استان هرمزگان

آموزشکده فنی حرفه ای پسران بندرعباس

گروه معماری و عمران

فناوری نوین ساختمان

فهرست مطالب

1) مقدمه
2) تعاریف وکلیات صنعتی سازی ساختمان
3) انواع سیستم های سازه ای برای تولید صنعتی ساختمان
4) ساختمان های بتنی پیش ساخته
5) گزیده ای ازسیستم سازه‌ای فلزی پیچ و مهره‌ای با مقاطع فولادی گرم نورد شده

فهرست مطالب

1) مقدمه

- حق مسکن
- گذر از روش تولید سنتی ساختمان به تولید صنعتی
- ارتباط صنعت ساختمان با رشد وتوسعه کشورها ومولفه های تاثیرگذار برآن
- میزان نیاز کشور به مسکن به استناد طرح جامع مسکن در سند چشم انداز برای افق ۱۴۰۴ولزوم حرکت به سمت تولید صنعتی
- تعریف تولید صنعتی ساختمان

حق مسکن

نیاز به مسکن در تمام دوران ها جزء ملزومات اصلی زندگی بشر بوده است و در اصل ۳۱ قانون اساسی جمهوری اسلامی ایران نیز، داشتن مسکن متناسب با نیاز، حق هر فرد و خانواده ایرانی به حساب آمده است و دولت موظف است با رعایت اولویت اقشار نیازمند، زمینه اجرای این اصل را فراهم کند.

گذر از روش تولید سنتی ساختمان به تولید صنعتی = ایجاد تعادل بین عرضه وتقاضای مسکن در کشور

با توجه به جوان بودن جمعیت کشور و تقاضای انباشته سال های گذشته و با استناد به سند چشم انداز توسعه در افق ۱۴۰۴، زمانی کشور در حوزه مسکن به توسعه یافتگی دست می یابد که شاخص تراکم خانوار در واحد مسکونی به یک رسیده و هر خانوار ایرانی دارای یک مسکن باشد. برای رسیدن به این هدف دولت موظف است به مدت ۲۰ سال بستر تولید سالانه ۱/۵ میلیون واحد مسکونی را فراهم نماید. اقدامات صورت گرفته تا کنون نظیر واگذاری زمین دولتی به صورت اجاره ۹۹ ساله در طرح مسکن مهر، وضع سیاست های مالیاتی و کنترل سوداگری، افزایش تسهیلات ساخت مسکن و... از جمله بسترسازی های مناسب صورت گرفته در حوزه سیاست گذاری است.

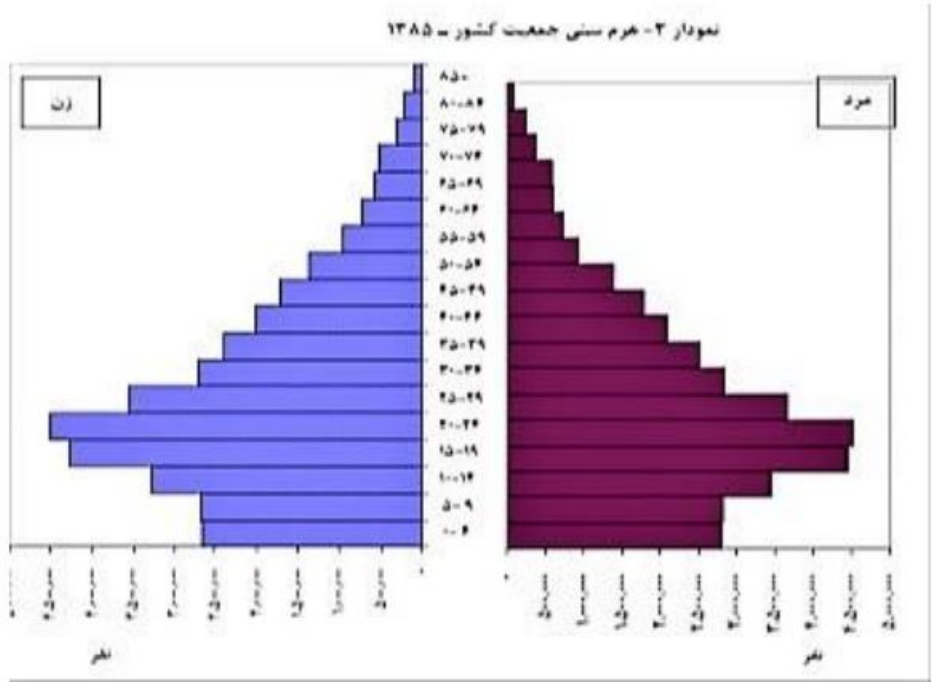
ولیکن ثمرهٔ این سیاست ها باید تولید مسکن با کیفیت و ارزان باشد که روش های سنتی ساخت و ساز علاوه بر این که در مراحل تولید مصالح، قطعات و سازه، ایمنی در برابر زلزله و طول عمر بهره برداری بهینه نمی باشند به دلیل سرعت پایین تولید نیز پاسخگوی تقاضای موجود نیستند از این رو گذار از روش تولید سنتی به تولید صنعتی یک اصل غیر قابل انکار است. بر اساس قانون، راهبری این امر خطیر به مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن واگذار شده است تا فناوری های نوین ساختمانی را با توجه به شاخص های فنی و قانونی تأیید و نسبت به ترویج و توسعه کاربرد این فناوری ها اقدام نماید. نشریه حاضر گامی در جهت نیل به این هدف است و امید است با همکاری دانشگاهیان، مهندسان، انبوه سازان و

ارتباط صنعت ساختمان با رشد وتوسعه کشورها ومولفه های تاثیرگذار بر آن

توسعه صنعت ساختمان، یکی از مظاهر رشد و توسعه کشورها محسوب می شود. بیشترین سهم انباشت سرمایه ثابت و بالاترین سهم اشتغال در بخش صنعت و جذب افراد تحصیل کرده و کارآمد در این بخش وجود دارد. ارتقاء کیفیت در تولید مصالح، شیوه های طراحی و اجرا، سرعت بخشیدن به روند ساخت و ساز، رقابت در پیشرفت تکنولوژی، استفاده بهینه از نیروی کار و بهره گیری از تکنولوژی های نوین ساخت، جزء مؤلفه های تأثیرگذار در این صنعت به شمار می آیند.

میزان نیاز کشور به مسکن به استناد طرح جامع مسکن در سند چشم انداز برای افق ۱۴۰۴ولزوم حرکت به سمت تولید صنعتی

با توجه به جوان بودن جمعیت کشور و تقاضای مستمر و روزافزون مسکن، ساخت سالانه ۱/۵ میلیون واحد مسکونی مورد نیاز است. در حالی که به دلیل عرضه کم مسکن نسبت به تقاضای موجود در سالهای گذشته، تقاضای انباشته نیز به آن افزوده می شود. به استناد طرح جامع مسکن در سند چشم انداز برای افق ۱٤۰٤، لازم است ۲٤ میلیون واحد مسکونی (۱۷ میلیون مسکن شهری و ۷ میلیون مسکن روستایی) در کشور احداث شود. با توجه به نیاز موجود در کشور، روش های سنتی که از جنبه های مختلف نیز بهینه نمی باشند جوابگوی میزان تقاضای سالانه مسکن مورد نیاز نمی باشد. از این رو برای پاسخگویی به این تقاضا، حرکت به سمت تولید صنعتی جهت بهره گیری مناسب از منابع کشور و ارتقاء شاخص های زندگی و کاهش هزینه ها ضروری به نظر می رسد.



تعریف تولید صنعتی ساختمان

تولید صنعتی ساختمان، فرآیند ساخت و اجرای پیوسته و زنجیره‌ای ساختمان است که در آن اجزاء و عناصر ساختمانی به صورت مدولار و پیش‌ساخته تولید شده و از نظر کیفیت در تمام مراحل ساخت و اجرا قابل کنترل است. تجربه جهانی نشان داده است رسیدن به این مهم فرآیندی نسبتاً زمان‌بر است که با سیاست گذاری، هدف گذاری، برنامه‌ریزی، تدوین قوانین مناسب و مدیریت هماهنگ صنایع وابسته، میسر است. در این راستا لازم است هم زمان با انجام طرح های پژوهشی کاربردی در کشور، سیستم ها و فناوری‌های مطرح روز دنیا نیز مورد بررسی دقیق قرار گرفته و امکان‌سنجی بومی سازی و حصول اطمینان از قابلیت انطباق آن ها با الگوهای ساخت و ساز متداول در کشور انجام شود.

فهرست مطالب

1) مقدمه
2) تعاریف وکلیات صنعتی سازی ساختمان
3) انواع سیستم های سازه ای برای تولید صنعتی ساختمان
4) ساختمان های بتنی پیش ساخته
5) گزیده ای ازسیستم سازه‌ای پیچ و مهره‌ای فلزی با مقاطع فولادی گرم نورد شده

فهرست مطالب

2) تعاریف وکلیات صنعتی سازی ساختمان

- روش های ساخت در کشور
- تاریخچه تولید صنعتی
- مقایسه ساخت وسازساختمانی وتولیدکارخانه ای
- گزیده ای ازگزارش تحقیقاتی شماره گ-۵۸۱، مرکز تحقیقات راه ومسکن در مورد صنعت ساختمان سازی کشور
- پیش نیازهای فرآیند صنعتی سازی
- مفاهیم صنعتی سازی ساختمان
- دسته بندی انواع سیستم های تولید صنعتی
- جایگاه طراحی در تولید صنعتی ساختمان
- دلایل استفاده زیاد از بتن در پیش ساخته سازی
- عوامل تاثیر گذار بر صنعتی سازی
- زنجیره تامین صنعت ساختمان
- مشکلات موجود در زنجیره تامین ساخت و ساز سنتی
- زنجیره ایده آل صنعتی سازی ساختمان
- مزایای صنعتی سازی ساختمان

تقسیم بندی کلی روش های ساخت در کشور:

i. روش سنتی: روش سنتی مطلق در حال حاضر نداریم مگردر روستاهای دور افتاده که از خاک زمین گل درست می کنند وبا استفاده از آن وچوب وسنگ، خانه می سازند.

ii. روش صنعتی: از یک تا ۱۰۰٪ یک ساختمان به جای اینکه در محل کارگاه، ساخته شود، در بیرون کارگاه(یا در یک کارخانه خیلی بزرگ یا کوچک) ساخته می شود.

ما صنعتی سازی ۱۰۰٪ نداریم اما در حال حرکت به سمت صنعتی سازی هستیم.

تقسیم بندی دیگر:

انواع مختلف روشهای ساختمان سازی در ایران با رویکرد صنعتی کردن ساخت و ساز:

1) ساختمان سازی با روشهای ابتدائی Elementary Building System

در این روش، قسمتهای باربر از خشت و گل و یا چوب و گل و یا گل و سنگ و یا گل و گچ و سنگ و یا خشت و آجر ساخته می‌شود و پوشش آنها از طاق خشتی و یا تیر چوبی و الیاف گیاهی ساخته می شود.

نیروی انسانی به کار گرفته شده در این ساختمانها بعضاً غیر ماهر و یا نیمه ماهر بوده و از مصالح سنتی در دسترس محلی استفاده می شود.

ساختمان سازی با این گونه روش ها حداقل مقاومت را در مقابل حوادث طبیعی (زلزله، سیل، طوفان و...) داراست و می توان تنها بعنوان یک سرپناه موقت از آن ذکر نمود.

3) ساختمان سازی پیشرفته

این روش که ساختمان سازی پیشرفته یا بهبود یافته نیز نامیده می شود، عبارت از: اجرای کار توسط افراد و متخصصان ذکر شده در روش قبلی که از ماشین آلات و تجهیزات ساختمانی مکانیکی به منظور اضافه نمودن سرعت و حجم کار استفاده می‌نمایند.

