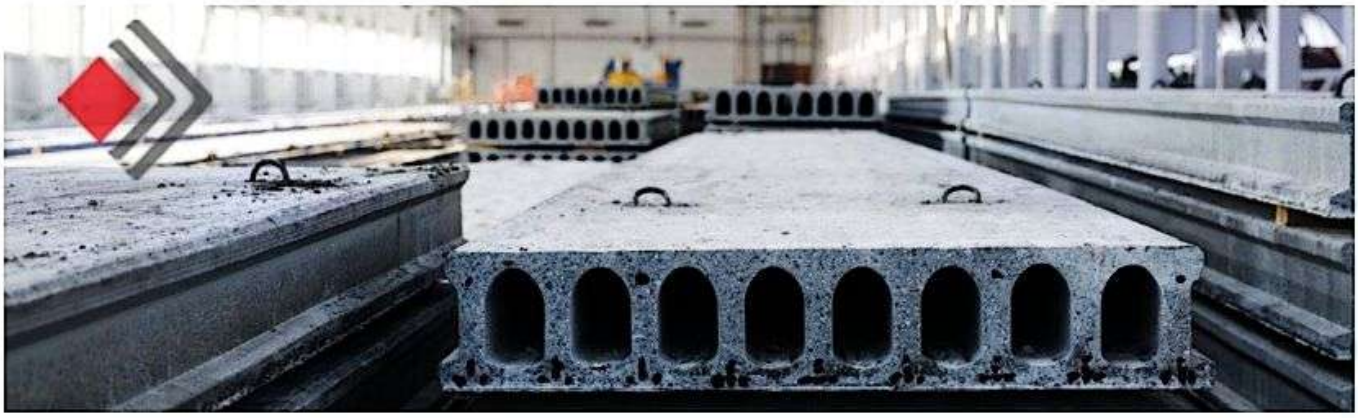
در این سیستم سازه متشکل از صفحات و دیوارهای پیش ساخته سازه ای است که در نقاط برخورد، قطعات با تمهیدات خاص به یکدیگر متصل می شوند. از این روش می توان برای ساخت سازه های مقاوم لرزه ای با ارتفاع متوسط استفاده نمود. سرعت ساخت در این روش با توجه به تعداد کم اتصالات، بالا بوده ولی اغلب اعضا دارای ابعاد و وزن زیادی هستند .این روش ساخت به دلیل استفاده از المان هایی با ابعاد بزرگ، انعطاف پذیری کمی نسبت به مسائل معماری داشته و در طراحی آن لازم است به نکات معماری توجه شود.

سیستم سازه ای اسکلتی

سازه هایی با سیستم باربر اسکلتی از قاب هایی متشکل از تیرها و ستون ها تشکیل شده است. اتصالات اعضای پیش ساخته در این روش ساخت، ممکن است مفصلی و یا گیردار باشند که در صورت استفاده از اتصالات مفصلی لازم است سیستم باربری جهت تحمل بارهای جانبی در نظر گرفته شود. این سیستم خود به زیر گروه هایی تقسیم می شود:

سازه های اسکلتی با ستون یکپارچه

در این دسته از سازه های پیش ساخته، ستون ها به صورت یکپارچه بوده و تیرها بسته به طول دهانه و نوع اتصال ساخته می شوند. اتصال تیرها به ستون در این نوع سازه ها می تواند صلب یا مفصلی باشد .در اتصال مفصلی تیرها بر روی کربل یا نشیمنگاه های تعبیه شده روی ستون در تراز طبقه قرار می گیرند و در اتصال صلب، بهتر است از روش لامبدا استفاده شود.



سازه های اسکلتی با ستون مجزا

در این سیستم ارتفاع ستون ها یک یا دو طبقه بوده و بنابراین در ارتفاع کل سازه اتصالات ستون- ستون وجود دارد. این اتصالات می توانند مفصلی یا صلب باشد که در صورت استفاده از اتصال مفصلی باید از طریق سیستم دیگری، باربری جانبی سازه فراهم شود. دیگر اعضای به کار رفته در این روش ساخت، همانند سازه های پیش ساخته با ستون یکپارچه است .ابعاد و وزن اعضای پیش ساخته به کار رفته در این روش با هم اختلاف چندانی نداشته و در نتیجه حمل و نقل قطعات به راحتی امکان پذیر است. این سیستم برای ساخت سازه هایی با ارتفاع ۱۰ تا ۶۰ متر مناسب است. کوچکی ابعاد قطعات و در نتیجه تعداد اعضای به کار رفته در سازه، باعث شده سازه های اسکلتی با ستون مجزا از نظر اجرایی دارای سرعت کم و هزینه و نیروی انسانی بیش از سیستم مشابه با ستون یکپارچه باشد.

سازه های اسکلتی قاب پرتال

در این سیستم اعضای پیش ساخته به شکلH ، T، Lو ... استفاده می شود. به دلیل کم بودن تعداد قطعات و در نتیجه کاهش تعداد اتصالات، این روش ساخت برای اجرای ساختمان های کوتاه نسبت به دو سیستم قبل

برتری دارد. اتصالات در راستای اعضای پرتال اغلب به صورت صلب بوده و در جهت دیگر می تواند صلب یا مفصلی باشد. توصیه می شود در صورت استفاده از اتصالات مفصلی، از سیستم های باربر جانبی در آن راستا استفاده شود. با توجه به استفاده از اعضای قابی شکل که قادر به تحمل بارهای جانبی هستند، این سیستم ساخت به تنهایی دارای باربری جانبی در جهت اعضای پرتال بوده و در راستای دیگر بسته به سیستم اجرایی و اتصالات می تواند دارا یا فاقد باربری جانبی باشد.

نقش اتصالات در رفتار سازه های پیش ساخته

علی رغم مزایای بسیار زیاد استفاده از صنعت پیش ساختگی در طراحی و اجرای ساختمان ها؛ اتصالات بین قطعات پیش ساخته اهمیت فراوانی در عملکرد این نوع سازه ها به خصوص تحت بار جانبی ایفا می کنند و این موضوع به طور ویژه در مناطق با لرزه خیزی بالا بسیار حائز اهمیت است. رفتار اتصالات پیش ساخته از دو جنبه مقاومت و شکل پذیری باید مشابه اتصالات اعضا در سازه های با بتن درجاریز و یا حتی بهتر از آن ها باشد.

طراحی از نقطه نظر مقاومت

اتصال بین اعضای پیش ساخته باید طوری طراحی گردد که قابلیت انتقال نیرو بین اعضا به شکل مطلوبی امکان پذیر باشد .امروزه طراحی سازه ها (پیش ساخته و درجا) به صورتی انجام می گردد که تحت زلزله های شدید پاسخ غیر خطی پایداری از خود نشان دهند. به عبارتی اتصال باید طوری طراحی شود که قابلیت انتقال نیروی بین اعضای سازه را با شرایط کاملا کنترل شده داشته باشد.

طراحی از نقطه نظر شکل پذیری

شکل پذیری در یک سازه بیان می کند که ناحیه های غیر خطی سازه توانایی ورود به ناحیه پلاستیک و امکان تحمل تغییر شکل های بزرگ تر از تغییر شکل تسلیم را دارند. در عین حال سایر نقاط سازه مقاومت کافی برای تحمل نیروهای اعمالی در نواحی پلاستیک را دارند.

دسته بندی اتصالات پیش ساخته

تفاوت اصلی بین سیستم های یکپارچه و سیستم های پیش ساخته در اتصالات آن ها می باشد. سیستم های پیش ساخته از اعضای پیش ساخته تشکیل شده که در محل اجرا به وسیله اتصالات به هم متصل می شوند . اتصالات پیش ساخته را از چند جنبه می توان دسته بندی کرد:

- از نظر شیوه تامین پیوستگی بین قطعات پیش ساخته

از این لحاظ اتصالات به دو دسته تر و خشک تقسیم می شوند:

اتصالات تر

در این نوع اتصالات پس از کنار هم قرار دادن قطعات پیش ساخته فاصله آن ها با بتن پر شده و اتصال برقرار می گردد .این امر گاهی از طریق هم پوشانی میلگردها و سپس بتن ریزی درجا در تیر یا ستون و یا چشمه اتصال تامین می شود و هدف نزدیک کردن رفتار اتصال به اتصال درجا و عملکرد مناسب تر لرزه ای اتصال است.