ساختمانهای با اسکلت فلزی و یا اسکلت بتنی در این تقسیم بندی منظور می‌شوند،

برخی از لوازم و تجهیزات مورد استفاده در اینگونه ساخت و سازها عبارتند از:

انواع جرثقیلهای ثابت و متحرک، بالابرهای برقی، داربستهای فلزی، دستگاه های تهیه کننده بتن (ثابت و متحرک) و دستگاه های سیمان پاش و رنگ پاش، ماشین های جوش و... .

سرعت اجرای کار ساختمان در این روش ۲۰ تا ۴۸ ساعت برای هر متر مربع زیربنا بطور متوسط می باشد.

یعنی سرعت اجرای عملیات ساختمانی را می توان با استفاده از تجهیزات مکانیکی و برقی تا حدود زیادی افزایش داد. به دلیل استفاده از اسکت بتنی و فلزی، تعداد طبقات و ارتفاع کل ساختمان را بیش از ۵۰ طبقه و ۱۵۰ متر نیز می توان پیش بینی کرد.

۴-۱) ساختمان سازی صنعتی Industrialized Building

در این روش از قطعات آماده شده از قبیل بلوک ها، تیرچه ها، پانلهای پیش ساخته، تیرها و ستونهای فلزی و بتنی، شبکه های فلزی، قطعات گچی و بتنی و... استفاده می‌شود. و اکثر عملیات با استفاده از تجهیزات و لوازم کارگاهی بطور مکانیکی انجام می شود.

انواع کفراژهای یکپارچه فلزی از قبیل کفراژهای صفحه ای، تونلی، لغزنده و کفراژهای مدوله و کفراژهای ساخته شده از مواد سبک و همچنین کفراژهای پلاستیکی و بازشو و لغزنده ها نیز در این روش جهت بتن ریزی سریع ساختمانها در چهار فصل سال مورد استفاده قرار می‌گیرند.

تعداد تخصصها و افراد کارگر در این روش از نظر کمیت کمتر از روش های قبل است، ولی از نظر کیفیت باید از افراد متخصص در سطح بالای مهارت و دقت فنی استفاده شود.

سرعت اجرای کار در این روش بین ۹ تا ۱۴ ساعت برای هر متر مربع می باشد. با برنامه‌ریزی مناسب و بکارگیری فناوری های مناسب، این روش می تواند با پیش‌سازیهای سنگین نیز رقابت نماید. در حالی که تعداد کارگران ماهر و نیمه ماهر آن در مقایسه بیشتر بوده ولی سرمایه گذاری اولیه کمتر از روش های پیش ساخته می‌باشد.

۴-۲) سیستم های پیش ساخته سنگین Heavy Weight Pre-Fabricated Systems

استفاده از روشهای پیش ساخته سنگین در مورد ساختمانهای بیش از یک طبقه مفهوم دارد و در آن کلیات قطعات ساختمان از قبیل دیوارها، نماها، سقف ها و پلکانها و غیره در کارخانه بتنی، پیش ساخته می شود و توسط ماشین های سنگین به کل کارگاه ها حمل و نصب می گردند.

حمل قطعاتی -که دارای وزنی تا ۱۲ تن می باشند- توسط تریلی و برپایی آنها به جرثقیل های سنگین ثابت و یا متحرک نیاز دارد.

به دلیل سنگینی وزن قطعات، فاصله حمل تا ۶۰ کیلومتر از محل کارخانه، صرفه اقتصادی دارد و جهت بیشتر از آن می بایست توجیه اقتصادی لازم آنرا مد نظر قرار داد.

۴-۳) سیستم پیش ساخته نیمه سنگین Middle Weight Pre-Fabricated Systems

در این سیستم وزن قطعات حداکثر ۵ تن می باشد.

اسکلت ساختمان فلزی و یا بتنی است.

سقف و دیوارهای خارجی از قطعات بتنی و جدا کننده های داخلی از صفحات گچی مسلح شده و یا چوبی در نظر گرفته می شوند.

وزن قطعات نما و ابعاد آن بصورتی در نظر گرفته می شود که بالا بردن و نصب آنها با جرثقیلهای سبک امکان پذیر باشد.

با توجه به اسکلت فلزی و یا بتنی باربر که می تواند بصورت پیش ساخته و در کارخانه انجام پذیرد محدودیتی از نظر ارتفاع طبقات وجود ندارد.

۴-۳) سیستم پیش ساخته نیمه سنگین Middle Weight Pre-Fabricated Systems

در این سیستم وزن قطعات حداکثر ۵ تن می باشد.

اسکلت ساختمان فلزی و یا بتنی است.

سقف و دیوارهای خارجی از قطعات بتنی و جدا کننده های داخلی از صفحات گچی مسلح شده و یا چوبی در نظر گرفته می شوند.

وزن قطعات نما و ابعاد آن بصورتی در نظر گرفته می شود که بالا بردن و نصب آنها با جرثقیلهای سبک امکان پذیر باشد.

با توجه به اسکلت فلزی و یا بتنی باربر که می تواند بصورت پیش ساخته و در کارخانه انجام پذیرد محدودیتی از نظر ارتفاع طبقات وجود ندارد.

۴-۴)سیستم های ساختمانی پیش ساخته سبک Light Weight Pre-Fabricated Building Systems

این گروه پیش سازیها بیشتر در مورد ساختمانهای یک طبقه و یا جهت نماسازی‌های ساختمانهای بلند مرتبه با اسکلت فلزی و یا بتنی بکار گرفته می شوند.

بمنظورساخت مدارس و خانه های بهداشت روستایی، استراحت گاه های خارج از شهر و یا خانه های متحرک (**Mobile Homes**) می توان از این روش استفاده نمود.

اسکلت باربر ساختمان و سقف و دیوارهای خارجی و داخلی از یک ماده و یا ترکیبی از مواد و فلزات سبک نظیر آلومینیوم، چوب، فایبرگلاس، ورقهای فلزی فرم داده شده(ورق های نورد سرد)، فیبر، فرآورد های پتروشیمی، بتن متخلخل، بتن سبک و... ساخته می شوند.

از نظر وزنی پیش ساخته های سبک بصورت قطعه و یا ترکیب یکپارچه کمتر از دوتن در نظر گرفته می شوند. بطوریکه حمل و نقل آنها با بالابرهای برقی و یا مکانیکی و جرثقیل های بسیار کوچک امکان پذیر است.

برای اسکان موقت و اضطراری و خانه های کچی و مدارس و درمانگاه ها نیمه موقت و استقرار پرسنل کارگاه های ساختمانی می توان از این روش بخوبی استفاده کرد.

تاریخچه تولید صنعتی

انقلاب صنعتی چه بود؟

مجموعه دگرگونی های فنی، صنعتی، اقتصادی و اجتماعی که از سال ۱۷۵۰ تا ۱۸۵۰ در انگلستان به وجود آمده و به کشورهای دیگر راه یافت، انقلاب صنعتی نامیده می شود.

۱- تبدیل اقتصاد کشاورزی و صنایع دستی به اقتصاد صنعتی و تولیدات ماشین
۲- بکارگیری نیرو و کار ماشین بجای نیروی کار انسان و حیوانات بارکش
۳- انقلاب صنعتی به دنبال استفاده عملی از یافته های علمی
۴- انگلیس دارای معادن زغال سنگ و آهن بسیار غنی بود و همین دو ماده اساسی سبب تولید فراورده های صنعتی فراوانی شد
۵- اختراع ماشین ریسندگی و بافندگی، ماشین بخار، لوکوموتیو بخاری و موتورهای الکتریکی در حمل و نقل، کشاورزی و روابط اجتماعی دگرگونی هایی وسیع به وجود آورد.

تاریخچه تولید صنعتی

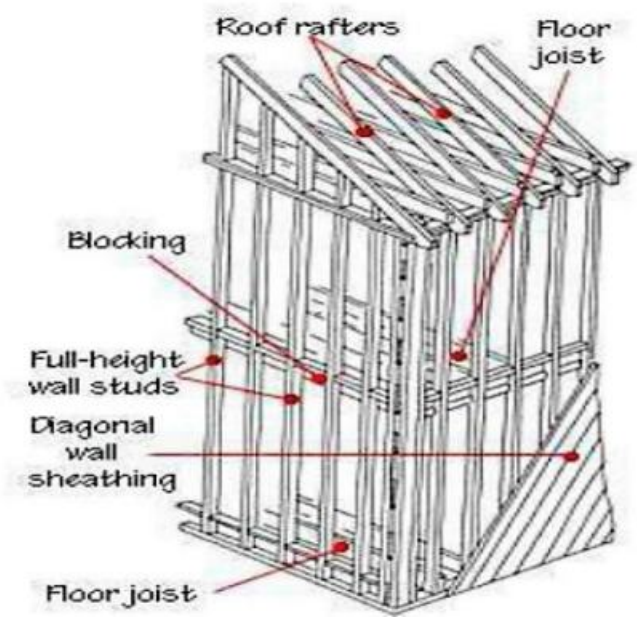
- **انقلاب صنعتی، اقتصاد وصنعت دستی را به تولید کارخانه ای وماشینی تبدیل کرد. این انقلاب با ایجاد ماشین ها، قدرت بخار وساخت آهن وفولاد در قرن ۱۸ آغاز گردید وبا اختراع نیروی الکتریکی وماشین احتراق داخلی، سوخت نفتی وسنتز شیمیائی، نمود وظهور بیشتری یافت. در قرن ۱۹ بطور چشمگیری ترقی کرد واکنون با علم الکترونیک، قدرت اتمی، نانو ، کامپیوترها و... به اوج خود رسیده است.**

- **فرآیند صنعتی سازی به معنای فرآیندی است که با بهبود کیفیت، زمان ساخت و استفاده از نیروی کار منجر به افزایش خروجی سیستم وبهینه سازی بهره برداری از تجهیزات، تسهیلات وتکنولوژی می گردد.**

تاریخچه ساختمانهای مدولار

فکر استفاده از قطعات پیش ساخته به قرن ۱۷ برمی گردد. انگلیس های مهاجر به آمریکا دیوارهای پیش ساخته ای از قاب های چوبی را که به راحتی میتوانستند در کشتی جا داده تا پس از رسیدن به سرزمین جدید در مدت زمان کوتاهی ساخت مسکن خود را تا شروع فصل سرما به اتمام برساند.

این وضعیت اضطراری موجب پیدایش سیستم آمریکایی معروف به قاب چوبی *(Balloon Frame)* گردید.



مقایسه ساخت وسازساختمانی وتولیدکارخانه ای

Construction	Manufacturing
فعالیت در مکانهای موقت متعدد پخش می شود.	تمام فعالیتها در یک مکان ثابت انجام می شود.
طول عمر بلند محصول	طول عمر کوتاه یا متوسط محصول
سطوح پائین استانداردسازی (هر پروژه ویژگی های خاص خود را دارد.)	سطوح بالای تکرار و استانداردسازی
تعداد بالای کارهایی که نیاز به مهارت دستی برای ساخت یک پروژه دارد.	تعداد پائین کارهای ساده شده ضروری برای تولید یک محصول
هر کار در محدوده وسیع انجام می شود (کارگران برای انجام یک کار جابجایی بالایی دارند).	همه فعالیتها در یک ایستگاه کاری انجام می شود.
محیط کاری خشن و ناملایم	محیط کاری به دقت با نیازهای انسانی تطبیق دارد.
گردش بالای نیروی انسانی	محیط کاری نسبتاً پایدار
تصمیم گیری در سطوح کارفرما، طراح، قوانین دولتی و پیمانکار تقسیم شده اند.	مرجع تصمیم گیری واحد برای طراحی، تولید و بازاریابی

گزیده ای ازگزارش تحقیقاتی شماره گ–۵۸۱، مرکز تحقیقات راه ومسکن در مورد صنعت ساختمان سازی کشور:

- **... امروزه صنعت ساختمان ایران یک صنعت دو قسمتی شامل سنتی/متعارف ومدرن می باشد وقسمت عمده مشکلات توسعه صنعت ساختمان ایران در مجموع از این دو قسمتی بودن وخصوصاً از بی اعتنائی به بخش سنتی/متعارف ناشی می شود.**

در ایران از سال ۱۳۳۰ تاکنون در جهت تولید ساختمان به روش های صنعتی بارها اقداماتی بعمل آمده است. این کوشش ها که عمدتاً در جهت انتقال تکنولوژی غرب بعمل آمده وبدون توجه به شرایط داخلی، بخصوص ساختار وسازمان صنعت ساختمان محلی وبدون توجه به شایستگی ها وامکانات آن، انجام گرفته موفقیت چندانی نداشته است.

- **... به جای تقلید سطحی از غرب باید سیر تحولات مربوط را در آن کشورها با توجه به شرایط فرهنگی، اقتصادی، اجتماعی به وجود آورنده آنها ودر رابطه با سازمان صنعت ساختمان آن کشورها مورد مطاله قرار داده وبا هدف درک اندیشه ومفاهیم اساسی، بدنبال یافتن فرمول های باشیم -که بتواند در تدوین راهکارهایی مورد استفاده قرار گیرد-که ریشه در شرایط خود ما داشته باشدومنجر به بهبود وایجاد فن آوری در داخل کشور وافزایش حاصلخیزی(Productivity) صنعت ساختمان گردد.**

گزیده ای ازگزارش تحقیقاتی شماره ک–۵۸۱، مرکز تحقیقات راه ومسکن در مورد صنعت ساختمان سازی کشور:

- **سهم عمده ای از افزایش حاصلخیزی(Productivity) صنعت ساختمان می تواند از آموزش در راه بهبود تخصص نیروهای فنی وروش های کار آنان بدست آید.**

صنعتی بودن را باید تنها به عنوان یکی از روش های افزایش بازده تولید در نظر گرفت. از طرفی می توان با روش های گوناگون دیگری صرفنظر از تغییرات عمده در فن آوری حاصلخیزی صنعت، وضعیت ساختمان سازی محلی را بهبود بخشید.

- **در این راه به رسمیت شناختن بخش سنتی/ متعارف وکوشش در راه تقویت نظام استاد–شاگردی درون آن می تواند فوق العاده موثر واقع شود.(در اروپا به این روش توجه بیشتری می شود)**

گزیده ای ازگزارش تحقیقاتی شماره گ–۵۸۱، مرکز تحقیقات راه ومسکن در مورد صنعت ساختمان سازی کشور:

- **در یک بررسی -درمورد راهکارهای ارائه شده برای انتقال تکنولوژی غرب وصنعتی کردن ساختمان- که در سال۱۳۶۵ بعمل آمده است، می خوانیم:**

حدود یکصد کارخانه مختلف پیش ساخته بتنی و قطعات سبک از مصالح مختلف قبل از انقلاب اسلامی احداث شده اند که در حال حاضر یا متوقف هستند ویا درحال رکودوبصورت نمایشگاهی از ماشین آلات کشورهای صنعتی شرق وغرب در آمده اند.

در همان بررسی عنوان شده است که بطور متوسط تولید کارخانجات موجود۳۰ درصد ظرفیت اسمی آنهاست.

در این گزارش به ۷ عامل از علل رکود این واحد ها اشاره شده است:

مسائل اجتماعی، کیفیت، سرمایه گذاری، نیروی انسانی، کمبود ماشین آلات ولوازم یدکی، وزمین برای ساخت انبوه.

در مورد مشکل سرمایه گذاری ذکر شده: برای اینکه پیش ساخته سازی اقتصادی باشد، باید برای تولید انبوه واز هزار واحد به بالا از آن استفاده شود.

گزیده ای ازگزارش تحقیقاتی شماره گ–۵۸۱، مرکز تحقیقات راه ومسکن در مورد صنعت ساختمان سازی کشور:

جدول ۱–۱ تفاوتهای عمده بین دو بخش سنتی- متعارف و مدرن

بخش سنتی / متعارف	بخش مدرن	عامل
شواهدی به قدمت دوران ساختمان تخت جمشید (۵۰۰ سال قبل از میلاد مسیح).	با راه‌آهن سراسری ایران در سال ۱۳۰۶ به صحنه آمد.	تاریخ تشکیل و نحوه توسعه
معماران تجربی	پیمانکاران و مشاوران شامل: مهندسین معمار – ساختمان و تأسیسات، تکنسین‌ها و تعدادی دیگر سرمایه‌گذار (businessmen)	کارآفرینان اصلی و عمده
شخص حقیقی	عمدتاً شرکتهای خصوصی، تعدادی شرکتهای تعاونی و معدودی شرکتهای دولتی	نوع مالکیت
طبقه متوسط، احترام اجتماعی متوسط (نه مانند احترام اجتماعی بالای گذشته)	طبقه متوسط و بالا، احترام اجتماعی ضعیف بخصوص در مورد برخی از پیمانکاران (در ارتباط با رشوه و خلافکاری)	موقعیت اجتماعی مدیران و کارآفرینان
شخصی‌سازان تک واحدی در بخش مسکن	وزارتخانه‌ها و مؤسسات دولتی، به طور روز افزونی مؤسسات و سرمایه‌گذاران خصوصی	کارفرما
بخش مسکن (۹۰٪).	پروژه‌های برنامه‌های عمرانی کشور (۱۰۰٪) و خانه‌سازی (۱۰٪)	نوع کار
بسته به شرایط اقتصادی کل کشور با آسیب‌پذیری نسبی کمتر از بخش مدرن .	آسیب‌پذیری به علّت کاهش شدید در آمد نفتی	تقاضا و وابستگی منبع کار

بخش مدرن:

این بخش توسط سازمان برنامه وبودجه سازماندهی شده وعهده دار پروژه های عمرانی ودولتی کشور است.

بخش سنتی / متعارف:

حاصل تحول صنعت سنتی ساختمان ، بخشی است که در حال حاضر در تمام نقاط کشور فعال است واز نظر سازمان می توان آن را سنتی دانست واز نظر روش های کار امروزی ویا متعارف، به این دلیل این بخش سنتی / متعارف نامیده شده است

تعاریف وکلیات صنعتی سازی ساختمان

گزیده ای ازگزارش تحقیقاتی شماره گ–۵۸۱، مرکز تحقیقات راه ومسکن در مورد صنعت ساختمان سازی کشور:

بخش سنتی / متعارف	بخش مدرن	عامل
معمار تجربی در معیّت کارفرما (در اکثر نقاط کشور– در حال کاهش)؛ مهندسین معمار و ساختمان (در شهرهای بزرگ – به صورت فزاینده)	مؤسسات مهندسین مشاور با درجه‌بندی سازمان برنامه	طراحی پروژه‌ها
حق‌العمل‌کاری و پیمانکاری دستمزد به صورت زیربنا	پیمان و شرایط عمومی پیمان تیپ سازمان برنامه و بودجه	فرم پیمان
انتخاب شخصی کارفرما و چانه‌زنی بر سر قیمت	بر اساس مقررات سازمان برنامه و معمولاً به پیشنهاددهنده حداقل قیمت.	نحوه واگذاری پیمان
کارفرما – مهندس ناظر و شهرداری	مهندس مشاور و ناظر مقیم	نظارت و کنترل کیفیت
سنتی / متعارف: با کارگربری بالا (labour intensive) و گرایش به کاربرد ابزار برقی	بین‌المللی/متعارف با گرایش به کاربرد ماشین‌آلات: وابسته به بخش سنتی متعارف جهت تامین بنّایان (سفت‌کار، نازک‌کار و غیره)	فن‌آوری
معمار و مشتری، شرایط بازار کار، قوانین شهرداری و بطور فزاینده‌ای قانون نظام مهندسی .	توسط مهندسین مشاور – شرایط بازار کار – تحت تأثیر مقامات سازمان برنامه – وزارتخانه‌ها و کارفرمایان دولتی	انتخاب فن‌آوری
سیستم سنّتی استاد–شاگردی (apprenticeship)	دانشگاهها و موسسات آموزش عالی	آموزش و کارورزی
اتحادیه های صنفی معماران	سندیکاهای پیمانکاران، جامعه مشاوران و جامعه‌های مهندسین	اتحادیه‌ها و مؤسسات حرفه‌ای
عرف – اخیراً تحت تأثیر قانون نظام معماری	رسمی: سازمان‌یافته زیر نظر سازمان برنامه و بودجه	وضعیّت قانونی

پیش نیازهای فرآیند صنعتی سازی

مشخصه های زیر پیش نیازهای موفقیت فرآیند صنعتی سازی هستند:

- تمرکز تولید Centralization of Production
- تولید انبوه Mass Production
- استاندارد سازی Standardization
- تخصصی کردن Specialization
- سازماندهی مناسب Good Organization
- یکپارچگی Integrating

مفاهیم صنعتی سازی ساختمان

1) پیش ساخته سازی Prefabrication

فرآیندی تولیدی است که در آن بطور کلی مواد به همدیگر متصل می شوند تا جزئی از نصب نهائی را تشکیل دهند.

قطعات پیش ساخته ساده هستند مانند یک پانل وانواع قطعات مزبور می توانند در کارخانه بصورت **off-site** تولید شوند ویادر خط تولید موقتی بصورت **on-site** تولید گردند.

2) پیش مونتاژ نمودن Preassembly

فرآیندی است که در آن اجزای پیش ساخته تجهیزات ومتعلقات آن در یک مکان دیگر به جزء سایت احداث وگاهاً در حین احداث بر هم مونتاژ شده تا جزئی از یک واحد ساختمانی را تشکیل بدهند.

این به معنای تولید سیستم های پیچیده است نه ساده، بدین منظور نیاز به مهارت های ویژه نیروی انسانی جهت مونتاژ مواد مختلف ضروری است.

در این شیوه خط تولید می تواند دور از سایت احداث باشد یا نزدیک آن. در حالتی که هزینه های حمل ونقل بالاتر رود وهمچنین شیوه های حمل پیچیده تر شود امکان تولید در کنار سایت (**on-site**) نیز وجود دارد.

نحوه دیگر تولید کارخانه متحرک –**mobile factory** - است که به دلیل هزینه های بالا کمتر مورد استفاده است.

مفاهیم صنعتی سازی ساختمان

3) مدولاریزاسیون Modularization

i. مدولاریزاسیون به مفهوم مدولار واستاندارد نمودن اجزاء وقطعات ساختمانی است به نحوی که به جای تولید یک قطعه در ابعاد وقطعات بسیار متنوع، این محصولات در محدوده ای منطقی ومحدود تولید شوند تا امکان دستیابی به تولید انبوه کارخانه ای فراهم شود.

ii. مدولاریزاسیون به مفهوم تولید سیستم های پیچیده مدولار، اشاره به سیستم های پیچیده ای دارد که در مکانی دور از سایت احداث مونتاژ می شوند وسپس به سایت منتقل می گردند.

4) صنعتی سازی Industrialization

i. در یک تعریف جامع، صنعتی سازی به معنای یک پارادایم تولید است که شامل روش هائی است که میزان استفاده از منابع ونیروی کار را -با بهینه سازی کاربرد تجهیزات وتکنولوژی- در فرآیندها بهبود می دهد.

ii. مفهوم صنعتی سازی ساختمان فقط به معنای پیش ساخته سازی نیست، بلکه شامل پیش ساخته سازی، پیش مونتاژ، مدولاریزاسیون وکاربرد فناوری های نوین در فرآیند ساختمان سازی نیز می گردد(یعنی استفاده از فن آوری های نوین به روش های نوین).