اتصالات خشک

در این انتقال نیرو از طریق جوش یا پیچ کردن اعضای مدفون انجام شده و پیوستگی را تامین می کند. رفتار این اتصالات در برابر بارهای لرزه ای چندان قابل اعتماد نیست.

- از نظر درجه گیرداری

اتصالات سازه پیش ساخته را از این لحاظ می توان به سه دسته تقسیم کرد

اتصال صلب

این نوع اتصال برای مقاومت در مقابل بار قائم و جانبی در قاب ها به کار می رود و می تواند نیروی برشی، لنگر خمشی و نیروی محوری را انتقال دهد. در این اتصال میزان دوران تیر و ستون با هم برابر است.

اتصال نیمه گیردار

اتصالات نیمه گیردار مانند اتصالات گیردار می باشند با این تفاوت که بزرگی لنگر انتقال کاهش می یابد و دوران تیر و ستون در محل اتصال با هم برابر نیست. در بعضی از این اتصالات برخی از عناصر تشکیل دهنده اتصال مانند آرماتور کششی یا وصله ها و مهاربندهای کششی بعد از جاری شدن دچار پارگی و جداشدگی ناگهانی می شوند و دیگر قابلیت بارگذاری ندارند و چنین رفتارهایی باعث کاهش شکل پذیری این اتصالات می شود.

اتصال ساده

اتصالات ساده در برابر دوران تیر از خود مقاومت چندانی نشان نمی دهند و فقط برش و نیروی محوری را منتقل می کنند .قاب هایی که در آن ها از این اتصالات استفاده شده است فقط بارهای ثقلی را انتقال می دهند.

- از نظر وضعیت عملکرد سازه ای

اتصال قوی

در این نوع اتصال به دلیل قوی بود ادوات، اتصال قوی تر از تیر بوده و در صورت اعمال بار اضافه گسیختگی در خارج از ناحیه اتصال رخ داده و اتصال الاستیک باقی می ماند. به عبارت دیگر مفصل پلاستیک در خارج از اتصال تشکیل می گردد.

اتصال شکل پذیر

در این نوع اتصال برخلاف اتصال قوی، گسیختگی و جذب انرژی در ناحیه اتصال رخ داده و مفصل پلاستیک در ناحیه اتصال تشکیل می شود. برای طراحی اتصالات از این نوع می توان با بکارگیری جزئیات خاص، قابلیت جذب انرژی را در اتصال افزایش داد.

صفر تا صد شناخت سیستم پیش ساخته بتنی

معرفی سیستم پیش ساخته بتنی (Prefabricated Reinforced Concrete Systems) :

با توجه به نیاز روزافزون مسکن، جوامع مختلف با بهره‌گیری از تکنولوژی‌های نوین با استفاده از دستگاه‌ها و تجهیزات پیشرفته و نیروهای کارآمد و با تجربه، اقدام به تولید انبوه ساختمان و مسکن می‌نمایند.

سیستم پیش ساخته بتنی، یکی از روش‌هایی است که به این منظور مورد استفاده قرار می‌گیرد.

مشخصه بارز این سیستم سهولت و سرعت اجرا و در نتیجه کاهش فاصله زمانی میان سرمایه‌گذاری تا بهره‌برداری است.

این سیستم در سال‌های 1950 تا 1960 در اروپا به نحو گسترده‌ای مورد استفاده قرار گرفت و سپس در نقاط مختلف دنیا گسترش یافت.

در این سیستم قطعات بتنی براساس نقشه‌ها و مشخصات مورد نظر به صورت پیش‌ساخته از کارخانه سازنده به محل کارگاه حمل می‌شوند.

با توجه به تولید قطعات در کارخانه، کیفیت ساخت آنها نسبت به قطعات تولید شده در کارگاه بالاتر بوده و از نظر زمان اجرا نیز، نسبت به سیستم های متداول سریع‌تر است.

به طور معمول قطعات مورد نیاز، در سه گروه قطعات سقف، دیوار و قطعات متفرقه با استفاده از تجهیزات و امکانات مکانیزه در کارخانه‌های سازنده، تولید می‌شوند.

در بعضی از روش‌ها اتصالات به صورت بتن‌ریزی در محل اتصال قطعات در کارگاه، اجرا می‌شوند.

میلگردهای فولادی نقش اتصال بین فولادهای کلاف کننده که از قطعات پیش‌ساخته خارج شده‌اند را به عهده دارند.

میلگردهای اتصال باید به لحاظ خمشی و برشی توان تحمل نیروهای فشاری، کششی و برشی در محل اتصال را داشته باشند.

- **ویژگی‌های معماری:**

در طراحی معماری این سیستم، با توجه به پیش‌ساخته بودن قطعات محدودیت چندانی از نظر ابعاد و تناسبات فضاها وجود ندارد.

در این روش به دلیل استفاده از تیرهای با مقطع I شکل، می‌توان دهانه‌های بزرگ (تا 18 متر) را پوشاند.

در نتیجه از نظر معماری انعطاف‌پذیری بسیاری وجود دارد و می‌توان فضاهای داخلی را به نحو دلخواه تقسیم‌بندی کرد.

- **سیستم سازه‌ای:**

پایداری و باربری جانبی سازه در این سیستم به یکی از دو روش کلی زیر تأمین می‌شود:

الف) سیستم قاب خمشی با اتصالات گیردار (اتصالات صلب)

ب) سیستم قاب با اتصالات ساده (مفصلی) همراه با مهاربندی یا دیوار برشی

مهاربندی قاب‌های ساده به یکی از روش‌های زیر انجام می‌گیرد:

- **مهاربندی فلزی**
- **دیوار برشی پیش‌ساخته**
- **دیوار برشی بتن درجا**

الف) سیستم قاب خمشی با اتصالات گیردار (اتصالات صلب) :

در این سیستم قاب خمشی با اتصالات گیردار (صلب) بین تیر و ستون، گیرداری کامل وجود دارد و بین آنها (تیر و ستون) انتقال کامل لنگر صورت می‌گیرد.

در نتیجه سختی خمشی تیر نیز در باربری جانبی سازه سهیم بوده و از عوامل اصلی پایداری است.

بدین ترتیب تیرها نیز سهم عمده‌ای از باربری جانبی را بر عهده دارند.

به علت صلب بودن اتصالات در این سیستم، هنگام زلزله دو لنگر محرک، در بالا و پایین در محل اتصال تیر و ستون بر روی ستون شکل می‌گیرد، همچنین لنگر خمشی مقاومی بر روی تیرها در دو طرف اتصال پدید می‌آید.

این لنگرها باعث ایجاد برش بسیار زیاد در ناحیه اتصال می‌شوند.

به همین علت تمامی آیین نامه‌ها، میلگردبندی ویژه‌ای را در این ناحیه الزامی می‌دانند.

همچنین تجارب به دست آمده از زلزله‌های قبلی نشان داده است که یکی از مهم‌ترین نقاط آسیب‌پذیر در ساختمان‌های بتنی با سیستم خمشی، محل اتصال تیر و ستون است.

اکثر ساختمان‌های بتنی که در حال حاضر به روش‌های متداول طراحی و اجرا می‌شوند، دارای سیستم قاب خمشی هستند.