مفاهیم صنعتی سازی ساختمان

4) ادامه صنعتی سازی

iii. در شیوه تولید صنعتی، تولید قطعات ساختمانی براساس شیوه و استانداردی واحد و به صورت متمرکز ساخته شده و در نهایت به صورت مکانیزه و صنعتی نیز نصب و اجرا می شوند. بنابراین درباره کارخانه هایی صحبت می کنیم که هر نوع از قطعات را تولید می کنند تا در ساخت و ساز نصب گردد و هدف این شیوه تولید؛ بهبود ایمنی، کیفیت، هزینه و سطوح خروجی است.

iv. در تولید صنعتی از آنجایی که استانداردهای لازم و مشخص تعیین شده است، امکان تولید مدولار در این شیوه فراهم شده و از اتلاف منابع تا حد بسیاری کاسته و به سرعت تولید می افزاید.

v. در تولید تمام صنعتی علاوه بر تولید بخش سازه ای ساختمان، بخش نرم و غیرسازه ای نیز براساس تولید مدولار در کارخانه تولید می شود. این مسئله تا حد بسیاری ضریب خطاهای انسانی را در هنگام تولید پائین می آورد و موجب افزایش کیفیت و ایمنی ساختمان، و سرعت تولید و در نتیجه قیمت تمام شده می شود.

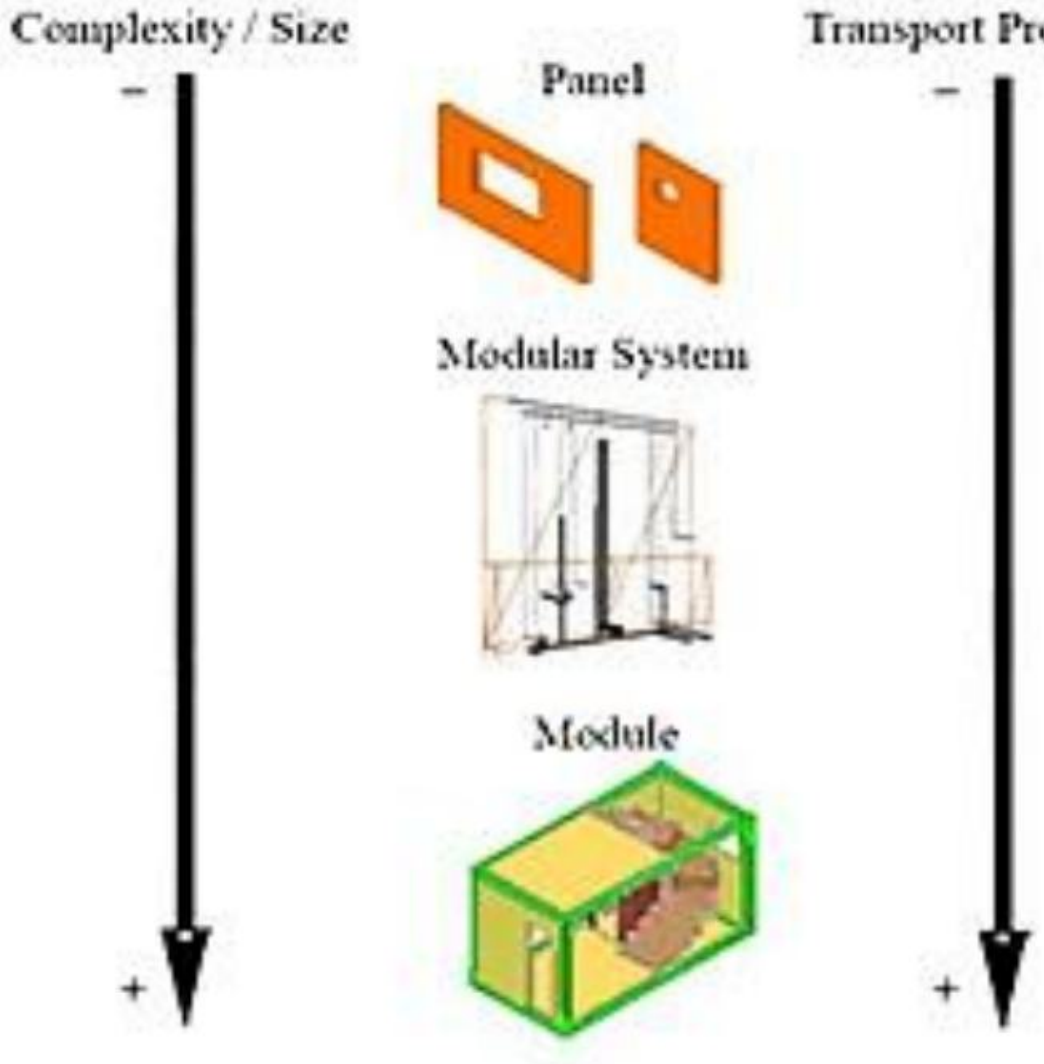
vi. در صنعتی سازی ساختمان؛ مشخص است هر المانی در کجا بکار می رود. لذا حجم فعالیت های محاسباتی و مهندسی افزایش می یابد.

مفاهیم صنعتی سازی ساختمان

مفهوم صنعتی سازی شامل کلیه معانی ذیل می باشد:

- مدولاریزاسیون **Modularization**
- پیش ساخته سازی **Prefabrication**
- پیش مونتاژ **Preassembly**
- پیش مهندسی **Pre-engineering**
- مهندسی همزمان **Concurrent Engineering**
- مدیریت فرایند ساخت **Process Management**
- مدیریت زنجیره تامین **Supply Chain Management**

دسته بندی انواع سیستم های تولید صنعتی



1) پانلهای پیش ساخته (Panels)

این نوع از قطعات با کاربردهایی مانند دیوار باربر، پارتیشن و اجزای سازه ای بکار می روند. استفاده از مصالح نوین مانند پلیمرها و کامپوزیت ها به عنوان مواد اولیه و سازنده این نوع قطعات رایج می باشد.

2) سیستم مدولار (Modular System)

این نوع از قطعات پیش ساخته بین پانل های ساده و مدول کامل قرار می گیرد. سیستم مدولار می تواند بخشی از یک ساختمان باشد و یا بخشی باشد که در تولید مدول کامل استفاده شود.

3) مدول (Module)

یک مدول به ترکیبی از چندین سیستم مدولار گفته می شود. تولید کنندگان مدول ها را با سطوح مختلفی ازاتمام کار Finalizationتحویل می دهند، یک مدول تنها عنوان سازه یک اتاق می تواند بکار رود.

دسته بندی انواع سیستم های تولید صنعتی

Fig. 1.2.18 Box module cells are often supplied with electric conduit and boxes, furniture, window and door embedments, and mechanical and plumbing chases cast in, reducing costly field work.

Fig. 1.2.16 A precast concrete double-cell module is lifted into place, complete with furnishings installed.

جایگاه طراحی در تولید صنعتی ساختمان

مقایسه روش طراحی سنتی با طراحی معکوس

در طراحی به روش سیستم صنعتی روند کار سه عاملی با همکاری معمار، کارفرما، پیمانکار به شرح ذیل ایجاد گردید:

۱- ضوابط فنی و اجرایی در درجه اول اهمیت قرار میگیرد.

۲- مسایل شکل مندی در درجه دوم اهمیت قرار دارند.

این روند در جهت عکس طراحی سنتی - که از پلان مقیاس کوچک شروع و به جزئیات ختم میشود- صورت میگیرد که به آن طراحی معکوس میگویند.

طراحی سنتی		طراحی معکوس	
نقشه محوطه	۱/۵۰۰	تجزیه و تحلیل سیستم	۱/۵۰ و ۱/۵ و ۱/۱
شکل مجموعه(عملکرد)	۱/۵۰۰ و ۱/۲۰۰	انتخاب سیستم	
طرح اولیه	۱/۱۰۰	شکل مجموعه (عملکرد)	۱/۱۰۰
نقشه جزئیات اجرایی	۱/۵۰ و ۱/۲۰ و ۱/۱	طرح نهایی	۱/۱۰۰

طراحی معکوس

در روند طراحی معکوس، کار از تحلیل سیستم آغاز میگردد. و دیگر نمی توان مسایل اجرایی را به مراحل بعد موکول کرد.

تحلیل دقیق سیستم ها، اطلاعات مشخصی را در خصوص ***کیفیت فنی و عملکرد بنا*** در اختیار معمار قرار میدهد. که این اطلاعات ضرورتی تام دارد.

کیفیت ویژه سیستم بستگی مستقیمی به دو عامل زیر دارد:

۱ – نوع سیستم (سیستمهای ساختمان مرتفع، ساختمانهای با بام مسطح، مدارس، خانه ها و ...)

۲ – مدول پایه سیستم (از آنجا که عناصر ساختمانی به طور صنعتی تولید میشود باید از یک سیستم اندازه ها برخوردار باشد که مدول نام دارد)

مدول و سیستم تابع یکدیگرند و پایه و اساس تهیه طرح را تشکیل میدهند.

انجام طراحی و انتخاب سیستم در مرحله بعد کاری کاملاً اشتباه میباشد سیستم و شکل طرح باهم پیوند ناگسستنی دارند که نباید جداگانه ارزشیابی شوند.

جایگاه طراحی در تولید صنعتی ساختمان

دسته بندی دیگر از سیستم های ساخت وساز در تولید صنعتی(انواع سیستم های مدولار)

1) Linear or Skeleton (beams and columns) Systems سیستم های خطی یا اسکلتی

این سیستم شامل اجزای خطی ساختمان مانند تیرها، ستو ن ها، خرپاها و چارچوب ها می گردد.

در این سیستم اعضای باربر، قطعات تیر، ستون و سقف هستند.

د[illegible] نقش سازه ای

Precast 'skeletal' structure with integrated architectural columns and spandrel beams, Reading Business Park. (Courtesy of Trent Concrete Ltd., UK.)

Precast concrete 'skeletal' known as 'semi-rigid' frame, Recife University, Brazil.

جایگاه طراحی در تولید صنعتی ساختمان

دسته بندی دیگر از سیستم های ساخت وساز در تولید صنعتی

2) سیستم های پانلی Planar or Panel Systems

در این سیستم، بارهای ثقلی از طریق قطعات سقف به دیوارها منتقل می شود. همچنین مقاومت در برابر بارهای جانبی نیز به عهده دیوارهاست که به صورت برشی عمل می کنند. این سیستم گسترده ترین استفاده را در میان سیستم های مختلف صنعتی داراست.

سیستم پانلی در سویس

Precast concrete wall panels for low- and medium-rise housing, O-Stable Panel system, Malaysia.

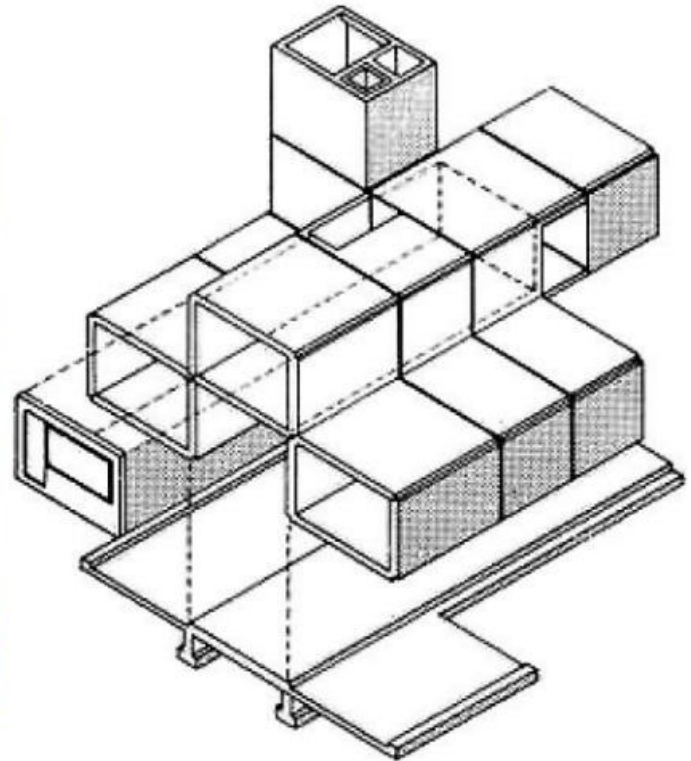
جایگاه طراحی در تولید صنعتی ساختمان

دسته بندی دیگر از سیستم های ساخت وساز در تولید صنعتی

3) سیستم های سه بعدی Three-Dimensional or Box Systems(سیستم ساختمانی سه بعدی یا جعبه ای)

در این سیستم قطعات پیش ساخته به شکل مکعب مستطیل تو خالی می باشند که ساختمان مورد نظر با کنار و روی هم قرار دادن این جعبه ها ساخته می شود. این مکعب ها از اجزای سقف و کف و دیوار ساخته شده اند.