ب) سیستم قاب با اتصالات ساده (مفصلی) همراه با مهاربندی یا دیوار برشی:

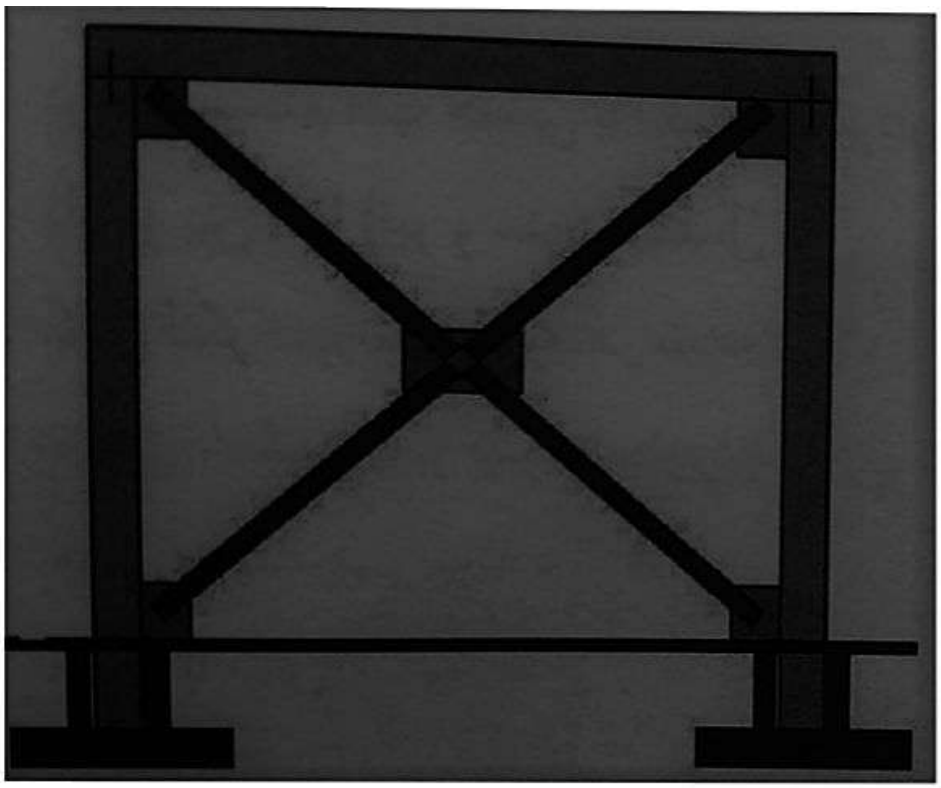
همانطور که اشاره شد مهاربندی قاب‌های ساده به روش‌های زیر انجام می‌شود:

- **مهاربندی فلزی:**

این روش به طور معمول در قاب‌های فولادی استفاده می‌شود.

در این حالت قاب ساده برای بارهای ثقلی طراحی شده و مهاربندی (بادبندهای) فلزی برای پایداری در مقابل بارهای جانبی، استفاده می‌شوند.

شکل مهاربندی فلزی



- **دیوار برشی پیش ساخته:**

دیوار برشی، یکی از مؤثرترین روش‌ها برای مقاومت در برابر بار جانبی است.

دیوار برشی به دلیل دارا بودن سختی بسیار زیاد درون صفحه‌ای، می‌تواند بخش عمده بارهای جانبی را جذب و باعث کاهش در ابعاد سایر عناصر خطی شود.

- **دیوار برشی بتن درجا:**

در این روش میلگردهای انتظار برای اجرای دیوار برشی بتنی درجا از قبل در پی پیش‌بینی می‌شود و همزمان با نصب قطعات پیش‌ساخته (مانند تیر، ستون و سقف) بتن‌ریزی دیوار برشی به نحوی انجام می‌شود که یکپارچگی کافی بین قاب ساده و دیوار برشی بتن درجا تأمین شود.

انواع اتصالات در سیستم پیش ساخته بتنی:

الف- اتصالات در سیستم قاب خمشی:

در اتصالات صلب، میزان دوران انتهایی تیر نسبت به دوران انتهایی ستون برابر صفر در نظر گرفته می‌شود.

به عبارت دیگر زاویه بین تیر و ستون همواره ثابت (و معمولاً برابر 90 درجه) باقی می‌ماند.

برای تأمین اتصالات صلب، نیمه‌صلب و مفصلی، از روش‌های مختلف استفاده می‌شود.

در اتصال صلب در صورت بروز گشتاور در تیرها دقیقاً همان مقدار گشتاور به ستون منتقل می‌شود و گشتاورهای مؤثر به ستون نیز عیناً با همان مقدار به تیر منتقل می‌شود.

اجرای اتصالات خمشی (صلب) با پیش‌بینی اجزا و قطعات مورد نیاز بر روی ستون‌ها و تیرها و تکمیل آن در زمان نصب قطعات و اجرای سیستم سازه ساختمان، امکان‌پذیر می‌شود.

ب- اتصالات در سیستم قاب ساده:

به طور معمول در سیستم پیش ساخته بتنی اتصال تیر به ستون به صورت مفصلی است.

در این حالت به وسیله نبشی‌ها و صفحات فولادی که از قبل در انتهای تیرها و ستون‌ها تعبیه شده‌اند، اتصال اجرا می‌شود.

به علت انعطاف‌پذیر بودن، نبشی موجب گیردار شدن (صلب شدن) اتصال تیر به ستون نمی‌شود، در نتیجه فقط نیروی برشی تیر به ستون منتقل می‌شود و در ستون به عنوان یک نیروی محوری عمل می‌کند.

در این سیستم، سختی خمشی تیر، سهمی در باربری جانبی نداشته و پایداری در برابر نیروهای جانبی توسط عناصر دیگری مانند مهاربندی فلزی یا دیوار برشی تأمین می‌شود.

همچنین می‌توان از اتصال نیمه‌صلب در سازه‌ها استفاده کرد.

البته به دلیل ایجاد درجات نامعینی بیشتر در سازه، کمتر از این روش استفاده می‌شود.

انواع اتصالات در سازه‌های پیش‌ساخته بتنی در روش قاب با اتصالات ساده را می‌توان به شرح زیر تقسیم‌بندی کرد:

1) اتصال ستون به پی:

این اتصال می‌تواند به وسیله پیچ‌هایی که صفحات فولادی نصب شده در انتهای ستون‌های بتنی را به پی متصل می‌کند، اجرا شود.

همچنین می‌تواند با قراردادن ستون در حفره‌های درون پی و بتن‌ریزی اطراف آن (و یا روش مته‌ای) اتصال ستون به پی را اجرا کرد.

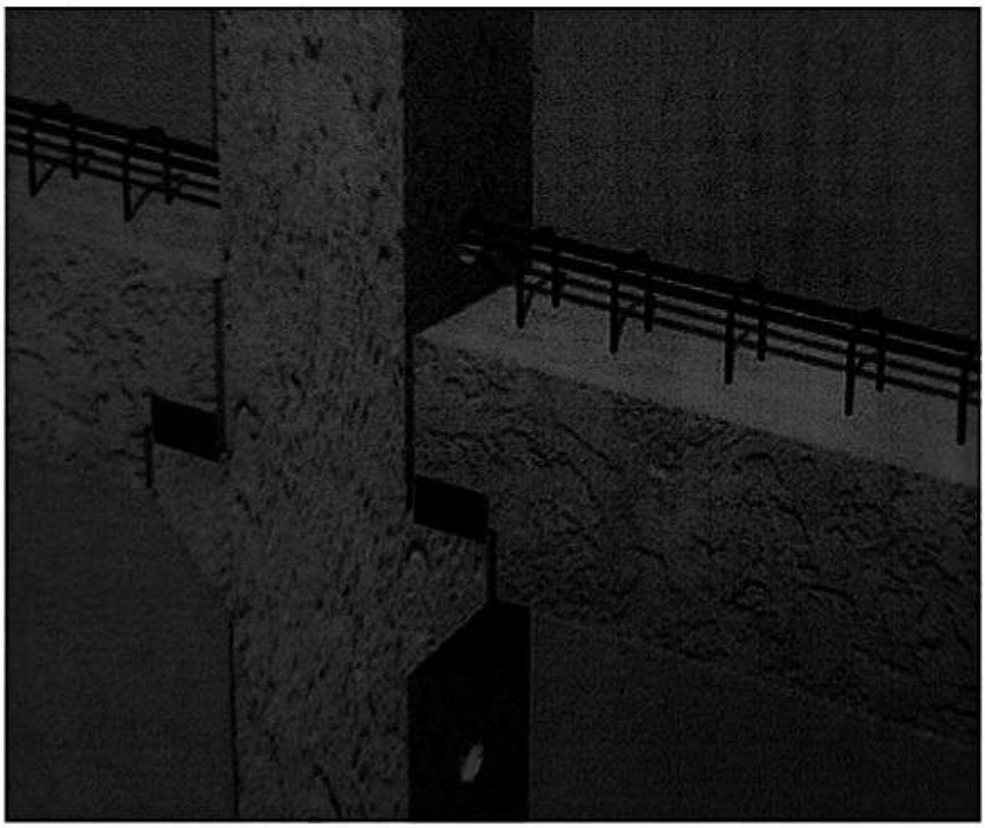
2) اتصال ستون به ستون:

این اتصال می‌تواند به روش کام و زبانه یا با استفاده از صفحات فولادی در طرفین محل اتصال اجرا شود.

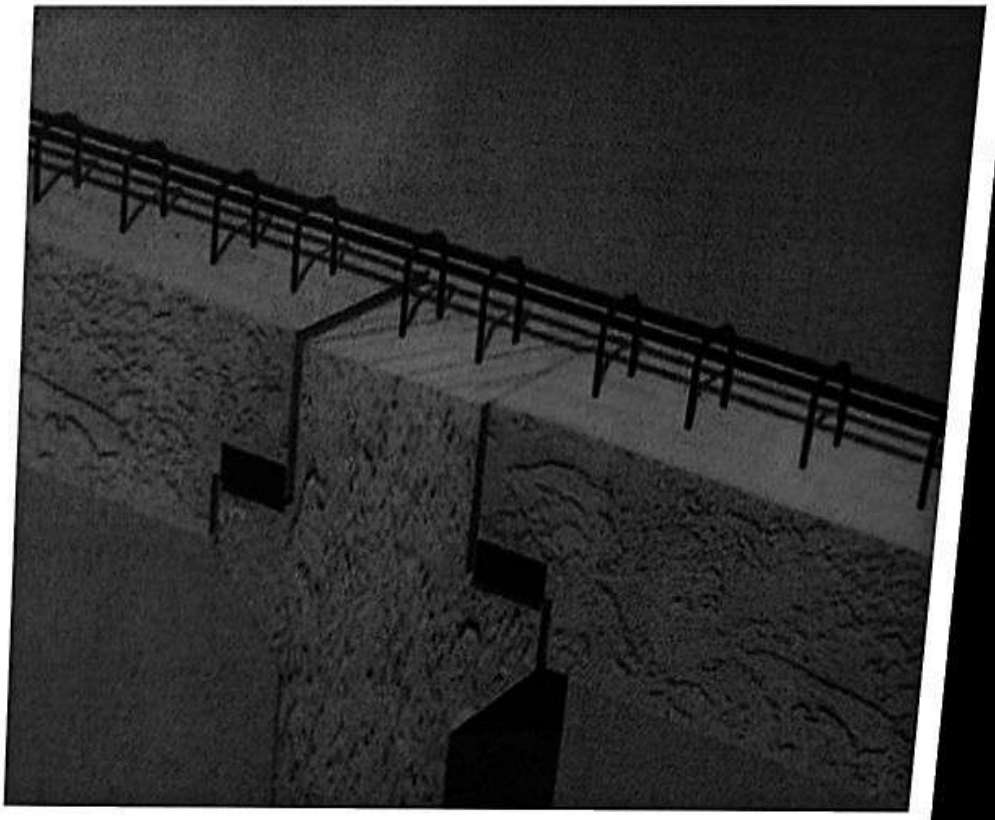
3) اتصال تیر به ستون:

این اتصال می‌تواند با استفاده از نبشی‌ها و صفحات فولادی که از قبل بر روی تیرها و ستون‌ها تعبیه شده است و پیچ‌هایی که در محل نصب می‌شوند، اجرا شود.

شکل اتصال تیرهای کوتاه به ستون در طبقات



شکل اتصال تیرهای کوتاه به ستون در بام

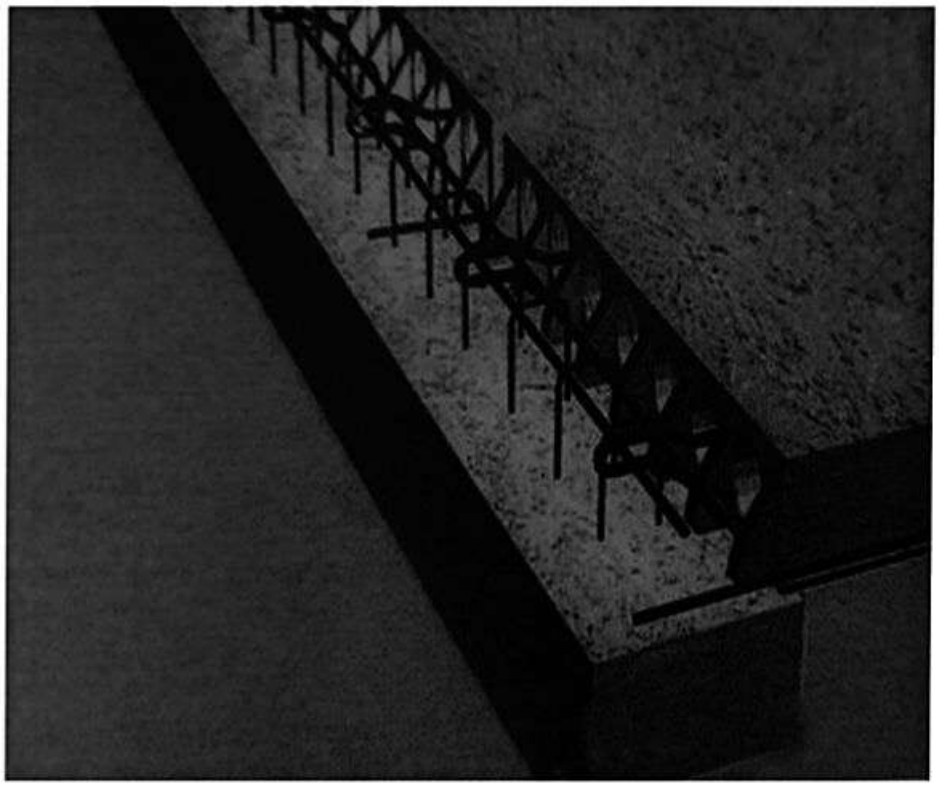


4) اتصال سقف به تیر:

اتصال سقف به تیر به طور معمول به صورت تر و با استفاده از میلگردهایی که از قبل در قطعات سقف و تیر پیش‌بینی شده است، اجرا می‌شود.

بدین ترتیب که با اضافه کردن میلگردهای طولی برای به هم پیوستن میلگردهای پیش‌بینی شده در قطعات سقف و تیر و بتن‌ریزی فاصله بین این دو قطعه، در محل اجرای ساختمان اتصال مورد نظر تکمیل می‌شود.

شکل اتصال سقف به تیرهای کوتاه محیطی



6) اتصال ستون به دیوار برشی:

اتصال بین ستون و دیوار برشی بسته به نوع دیوار برشی (دیوار برشی پیش‌ساخته یا دیوار برشی درجا) به وسیله تعبیه قطعات و میلگردهای مورد نیاز بر روی ستون‌ها و دیوار برشی و تکمیل آن در محل اجرای پروژه انجام می‌شود.

روش اجرای سیستم پیش ساخته بتنی:

مراحل اصلی اجرای سیستم پیش ساخته بتنی عبارتند از:

- **تولید قطعات در کارخانه**
- **حمل قطعات از کارخانه به محل اجرای ساختمان**
- **نصب قطعات و تکمیل اتصالات**

تولید قطعات بتنی پیش‌ساخته شامل مراحل آماده‌سازی قالب، فولادگذاری، بتن‌ریزی و عمل آوری بتن است.

عملیات پیش‌تنیدگی نیز در صورت لزوم در این سیستم انجام می‌شود.

این عملیات باعث کاهش ارتفاع تیرها می‌شوند.

یکی از مزایای این سیستم، امکان کنترل کیفی بهتر مراحل مختلف اجرا از قبیل ریختن بتن و لرزاندن، عمل‌آوری، انجام آزمایش‌ها و بارگذاری‌های آزمایشی است.

در بعضی از دستگاه‌های اتوکلاو، زمان عمل‌آوری حتی به کمتر از 24 ساعت می‌رسد.

به طور معمول قطعات پس از تولید مدتی در کارخانه باقی می‌مانند.

این امر باعث می‌شود بخش عمده‌ای از افت و جمع‌شدگی بتن در کارخانه انجام شود.

صفحات قالب باید صلب باشند تا در مقابل فشار جانبی بتن دچار تغییر شکل و اعوجاج نشوند.