این سیستم می تواند بصورت بتن ریزی درجا در قالب های جعبه ای و یا مونتاژ نمودن اجزای پانلی(Preassembly) تولید گردد.



در هر دو حالت سیستم می تواند با مقادیر و سطوح متفاوتی از فعالیت های پایانی - از قبیل نازک کاری دیوار و کف ، عایق کاری، ... - قبل از انتقال مدول کامل به سایت احداث تولید گردد.

جایگاه طراحی در تولید صنعتی ساختمان

دسته بندی دیگر از سیستم های ساخت وساز در تولید صنعتی

3) سیستم های سه بعدی **Three-Dimensional or Box Systems**(سیستم ساختمانی سه بعدی یا جعبه ای)

جایگاه طراحی در تولید صنعتی ساختمان
دسته بندی دیگر از سیستم های ساخت وساز در تولید صنعتی

4) خانه های متحرک

که به عنوان چهارمین نوع پیش ساخته سازی شناخته شده است و دامنه استقبال از آن هر روزه گسترش می یابد

جایگاه طراحی در تولید صنعتی ساختمان

سیستم ساختمانی مدولار از نقطه نظر: ترکیب سازمانی، ترکیب فنی و طراحی

از سه نقطه نظر متفاوت میتوان نوع و محتوای یک سیستم را توصیف کرد:

۱- ترکیب سازمانی

سیستمی حقیقی است که آنرا فهرست عناصر تشکیل دهنده، جدول کد گذاری، فهرست بهای عناصر تشکیل دهنده و دستورالعمل نصب مشخص میکند و شامل سازمان تولیده کننده، سازمان انبارداری و فروش، سازمان طرح ریزی و توسعه میباشد.

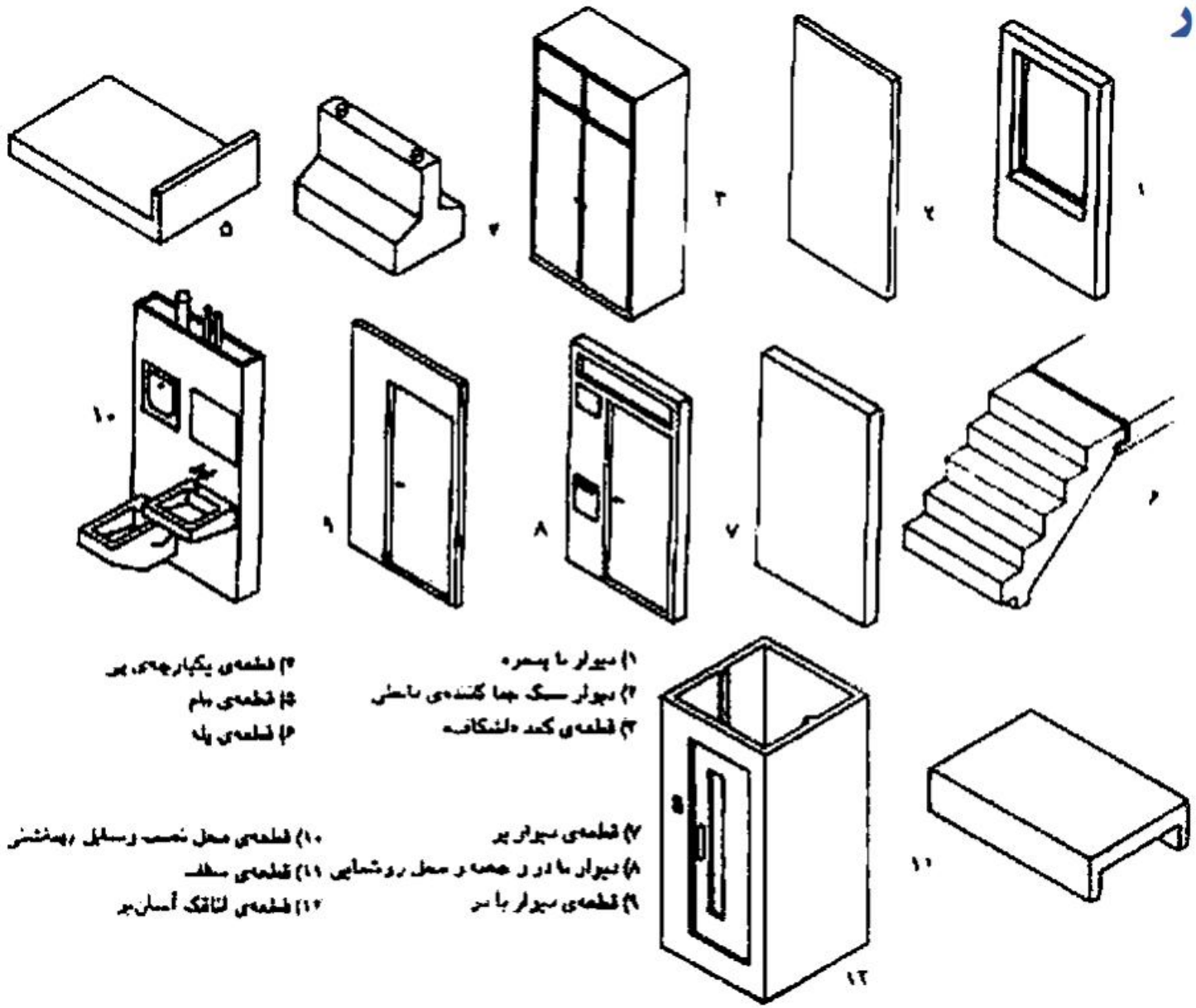
۲- ترکیب فنی (شامل الف: عناصر ب: اتصال دهنده ها و نگهدارنده ها ج: درزگیرها)

عناصر شامل: اجزای نما، پنجره ها، درهای ورودی و داخلی، جداکننده ها، اسکلت سازه، تاسیسات بهداشتی، پی ها، سقف ها، اتاق ها، آسانبرها، پلکان و ...

۳- ترکیب طراحی (شامل الف: سیستم مدولار مرتبط با هر نوع سیستم سیستم ساختمانی خاص ب: ترکیب عناصر پیش ساخته مبتنی بر سیستم مدولار، که یک سیستم کامل را تشکیل میدهد

جایگاه طراحی در تولید صنعتی ساختمان

سیستم ساختمانی مدولار



جایگاه طراحی در تولید صنعتی ساختمان

مدول یا پیمون

در امور ساختمانی مدول پایه را اندازه کل بنا و یا اندازه یک عنصر ساختمانی قرار میدهند.

- از آنجا که اینچ (اندازه بند اول انگشت بزرگ دست انسان) و فوت (اندازه طول کف پای انسان) فاقد تناسب رقومی ساده با یکدیگرند برای تولید صنعتی مناسب نمیباشند.
- بدین جهت کشورهای صنعتی به غیر از انگلیس و آمریکا سیستم متریک را اختیار کردند.
- سیستم متریک امکان تقسیم بدون باقیمانده و نیز امکان تولید زنجیری فرآیندها را به اندازه واحد فراهم میکند.

پیمون سه عمل زیر را انجام میدهد:

۱ – تعیین اندازه پایه بر مبنای تمام طرح معماری

۲ – تعیین اندازه عناصر مختلف طرح

۳ – تعیین محل نصب عناصر مختلف در درون سیستم ساختمانی

جایگاه طراحی در تولید صنعتی ساختمان

انواع مختلف پیمون

رقم اول سری پیمونی (پیمون پایه) عدد ۱۰ تعیین میگردد. برای تعیین سایر ارقام سری پیمونی باید *ضوابط گوناگون ناشی از مصالح مصرفی، روند عمل آوری آنها، روشهای تولید و ویژگیهای ساختمان* را مشخص کرد. این ضوابط تعیین کننده ارقامی هستند که همان پیمون میباشد.

انواع پیمون اصلی:

۱- پیمون مصالح(تاثیر مصالح انتخاب شده بر اجرای طرح و ابعاد مختلف آنها)

۲- پیمون تولید(ضروریات ناشی از فرآیند تولید مصالح مثل محدودیت طول)

۳- پیمون حمل و نقل و نصب(شرایط حمل ونقل، عرض و مقطع معابر، وزن قطعات)

٤- پیمون تجهیزات بهداشتی(نوع تجهیزات بهداشتی، محل نصب، ابعاد لوله ها و کانالهاو ...)

٥- پیمون تأسیسات(قفسه کتابخانه، کمد، درها و تجهیزات الحاقی به ساختمان)

جایگاه طراحی در تولید صنعتی ساختمان

انواع پیمون فرعی:

پیمون های فرعی به طور اختیاری و بر حسب نوع ساختمان و سیستم مورد طرح میتوان تعریف کرد. مانند سیستمهای گرمایشی، روشنایی، تهویه مطبوع و ... کار تجزیه و تحلیل و ترکیب همه این پیمون ها منجر به *تعیین پیمون طراحی* میشود.

پیمون پایه:

پیمون پایه هم تعیین کننده سری ارقام است

پیمون طرح:

پیمون طرح در هر سیستم ارقام مربوط به طرح سازه و طرح معماری را تعیین میکند پیمون طرح مضربی از پیمون پایه میباشد. (پیمون طرح در اروپای غربی ۳ متر، ۶ متر و ۱۲ متر میباشد ولی در اروپای شرقی سابق و شوروی ۲۰، ۳۰، ۶۰ و حتی ۹۰ متر بوده)

پیمون سازه:

پیمون سازه مشخص کننده ابعاد عناصر تأمین کننده ایستایی بنا است.

جایگاه طراحی در تولید صنعتی ساختمان

نمونه سازی شبکه مدولار در انبوه سازی

نتایج بهره گیری از طراحی مدولار در طراحی فضاهای واحدهای مسکونی عبارتند از:

۱. بهبود شرایط آسایش ابعادی و عملکرد فضاها و بهره گرفتن مفیدتر از فضاها (لوازم، فعالیتها، ابعاد دسترسی و حریمها)

۲. کاهش مقدار مصرف فولاد در سیستمهای اسکلت فلزی نسبت به طرحهای مشابه

۳. ایجاد قابلیت برنامه ریزی و مدیریت اجرایی بهتر در احداث ساختمان

۴. کاهش ضایعات مصرف مصالح ساختمانی در نتیجه تبعیت اندازه فضاها و قطعات و مصالح از نظام مدولار

۵. امکان پذیر بودن ایجاد تنوع در فضاها و افزایش امکان ایجاد تنوع در طراحی واحدها برای وضعیت های متفاوت

۶. امکان ایجاد چیدمان متنوع داخلی برای فضاهای هر واحد

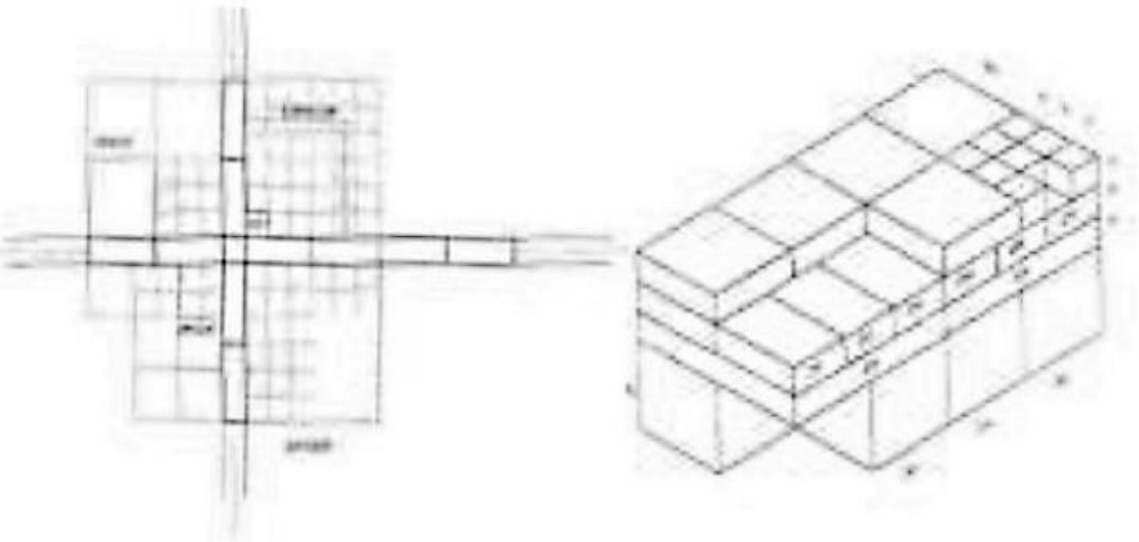
جایگاه طراحی در تولید صنعتی ساختمان

انتخاب مدول های طراحی

انتخاب اندازه و اندازه گذاری در طراحی و *موضوع اینکه چگونه و با در نظر گرفتن کدام اصول یا شرایط میبایست اندازه های طراحی* را انتخاب نمود بسیار مهم است.