باید توجه کرد که اتصال دیوار برشی به عناصر مجاور مانند تیرها به خوبی صورت گیرد، به نحوی که بار به راحتی از کف به دیوار منتقل شود.

عناصر متصل کننده در ستون‌ها و دیوارهای برشی که نقش زیادی در باربری جانبی دارند، باید به خوبی با ستون‌ها و دیوار برشی یکپارچه شوند.

به همین دلیل به طور معمول میلگردهایی از قبل در کف‌ها، دیوارها و ستون‌ها پیش‌بینی می‌شود تا بتوانند اتصال لازم بین قطعات مجاور را تأمین کنند.

7) اتصال سقف به دیوار برشی درجا:

این اتصال با درگیر شدن میلگردهای عمودی و افقی دیوار برشی با میلگردهای کلاف کننده در لبه قطعات سقف و بتن‌ریزی یکپارچه محل اتصال قابل اجراست.

- **بارهای جانبی و سازه کف:**

نحوه توزیع بار جانبی وارد شده به یک سازه بتنی پیش‌ساخته، به نکات متعددی وابسته است.

یکی از مهم‌ترین این نکات صلبیت یا انعطاف‌پذیری دیافراگم‌ها است، صلبیت یا انعطاف‌پذیری دیافراگم‌ها باید براساس نتایج آزمایشگاهی و محاسبات سازه‌ای به دست آمده و با مقادیر آیین نامه‌ای مقایسه شود.

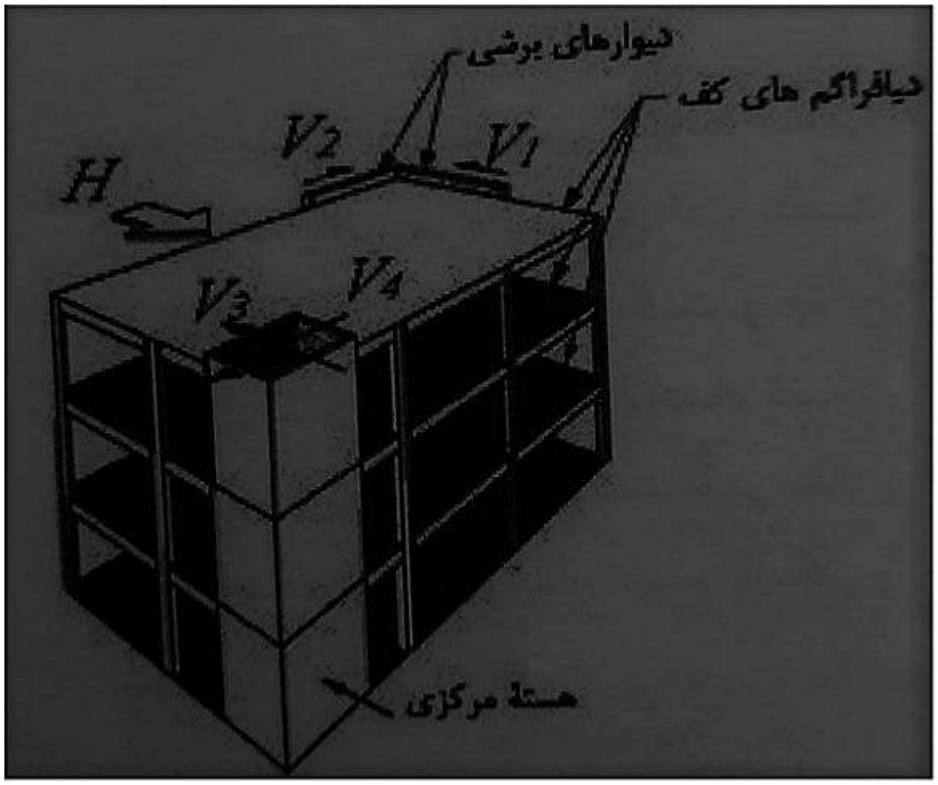
در این بررسی‌ها و محاسبات سازه‌ای دو مقدار یعنی تغییر مکان قاب و تغییر مکان هر طبقه به دست می‌آید.

پس از مقایسه آنها با مقادیر مجاز، صلبیت یا انعطاف‌پذیری سازه کف مشخص می‌شود.

در ساختمان‌های بتنی پیش‌ساخته، صلبیت لازم برای سازه کف توسط سقف‌های بتنی توخالی (کف‌های بتنی پیش‌ساخته که به عنوان تیرهای افقی با ارتفاع زیاد عمل می‌کنند)، تأمین می‌شود.

دیوارهای برشی یا دیگر اجزای مقاوم جانبی، به عنوان تکیه‌گاه‌هایی برای این تیرها و بارهای جانبی وارد بر آن، طراحی می‌شوند.

شکل نحوه توزیع بارهای وارد بر کف



روش اجرای سیستم پیش ساخته بتنی:

مراحل اصلی اجرای سیستم پیش ساخته بتنی عبارتند از:

- **تولید قطعات در کارخانه**
- **حمل قطعات از کارخانه به محل اجرای ساختمان**
- **نصب قطعات و تکمیل اتصالات**

تولید قطعات بتنی پیش‌ساخته شامل مراحل آماده‌سازی قالب، فولادگذاری، بتن‌ریزی و عمل آوری بتن است.

عملیات پیش‌تنیدگی نیز در صورت لزوم در این سیستم انجام می‌شود.

این عملیات باعث کاهش ارتفاع تیرها می‌شوند.

یکی از مزایای این سیستم، امکان کنترل کیفی بهتر مراحل مختلف اجرا از قبیل ریختن بتن و لرزاندن، عمل‌آوری، انجام آزمایش‌ها و بارگذاری‌های آزمایشی است.

در بعضی از دستگاه‌های اتوکلاو، زمان عمل‌آوری حتی به کمتر از 24 ساعت می‌رسد.

به طور معمول قطعات پس از تولید مدتی در کارخانه باقی می‌مانند.

این امر باعث می‌شود بخش عمده‌ای از افت و جمع‌شدگی بتن در کارخانه انجام شود.

صفحات قالب باید صلب باشند تا در مقابل فشار جانبی بتن دچار تغییر شکل و اعوجاج نشوند.

به طور کلی روش‌های مختلف تولید قطعات پیش ساخته بتنی عبارتند از:

- تولید قطعات به صورت درجا و تکی
- تولید قطعات به صورت درجا و چندتایی
- تولید قطعات با استفاده از جابه‌جایی شاسی یا پالت
- جابه‌جایی با نقاله
- تولید خطی

تولید قطعات بزرگتر، تعداد اتصالات را کاهش می‌دهد و سرعت عملیات را بالا می‌برد، ولی در مقابل حمل و نقل و نصب آن سخت‌تر و اجرای اتصالات آن مشکل‌تر می‌شود.

بهتر است وزن قطعات کمتر از 10 تن باشد و تا حد امکان به 6 تن محدود شود.

قطعات مورد نیاز، پس از طراحی و محاسبه و تهیه نقشه‌های اجرایی، در کارخانه تولید و سپس به محل پروژه حمل و به کمک جرثقیل نصب و اجرا می‌شوند.

این سیستم به یکی از دو روش زیر اجرا می‌شود:

1) روش خطی (تیر و ستون)

2) روش دیواری اجرای ساختمان به روش خطی (تیر و ستون)

- اجرای ساختمان به روش خطی (تیر و ستون) :

در این روش اجزای تشکیل دهنده سازه ساختمان، شامل پی، شناژ، ستون، تیر و سقف به صورت پیش‌ساخته بوده و اتصالات قطعات آن از نوع تر است.

به عبارت دیگر، اتصال قطعات به وسیله اجرای بتن در فاصله بین دو قطعه و با استفاده از میلگردهای پیش‌بینی شده در لبه قطعات و میلگردهای متصل کننده‌ای که قبل از بتن‌ریزی اتصال نصب می‌شوند، صورت می‌گیرد.

مقاومت در برابر بارهای جانبی به وسیله مهاربندی‌های فلزی و دیوارهای برشی بتنی به صورت درجا یا پیش‌ساخته، در محل پروژه تأمین می‌شود.

- **اجرای ساختمان به روش دیواری:**

در این روش اجزای تشکیل دهنده سازه ساختمان، شامل پی نواری، پانل‌های دیوار و سقف به صورت پیش‌ساخته است.

اتصالات این روش از نوع پیچ و مهره و در مواردی از نوع اتصالات تر است.

کلیه بازشوهای در و پنجره و هر نوع داکت، برای عبور تأسیسات و حتی محل کلید پریز و لوله‌های برق، از قبل پیش‌بینی شده و در کارخانه اجرا می‌شوند.

در این روش ابتدا یک لایه بتن مگر (بتن نظافت) در زیر پی اجرا می‌شود و روی آن قطعاتی به نام کفشک قرار می‌گیرد.

پس از استقرار کفشک‌های شالوده روی بتن مگر، این کفشک‌ها توسط کلاف‌های افقی در دو جهت به یکدیگر متصل می‌شوند.

محل اتصال و نحوه اجرای کلاف از قبل پیش‌بینی شده است.

پس از قراردادن میلگردهای مورد نیاز درون اتصال، بتن‌ریزی انجام می‌شود.

این کفشک‌ها به طور معمول بر روی یک کلاف بتن مسلح پیش‌ساخته، قرار می‌گیرند و اجزای دیگر سازه به واسطه این کلاف، به شالوده متصل می‌شوند.

شالوده‌ها در ساختمان‌های بتنی پیش‌ساخته مطابق نقشه‌های اجرایی مربوطه به صورت قطعات بتن مسلح پیش‌ساخته در کارخانه ساخته و آماده می‌شوند.

این قطعات، پس از حمل به محل پروژه، مطابق نقشه‌های اجرایی بر روی بتن مگر نصب می‌شوند.

برای نمای ساختمان می‌توان از یک لایه بتن ساخته شده از سیمان سفید همراه سنگ‌دانه‌های رنگی استفاده و سپس اقدام به ماسه‌پاشی کرد.

نحوه تولید و نصب اجزای سازه:

- **قطعات سقف:**

انواع مختلفی از سقف در **سیستم پیش ساخته بتنی** قابل اجراست.

از آن جمله می‌توان به سقف‌های مجوف با عرض ثابت 1.2 متر و طول حداکثر 6.4 متر (با تغییر طول‌های 15 سانتیمتر) و ضخامت 21.5 سانتیمتر و مقاومت فشاری 300 کیلوگرم بر سانتیمتر مربع اشاره کرد، که حدود 30٪ از سقف‌های توپر سبک‌تر است.

سرعت ساخت این قطعات بسیار زیاد است، به طوری که با تکنولوژی‌های موجود و با رعایت آیین نامه‌های معتبر، در هر 10 دقیقه یک قطعه سقف قابل تولید است.

- **قطعات دیوار:**

دیوارها شامل صفحاتی از بتن مسلح هستند که با فاصله از یکدیگر قرار گرفته و به طور افقی امتداد می‌یابند.

یک تیر در بالای قطعات و روی فضای بین پانل‌ها قرار می‌گیرد.

این تیر بتنی و شامل میلگردهای تقویتی است.

میلگردهای لازم براساس محاسبات در پانل‌ها جاسازی می‌شوند.

همچنین، تعدادی عناصر فلزی ممتد، به طور جداگانه در پانل‌ها قرار می‌گیرند.

این عناصر از سراسر فضای بین پانل‌ها عبور می‌کنند و به تکیه‌گاه پانل‌ها و میلگردهای داخل آنها متصل می‌شوند.

فضای خالی بین پانل‌ها محل عبور تأسیسات است، در این فضا عایق‌کاری نیز انجام می‌گیرد.

هنگام اجرا، ابتدا یک ستون در گوشه پلان قرار می‌گیرد.

میلگردهای داخل این ستون به میلگردهای انتظار که در پی قرار گرفته‌اند، متصل می‌شوند.

سپس قطعات دیوار بین ستون‌ها قرار می‌گیرند.

اغلب در دیوارهای خارجی، پانلی که در نمای بیرونی قرار می‌گیرد، دارای روکش‌هایی مانند روکش آجری است.

این سطح شامل آجرهای فاصله‌دار و ملاتی است که بین آجرها قرار می‌گیرد.

تمام این عناصر به هم پیوسته بوده و پیش‌ساخته هستند.

دیوارها به هر فرم دلخواهی قابل تولید هستند، ولی اغلب در دو نوع دیوار جدا کننده محوطه و دیوار باربر به ضخامت 8 الی 20 سانتیمتر و حداکثر ارتفاع 3 متر و طول 8.20 متر تولید می‌شوند.

دیوارهای باربر قابلیت اجرا در چندین طبقه را دارند.

حذف تیغه‌چینی و عدم اتلاف مصالح و قابلیت اجرا با بتن سبک از جمله مزایای این دیوارهاست.

دیوارهای محوطه به صورت ساده یا طرحدار با حداقل ضخامت 7 سانتیمتر با انواع نمای برجسته و یا نمای مشبک تولید می‌شوند و قابل نصب بر روی ستون‌های فلزی و یا ستون‌های پیش‌ساخته بتنی هستند.

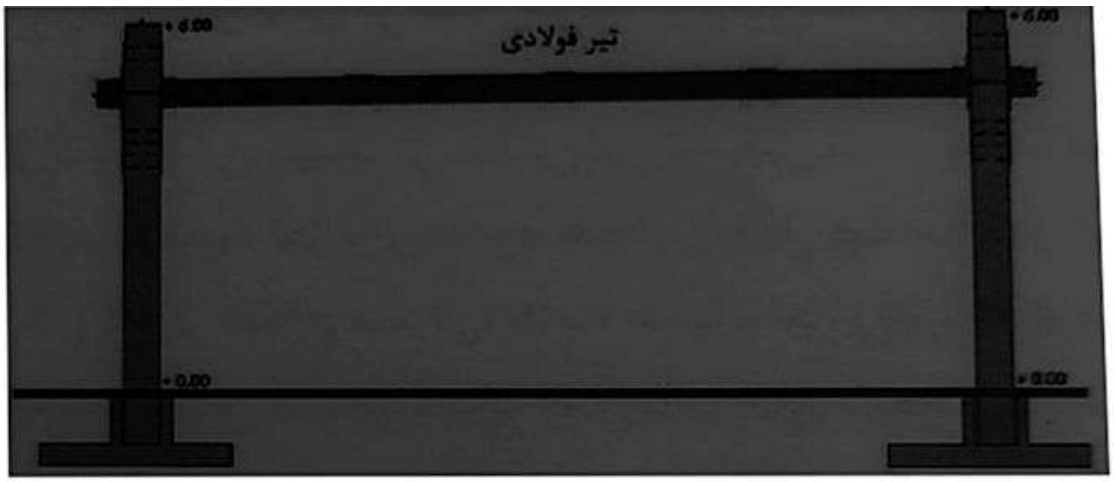
- **تیرهای کلاف کننده:**

از آنجا که تغییر مکان قاب‌ها در ستون‌های مرکزی بیشتر از ستون‌های پیرامونی است، ستون‌ها از پایین‌ترین سطح به یکدیگر متصل می‌شوند.

دیوارهای داخلی که در سمت خارج بدون تکیه‌گاه هستند، می‌توانند به راحتی تغییر شکل داده و جابه‌جا شوند.

برای رفع این مشکل، ستون‌ها توسط تیرهای فولادی در بالای ستون به یکدیگر متصل می‌شوند.

شکل اتصال ستون‌ها به یکدیگر در بالای ستون‌ها توسط تیر فولادی



- **سایر قطعات:**

در **سیستم پیش ساخته بتنی** قابلیت تولید هر نوع قطعه بتنی به صورت پیش‌ساخته وجود دارد.

به دلیل استفاده از قالب‌های فلزی و امکان ایجاد شکل‌های دلخواه توسط این قالب‌ها، تولید انواع قطعات بتنی با فرم‌های مورد نظر از قبیل قطعات پناهگاه، کانال‌های آبرو، پل صندوقه‌ای، انواع پی، انواع قطعات نما و... امکان‌پذیر است.

بنابراین کلیه اجزا و قطعات مورد نیاز برای اجرای ساختمان، به صورت قطعات پیش‌ساخته به سهولت قابل تولید است.