برای انتخاب مدول های مورد نیاز طراحی *نیاز به یک سیستم برنامه ریزی مدولار* است.

در هر گام از روند طراحی ابزارهایی جهت تعیین مراجع ابعادی باید وجود داشته باشد.



انتخاب شبکه های مدولار

اولین گام در شروع کار طراحی بر اساس نظام مدولار، تعریف و انطباق شبکه های طراحی است.

در این بخش نتایج تحقیقات میدانی بر روی اثاث منزل و فضاها انجام شده و نحوه انتخاب شبکه های طراحی بر این اساس ارایه شده است. در طراحی مدولار، از سیستم های مختصات دو و سه بعدی متشکل از نقاط، خطوط و سطوح اسفاده میگردد.

جایگاه طراحی در تولید صنعتی ساختمان

انتخاب شبکه طراحی فضاها (شبکه معماری برای مسکن متداول در شهرها)

جدول ۲ اولویت‌بندی نهایی اندازه‌ها برای شبکه طراحی معماری

ابعاد شبکه‌های پیشنهادی برای طراحی فضاها در واحد مسکونی	۲۱۰×۱۸۰ cm	۲۷۰×۲۳۰ cm	۳۰۰×۲۶۰ cm	۳۹۰×۳۶۰ cm	۴۵۰×۳۲۰ cm	۶۰۰×۴۸۰ cm	۹۰۰×۷۲۰ cm	توضیحات
ارزش ارزیابی	۴۹ ۳۳	۳۴ ۳۶	۳۸ ۲۵	۱۷ ۲۶	۱۶ ۲۵	۰ ۸	۰	مضارب صحیح
	۴ ۱۳۳	۳۶ ۶۳	۴۲ ۱۲	۲ ۶۳	۲۸ ۲۵	۷۳ ۲۵	۶۹ ۵۱	مضارب نیم

- واحد اندازه ابعاد به سانتیمتر است

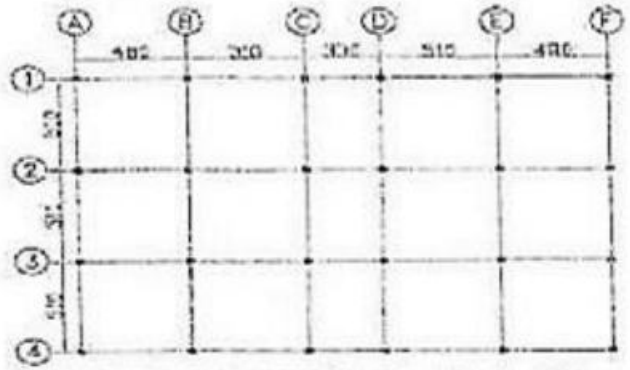
جایگاه طراحی در تولید صنعتی ساختمان

انتخاب شبکه طراحی سازه

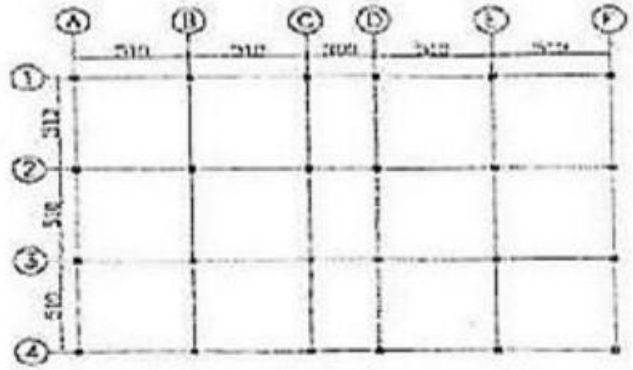
به منظور ارزیابی شبکه بندی سازه‌ای، مواردی هستند که می‌بایست مدنظر قرار بگیرند، از جمله: نکات مربوط به پارکینگ، راه‌پله‌ها، جایگیری فضاهای معماری، بهینه نمودن مصرف مصالح برای سازه، ایمنی و پایداری سازه و بسیاری موارد دیگر، که براساس پاسخگویی به آنها، اسکیس‌های مختلف دهانه‌بندی سازه بر روی طرحهای معماری انجام شده و تعدادی از این دهانه‌بندی‌ها که به انتظارات بیشتری پاسخ داده‌اند به شکل مثالهایی ارائه شده‌اند (شکلهای ٤ الف تا ٤ د).

جایگاه طراحی در تولید صنعتی ساختمان

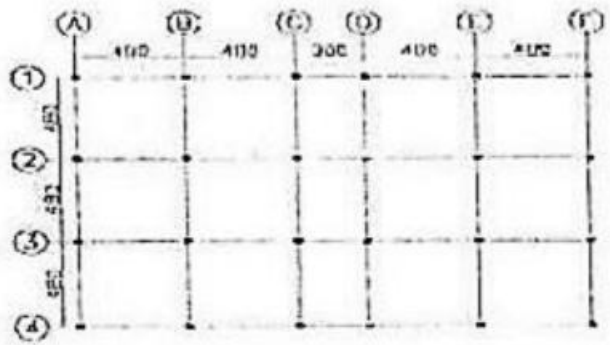
انتخاب شبکه طراحی سازه



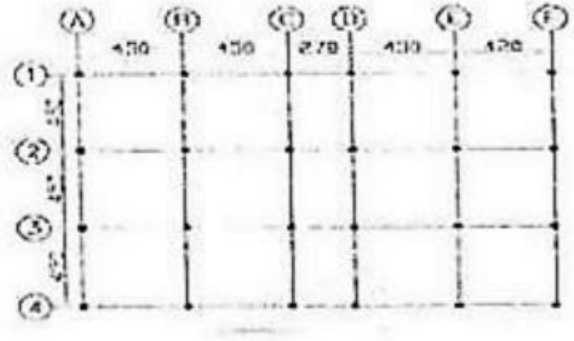
شکل ٤- الف در اولویت اول در انبوه‌سازی و تک‌سازی



شکل ٤- ب اولویت دوم در انبوه‌سازی



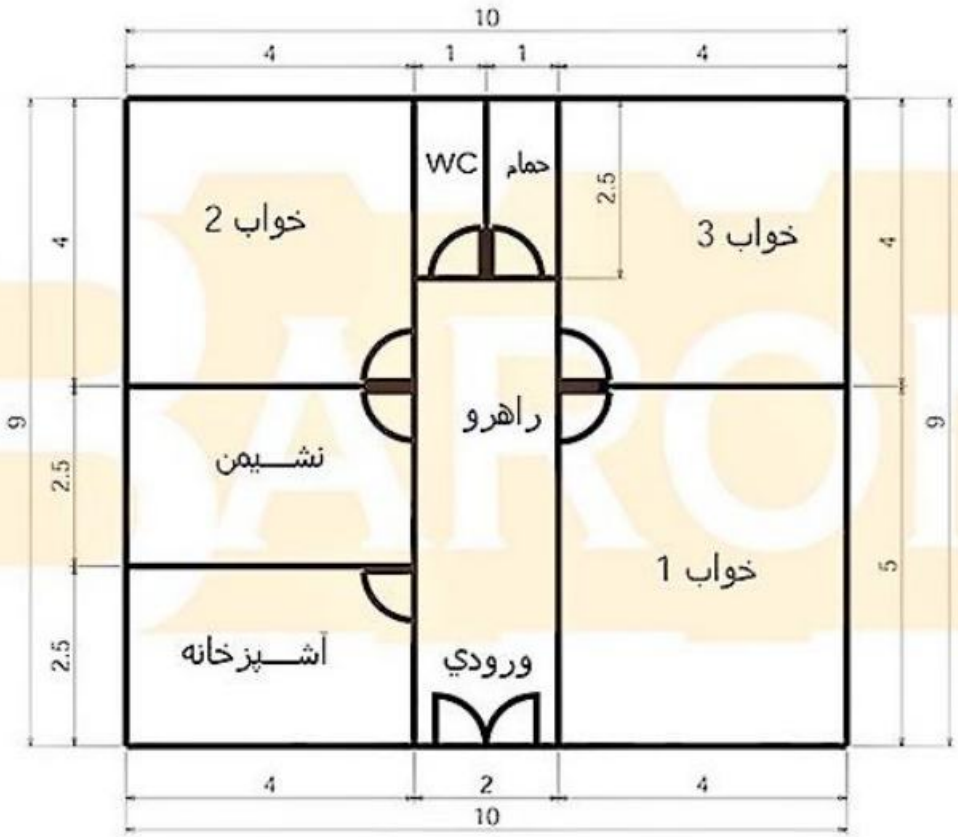
شکل ٤- ج در اولویت سوم به ویژه در حالتی که پارکینگ نخواهیم

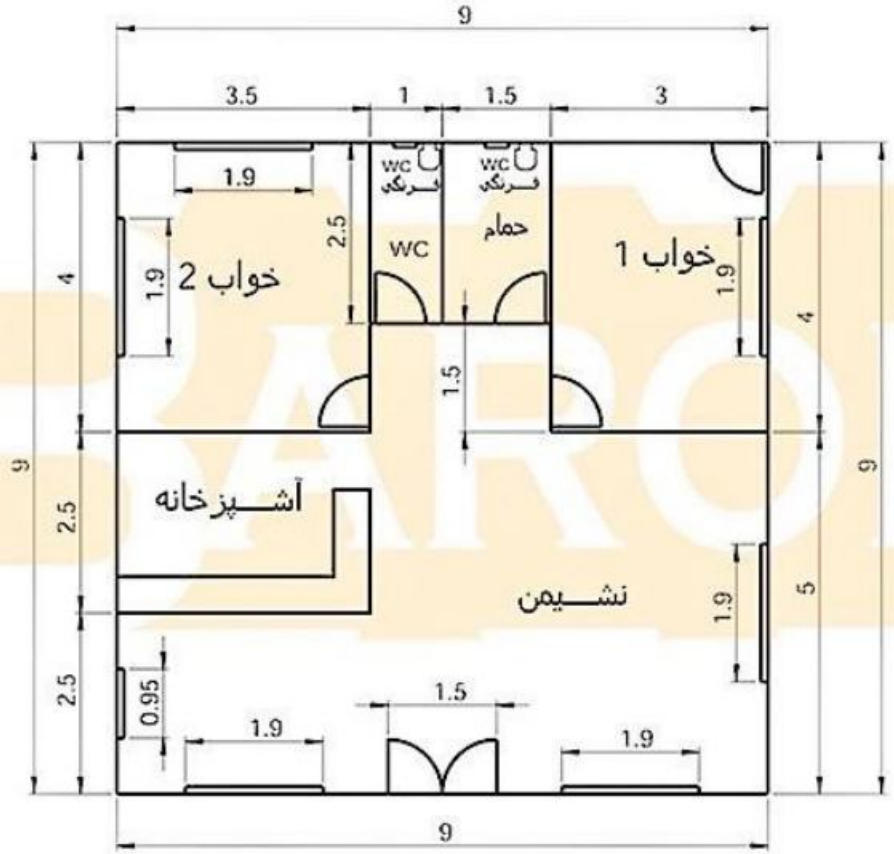


شکل ٤- د در اولویت چهارم بدون پارکینگ

جایگاه طراحی در تولید صنعتی ساختمان

نمونه هائی از پلان ساختمان های پیش ساخته





دلایل استفاده زیاد از بتن در پیش ساخته سازی

گسترش استفاده از بتن به عنوان یکی از مصالح ساختمانی به دلایل مختلف از جمله در دسترس بودن، خواص مطلوب و توزیع متعادل مواد تشکیل دهنده آن، در سراسر دنیا چشمگیر می باشد.