- **ویژگی‌های سیستم از نظر تأسیسات مکانیکی و الکتریکی:**

در **سیستم پیش‌ساخته بتنی**، جایگذاری اجزای تأسیساتی (لوله‌های آب و فاضلاب، کلید و پریزهای برق، دودکش‌ها و کانال‌های تهویه) در درون قالب دیوار و در واقع پیش از قالب‌بندی و بتن‌ریزی انجام می‌شود.

این امر سبب حفظ یکپارچگی دیواره‌ها می‌شود و نیاز به عملیات تخریب و ترمیم مجدد دیوارها برای نصب تأسیسات الکتریکی و مکانیکی نیست.

البته در صورت نیاز به تعمیر تأسیسات، به دلیل مدفون شدن این بخش‌ها در دیواره‌های بتنی که نقش سازه‌ای نیز دارند، مشکلاتی برای بنا ایجاد می‌شود.

- **بررسی سیستم از نظر هزینه و زمان ساخت:**

از آنجا که این سیستم از عناصر بتنی تشکیل شده است، میزان مصرف بتن و میلگرد تجهیزات مورد نیاز برای نصب، همچنین حمل قطعات عامل اساسی در برآورد هزینه، هستند.

اما علاوه بر مصالح مصرفی، هزینه عملیات اجرایی نیز باید در نظر گرفته شود.

از مقایسه هزینه‌های این سیستم و سایر روش‌ها می‌توان نتیجه گرفت مصرف مصالح در این سیستم بیشتر از سیستم‌های متداول است و در بعضی موارد هزینه‌های ساخت آن نیز اندکی بیشتر از سایر سیستم‌های بتنی می‌باشد.

از سوی دیگر از آنجا که ابعاد و اندازه‌های عناصر در این روش از قبل تعیین شده و محل نصب هر یک به طور کامل مشخص است، این اجزا به راحتی و به سرعت نصب می‌شوند.

همچنین به علت نظارت مستمر و دقت در مراحل ساخت و نصب، سازه‌ای با کیفیت بالا ایجاد می‌شود.

در این سیستم نیاز به قالب‌بندی در کارگاه وجود ندارد.

این عامل باعث صرفه‌جویی عمده در زمان و هزینه شده و همچنین سبب سهولت در اجرا می‌شود.

به علت تولید قطعات در کارخانه، این سیستم صنعتی در تمامی شرایط جوی قابل اجراست و محدودیتی از لحاظ سرما یا گرمای بیش از حد و تأثیر آنها در عمل‌آوری بتن وجود ندارد.

همین عامل باعث کنترل بهتر زمان اجرای پروژه، به ویژه در طرح‌های انبوه‌سازی می‌شود.

یکی از مزایای مهم این سیستم سرعت اجرایی بالا و همچنین قابلیت برنامه‌ریزی دقیق مراحل اجراست.

این عامل سبب کاهش ریسک مالی عملیات و کوتاه شدن زمان اجرا و بازگشت سریع‌تر سرمایه خواهد شد.

با توجه به پیش‌ساخته بودن قطعات در این سیستم، میزان نیاز به نیروی انسانی کاهش یافته و در نتیجه نیاز به نظارت کارگاهی و هزینه‌های آن کاهش قابل ملاحظه‌ای خواهد داشت.

- **بررسی سیستم از نظر مصرف انرژی:**

صرفه‌جویی در مصرف انرژی در این روش قبل از همه در مرحله حمل و نقل اتفاق می‌افتد.

در هنگام حمل قطعات و مصالح صرفه‌جویی عمده‌ای به دلیل کاهش تعداد دفعات تردد (به علت کمتر بودن حجم قطعات پیش‌ساخته) واقع می‌شود.

همچنین در مراحل نصب سازه، عملیات اجرایی بسیار آسان‌تر از سیستم‌های متداول است که سبب کاهش انرژی مصرفی در مرحله اجرا می‌شود.

- **بررسی سیستم از نظر عایق‌بندی صدا:**

بررسی‌های انجام شده در خصوص عملکرد صدابندی، نشان دهنده آن است که در اکثر مواقع دیوار ساخته شده با پانل‌های بزرگ تأمین کننده شرایط مورد نظر از لحاظ عایق‌بندی صدا نیست و لازم است لایه یا لایه‌های تکمیلی برای تأمین حدود تعیین شده در

مقررات به دیوار اضافه شود.

با اجرای لایه‌های پلاستوفوم در بدنه دیوارها، ساختمان از عایق‌بندی حرارتی و صوتی مطلوبی برخوردار می‌شود.

هر قدر، ضخامت دیوار و چگالی سطحی آن بیشتر شود، صدابندی افزایش می‌یابد.

استفاده از دیوار با دو لایه بتن و عایق حرارتی معدنی در قسمت میانی به نحو قابل ملاحظه‌ای صدابندی را در شرایط عادی افزایش می‌دهد.

- **بررسی سیستم از نظر تأثیرات زیست محیطی:**

به دلیل آن که که در **سیستم پیش ساخته بتنی** تمامی مراحل ساخت قطعات در کارخانه انجام می‌شود، در محل احداث ساختمان، نخاله ساختمانی تولید نمی‌شود.

همچنین در این سیستم جز سیمان مصرفی از مصالح مضر برای محیط زیست به عنوان مصالح اولیه و در حین اجرا استفاده نمی‌شود و از این نیز می‌توان آن را سیستمی مناسب ارزیابی کرد.

از سوی دیگر از سیستم از لحاظ عمر سازه‌ای در ردیف سیستم‌های پایدار با عمر بالا قرار می‌گیرد که این امر در ارزیابی رفتار زیست محیطی این روش نکته‌ای مثبت تلقی می‌شود.

هرچند که قابل بازیافت نبودن آن امری نامطلوب از نظر معیارهای معماری پایدار محسوب می‌شود، در عین حال بررسی‌ها نشان می‌دهد کاربرد این سیستم از نظر استانداردهای زیست محیطی با مشکل عمده‌ای مواجه نیست.

- **کاربردهای مناسب:**

سیستم پیش ساخته بتنی برای احداث ساختمان‌هایی با کاربری‌های زیر مناسب تشخیص داده می‌شود:

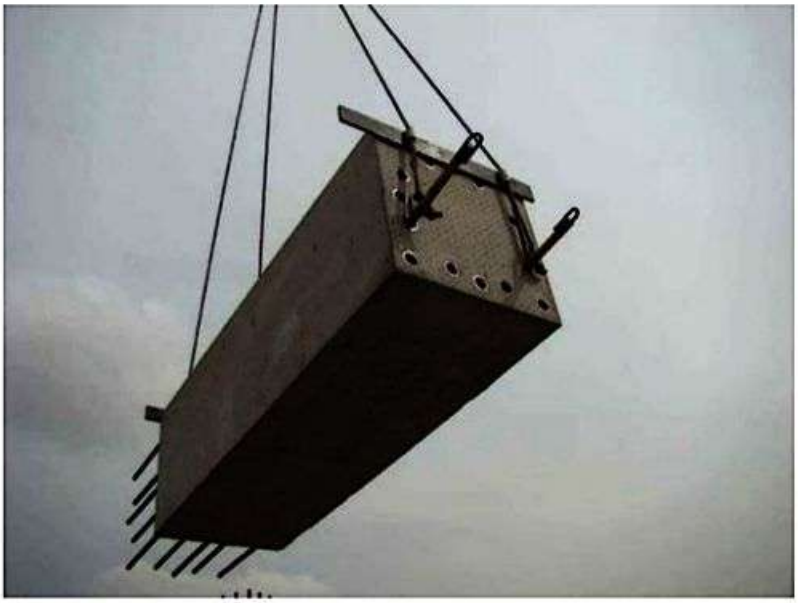
- ساختمان‌های مسکونی با طبقات محدود
- پارکینگ طبقاتی
- سالن‌های صنعتی
- سالن‌های ورزشی
- کارگاه‌ها، کارخانه‌ها و سالن‌های صنعتی
- دیوارهای محوطه
- پل‌ها و تقاطع‌های غیر هم‌سطح
- قطعات خاص مانند قطعات پناهگاه
- انواع پی‌ها، کانال‌های آبرو با مقاطع مختلف

- سقف‌های مورد استفاده در سالن‌ها با کاربری‌های مختلف و با دهانه‌های بزرگ
- انواع قطعات نما

محدودیت‌ها:

با توجه به اینکه قطعات سازه‌ای **سیستم پیش ساخته بتنی** در کارخانه تولید می‌شوند، همواره استفاده از چنین روشی مستلزم وجود کارخانه تولید کننده و ظرفیت کافی برای تولید قطعات مورد نظر است.