بتن بسیار شکل پذیر بوده به سهولت قالب گیری می شود.

بتن سازگاری مناسبی با فولاد دارد و نسبتاً اقتصادی است.

از این رو استفاده از پانلهای پیش ساخته بتنی به علت خواص و تاثیرات مطلوب آن بر روند صنعتی کردن ساختمان رو به گسترش است.

عوامل تاثیر گذار بر صنعتی سازی

برخی عوامل بازدارنده استفاده از روش های تولید صنعتی در صنعت ساخت:

1) نگرش خرد به زنجیره تامین ساختمان
2) گستره وسیع مصالح بکار رفته
3) فرایند های وابسته به مواد و مصالح
4) محیط ساخت و ساز
5) عدم وضوح سود ناشی از صنعتی سازی

زنجیره تامین صنعت ساختمان

زنجیره تامین شامل تمام فعالیتهای مرتبط با پروسه ایجاد ساختمان -از مرحله ماده خام (استخراج) تا تحویل به مصرف کننده نهایی و نیز جریان های اطلاعاتی مرتبط با آنها- می باشد.

مشکلات موجود در زنجیره تامین ساخت و ساز سنتی :

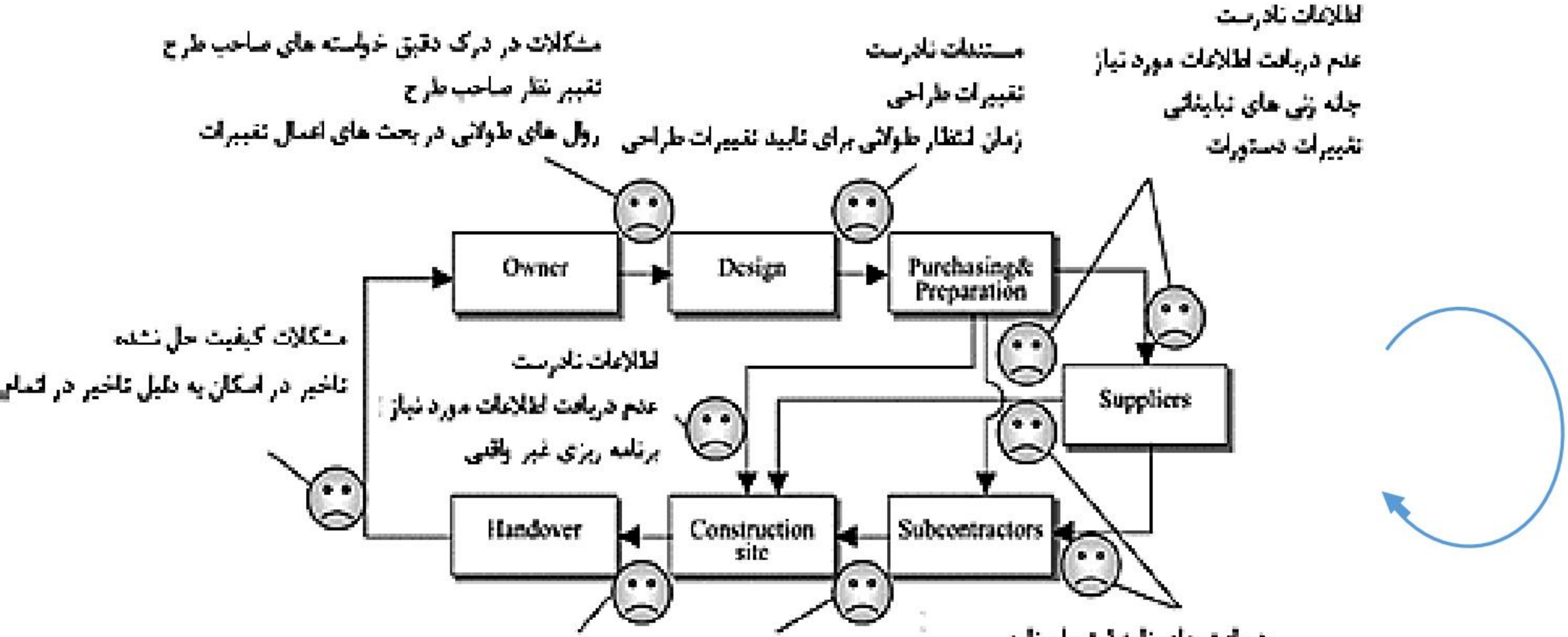


Fig. 3. Problems in CSC (adapted from Ref.

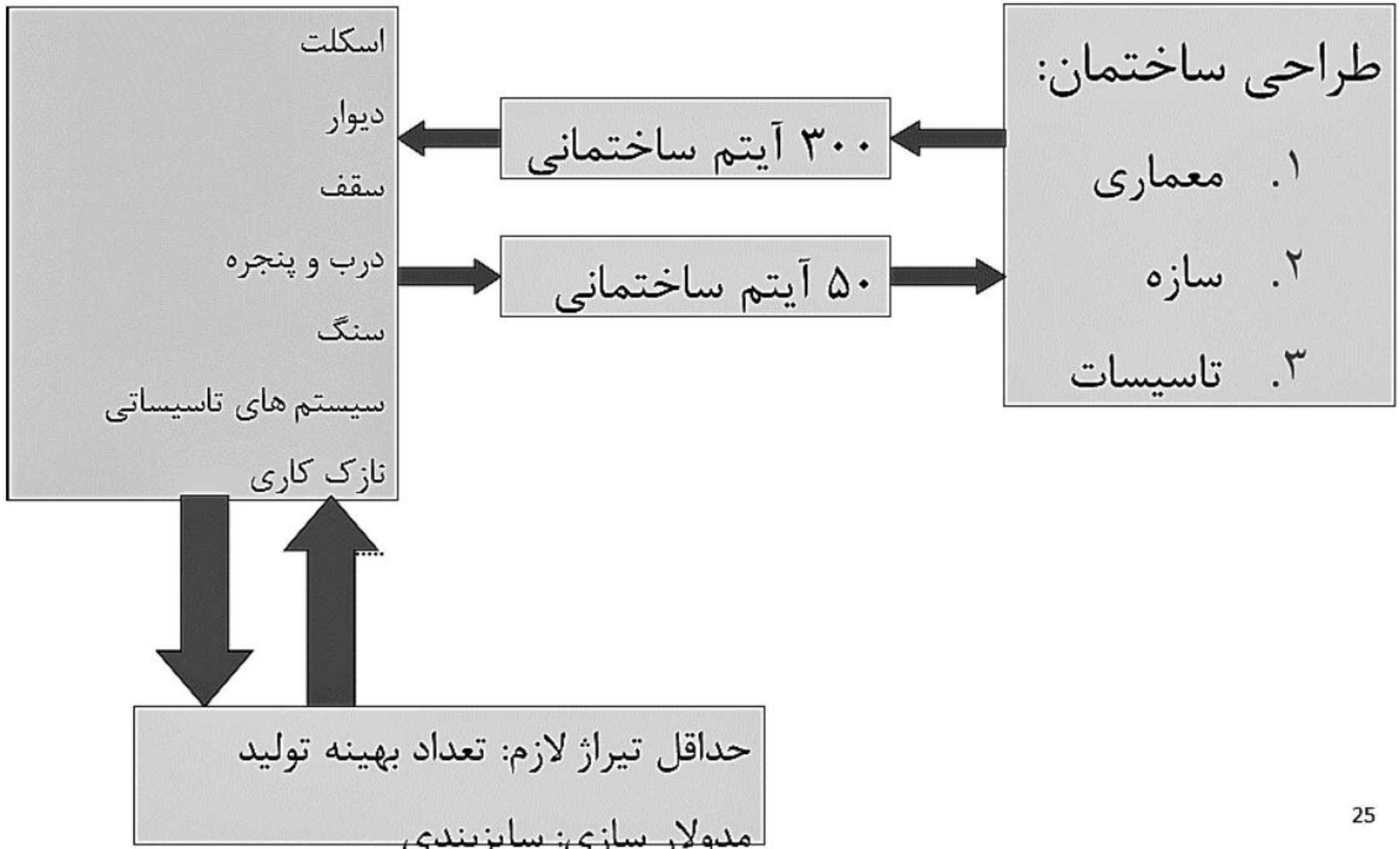
مشکلات موجود در زنجیره تامین ساخت و ساز سنتی :

نکات مهم ارائه شده توسط محققین و صاحبنظران به منظور حل مشکلات عدیده موجود در زنجیره تامین ساختمان سازی سنتی:

1) زنجیره تأمین راه حل مشکلات سنتی سازی
2) استفاده بیش تر از تولید **off-site**
3) مدولار سازی و استاندارد سازی

توجه: هر سه نکته فوق از اجزای بنیادین صنعتی سازی ساختمان می باشند.

فرآیند دستیابی به صنعتی سازی

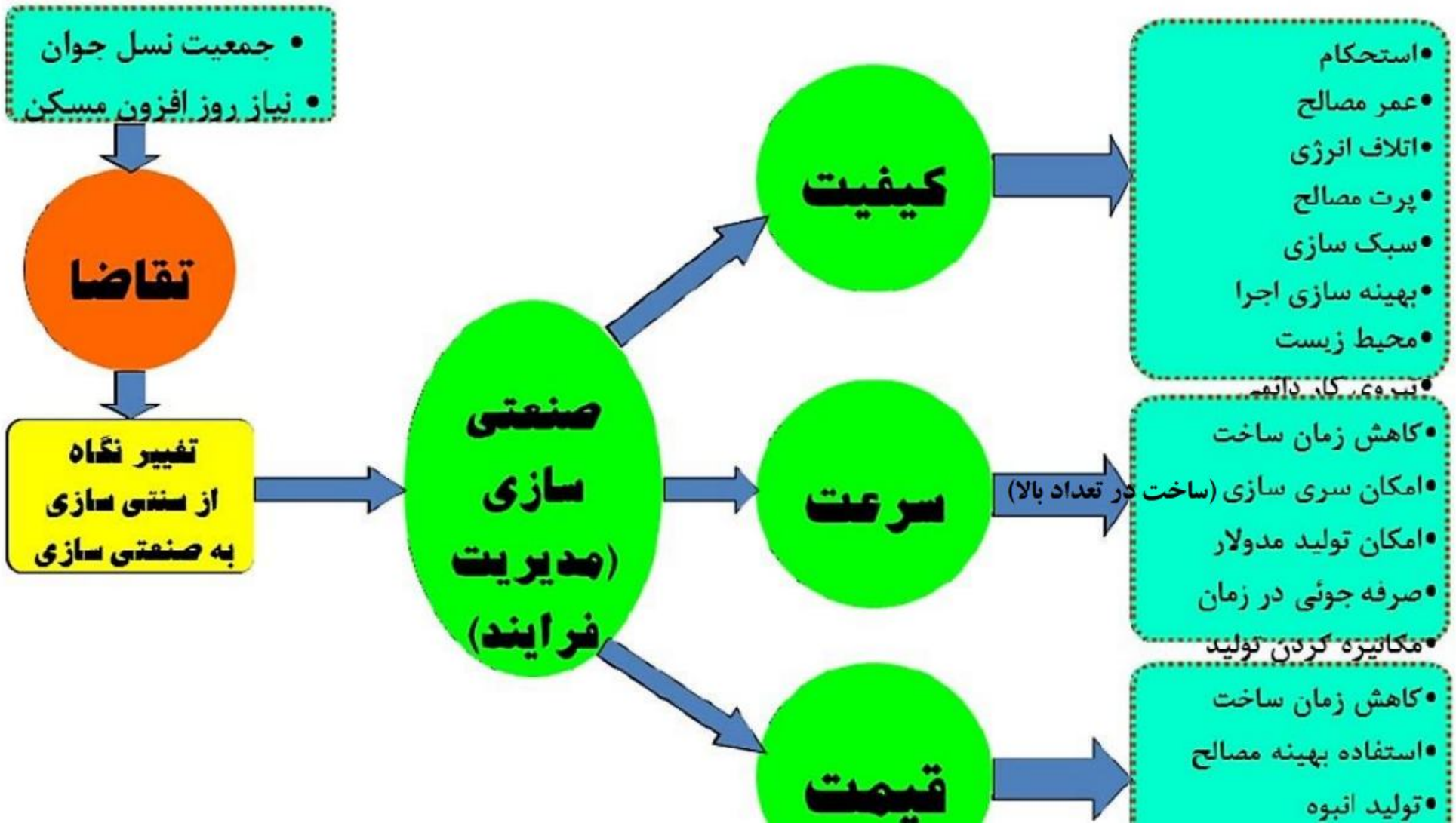


زنجیره ایده آل صنعتی سازی ساختمان

- مدیریت
- هم جهت نمودن
- هم سرعت نمودن

چرخدند ه های زنجیره :