از سوی دیگر این سیستم که یک روش صنعتی برای تولید ساختمان محسوب می‌شود، در پروژه‌های انبوه‌سازی دارای بازدهی بالا از نظر زمان و هزینه است ولی در مقیاس کوچک دارای توجیه کافی نبوده و به همین علت مورد استفاده قرار نمی‌گیرد.



- **الزامات طراحی و اجرا:**

الزامات، ضوابط و نکات ذیل باید در مراحل طراحی و اجرای سیستم‌های پیش‌ساخته بتنی مورد توجه قرار گیرد:

- **رعایت منظم بودن ساختمان در پلان و ارتفاع به رفتار مطلوب ساختمان در برابر زلزله، به نحو مؤثری کمک می‌کند.**
- **به منظور تأمین یکپارچگی در دیافراگم سقف، لازم است در محل اتصال پانل‌های سقف پیش‌ساخته به تیر نیمه پیش‌ساخته و همچنین اتصال ساده تیر نیمه پیش‌ساخته به ستون پیش‌ساخته، میلگردهای تأمین کننده یکپارچگی اعضا در محل اتصال به طور مناسب طراحی و اجرا شوند.**
  بدیهی است کلیه اعضای اتصال در این نواحی باید دارای مقاومت کافی در برابر تنش‌های مرتبط بوده و با میلگردهای یکپارچه کننده اتصال تکمیل شوند.
- **شالوده بتن مسلح در این سیستم باید به صورت بتن درجا اجرا شود و اتصال ستون پیش‌ساخته به شالوده با جزئیات اتصال مناسب (مانند استفاده از صفحه پای ستون و میله‌های مهار کننده فولادی) طراحی و اجرا شود.**
- **تأمین اتصال قاب پیش‌ساخته ساده ساختمانی به دیوار برشی بتن مسلح درجا، از طریق اتصال تیرهای هم امتداد دیوار برشی و اتصالات درجا انجام شود.**
- **در تمامی محورهای عمود بر تیرهای نیمه پیش‌ساخته، تأمین یکپارچگی سقف به وسیله حداقل یک کلاف بتن مسلح درجا الزامی است.**
- **طراحی، ساخت و نصب اعضا و نیز اتصالات قطعات پیش‌ساخته باید براساس مقررات ملی ایران و آیین نامه ACI 318-08 و راهنمای طراحی PCI انجام شود.**
- **بارگذاری ثقلی و لرزه‌ای سیستم باید براساس مبحث 6 مقررات ملی ساختمان (بارهای وارد بر ساختمان) و استاندارد 2800 ایران انجام شود.**

- در کلیه اتصالات خشک، رعایت ضوابط و مقررات مربوط به طراحی اجزای اتصال و مشخصات فنی جوشکاری‌های مربوطه براساس ضوابط و مقررات آیین نامه‌های AWS و AISC و ASCE 07 الزامی است.
- اجرای این سیستم به عنوان قاب ساختمانی ساده بتن مسلح پیش‌ساخته به همراه دیوار برشی بتن مسلح متوسط درجا، در کلیه پهنه‌های لرزه‌خیزی ایران براساس استاندارد 2800 ایران با رعایت ضوابط و مقررات ملی ساختمان مجاز است.
- رعایت ضوابط شکل‌پذیری، مطابق مبحث 9 مقررات ملی ساختمان (طرح و اجرای ساختمان‌های بتن آرمه) و آیین نامه 318-08 ACI برای دیوارهای برشی بتن مسلح متوسط درجا ضروری است.
- طراحی و اجرای عناصر کششی به همراه میله‌های مهار کننده مناسب در محل اتصال پانل‌های سقف پیش‌ساخته به یکدیگر و همچنین در پیرامون بازشوها، الزامی است.
- وصله ستون‌های بتن مسلح پیش‌ساخته باید در محلی که تنش‌ها به حداقل می‌رسند، انجام گیرد.
همچنین در طراحی وصله ستون و اتصال پای ستون در نظر گرفتن حداقل مقاومت کششی مقطع مطابق راهنمای طراحی 04-PCI ضروری است.
- رعایت تمهیدات لازم متناسب با شرایط مختلف اقلیمی و محیط‌های خورنده الزامی است.
- ضروری است اجزای مرزی در لبه‌های دیوار برشی بتن مسلح درجا، فقط به صورت درجا اجرا شوند.
- لازم است یکپارچگی اتصال سقف پیش‌ساخته به دیوار برشی بتن مسلح درجا با انجام محاسبات دقیق در مرحله طراحی و با پیش‌بینی اجزای مرزی درجا در مرحله اجرا، تأمین شود.

ارزیابی و نتیجه‌گیری:

در **سیستم پیش ساخته بتنی** از قاب‌های ساختمانی ساده برای باربری ثقلی و از مهاربندی با دیوار برشی بتن مسلح درجا یا دیوار برشی پیش‌ساخته برای باربری جانبی سازه استفاده می‌شود.

در این روش امکان استفاد از قاب خمشی با اتصالات گیردار (صلب) نیز وجود دارد که در این صورت نیروهای ثقلی و جانبی هردو توسط قاب خمشی تحمل می‌شوند.

با وجود امکان اجرای پی پیش‌ساخته، برای اطمینان از مقاومت کافی پی برای تحمل بارهای وارده، می‌توان از شالوده بتن مسلح درجا نیز استفاده کرد.

به منظور اتصال ستون‌های پیش‌ساخته به فونداسیون سازه لازم است تمهیداتی در انتهای ستون‌های پیش‌ساخته در نظر گرفته شود.

این اتصال به کمک ورق‌های فولادی پای ستون و میلگردهای مهار کننده انجام می‌شود.

در این سیستم ساختمانی، ستون‌ها به صورت پیش‌ساخته تا حداکثر 3 طبقه در هر مرحله، تیرها به صورت پیش‌ساخته یا نیمه پیش‌ساخته و سقف‌ها از انواع مختلف از جمله سقف‌های بتنی پیش‌ساخته مجوف هستند.

از جمله موارد حائز اهمیت در سیستم‌های بتنی پیش‌ساخته تأمین یکپارچگی سازه و اجرای صحیح و دقیق اتصالات می‌باشد.

از این رو در این سیستم به منظور تأمین یکپارچگی و صلیب لازم در دیافراگم سقف، باید در محل اتصال عناصر پیش‌ساخته، میلگردهای تأمین کننده یکپارچگی اعضا به طور مناسب طراحی و اجرا شوند.

برای اتصال تیرها به ستون‌ها علاوه بر امکان اجرای اتصالات تیر، می‌توان از جوش دادن صفحات فولادی تعبیه شده در انتهای ستون‌ها و تیرها استفاده کرد.

به منظور تأمین یکپارچگی و افزایش درجه نامعینی سیستم و ممانعت از بروز خرابی پیش‌رونده، باید خاموت‌های انتظار در کنار تیرها پیش‌بینی شود تا در محل نشیمن تیر بر روی ستون، با عبور دادن میلگردها از داخل خاموت‌ها و سوراخ‌های تعبیه شده در داخل ستون، یکپارچگی بین ستون و تیر تأمین شود.

این سیستم به عنوان قاب ساختمانی بتن مسلح پیش‌ساخته (قاب خمشی یا قاب ساده همراه با مهاربندی یا دیوار برشی بتن مسلح) درصورت رعایت مقررات ملی ساختمان و آیین نامه‌های مربوطه، یکی از مناسب‌ترین فناوری‌ها برای تولید صنعتی ساختمان محسوب می‌شود.

با توجه به اینکه قطعات سازه‌ای **سیستم پیش ساخته بتنی** در کارخانه تولید می‌شوند، همواره استفاده از چنین روشی مستلزم وجود کارخانه تولید کننده و ظرفیت کافی برای تولید قطعات مورد نظر است.

از سوی دیگر این سیستم یک روش مناسب صنعتی برای تولید ساختمان محسوب می‌شود و به طور خاص در پروژه‌های انبوه‌سازی به عنوان یک روش مطلوب از نظر زمان و هزینه قابل استفاده می‌باشد.