مزایای صنعتی سازی ساختمان

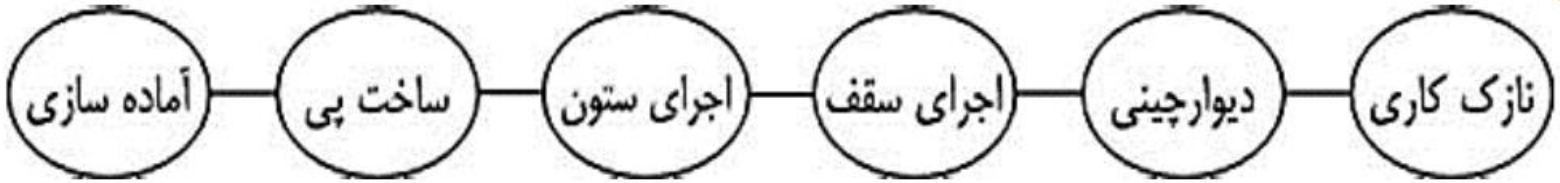


بررسی مزیت سرعت

– تولید سنتی:

- **سری بودن فرآیند تولید در روش سنتی**

زنجیره وار بودن این گونه اقدامات:

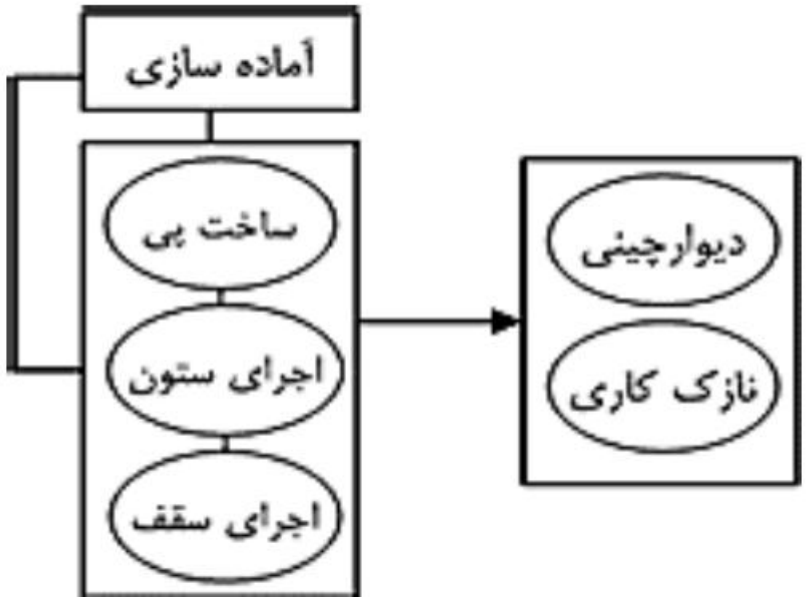


- **روند اجرای پروژه را بسیار کند،**
- **هزینه های اجرایی از قبیل هزینه نیروی انسانی را افزایش می دهد.**

- **وجود اقدامات اجرایی بیهوده و غیر ضروری که بسیاری از آنها ناشی از قدیمی بودن مصالح مورد استفاده و شیوه ساخت است.**

– تولید صنعتی:

- **موازی بودن فرآیند تولید در روش صنعتی**
- **انتقال قطعات به محل اجرای پروژه و نصب و اتصال آنها به هم**



فهرست مطالب

1) مقدمه
2) تعاریف وکلیات صنعتی سازی ساختمان
3) انواع سیستم های سازه ای برای تولید صنعتی ساختمان
4) ساختمان های بتنی پیش ساخته
5) گزیده ای ازسیستم سازه‌ای پیچ و مهره‌ای با مقاطع فولادی گرم نورد شده

فهرست مطالب

3) انواع سیستم های سازه ای برای تولید صنعتی ساختمان

- تعاریف
- مزایای فن آوری های نوین در تولید ساختمان
- روند اخذ تاییدیه فنی سیستم های نوین ساختمانی
- شاخص های ارزیابی فن آوری های نوین ساختمانی
- آشنایی با فن آوری های نوین ساختمانی کشور، دارای تاییدیه فنی از مرکزتحقیقات ساختمان ومسکن
  - سیستم های کامل ساختمانی
  - سیستم های سازه ای
  - سقف ها

تعاریف

❖**فناوری های نوین ساختمان:**

فناوری دربردارنده کلیه روشها، فرآیندها، سیستمها و مهارتهایی است که جهت تبدیل منابع به محصولات بکار گرفته میشوند. به هرگونه تغییر و تحول در فناوری (ترک روشهای قدیمی و سنتی انجام امور) "نوآوری" اطلاق میشود. نوآوری در فرآیند عبارتست از ایجاد تحولات موثر در روشهای تولید و محصولات و سازگار با اهداف ملی کشور.

❖**صنعتی سازی ساختمان:**

صنعتی‌سازی در حقیقت مدیریت فرآیند تولید، ساخت و اجرا است که طی آن تمامی مراحل ساخت و نظارت بر ساخت قطعات و اجزای ساختمان در کارخانه از نظر کیفیت، آزمایش و حمل و اجرا در محل، با حداقل دخالت دست و نیروی کار انجام می گیرد. با این روش حجم عملیات ساختمان در محل کارگاه، کاهش یافته و میزان تولید افزایش می‌یابد. و البته مفهوم صنعتی‌سازی، صرفاً استفاده از مصالح نوین نیست بلکه تفکر صنعتی و گذر از روش های سنتی مهم است.

ضرورت صنعتی سازی در بخش ساختمان

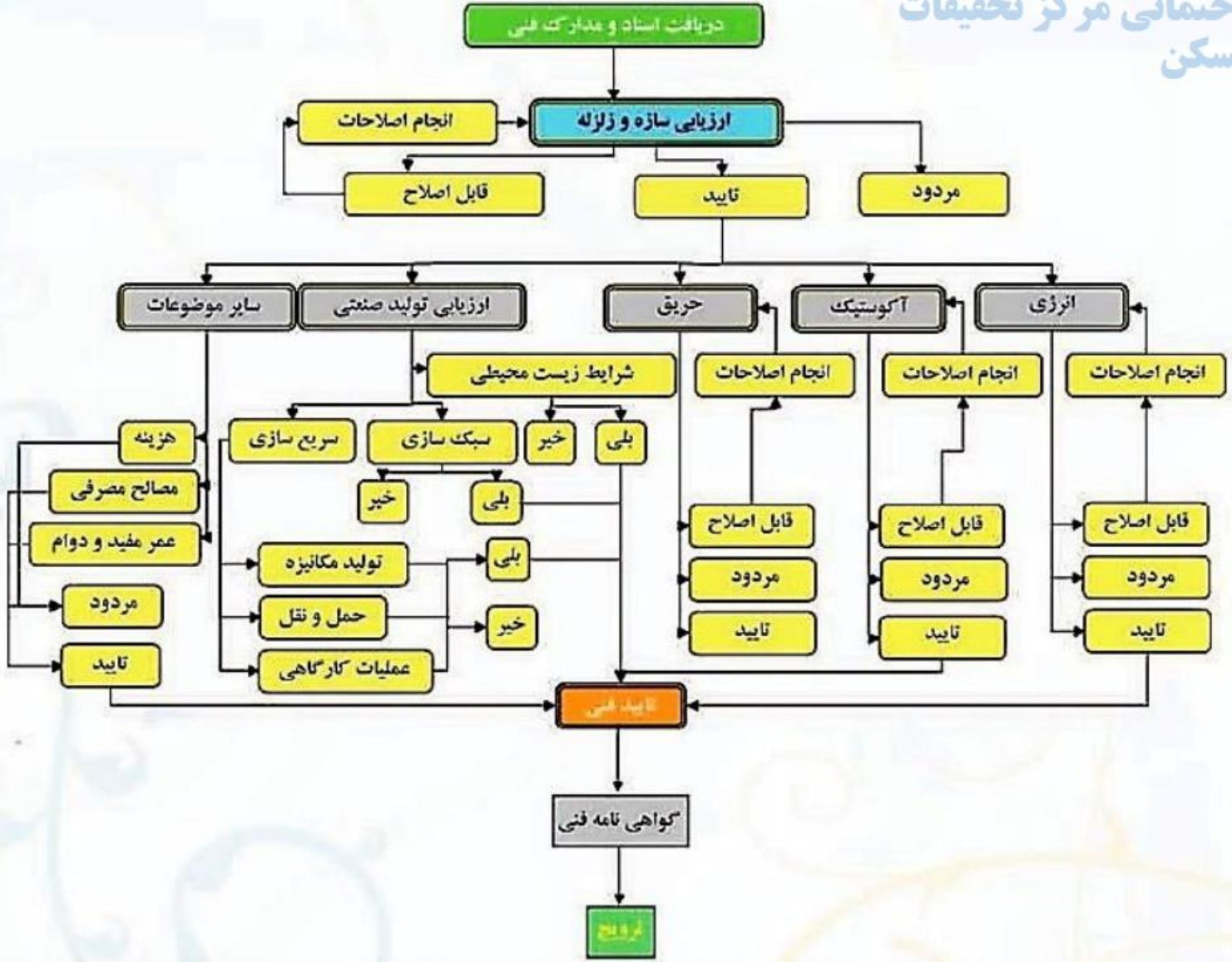
- پیاده سازی الگوهای علمی در ساخت و ساز
- ارتقای کیفیت در مصالح و روش های ساخت و ساز
- توجه به ارزش روز افزون منابع و بهینه سازی و استفاده درست از آنها
- کاهش زمان اجرای پروژه ها و تسریع فرایند های انبوه سازی
- افزایش عمر مفید سازه ها
- کاهش هزینه های ساخت و ساز

مزایای فناوریهای نوین در تولید ساختمان

- ✓ افزایش سرعت احداث ساختمان و کاهش زمان ساخت
- ✓ انبوه سازی ساختمان با استفاده از سیستم ها و فناوری های نوین
- ✓ صرفه جوئی در مصرف انرژی و در نتیجه کاهش اتلاف انرژی
- ✓ کیفیت بالای ساختمان و مقاومت در برابر حوادث طبیعی
- ✓ افزایش استحکام سازه با توجه به عمر بالای مصالح نوین ساختمانی
- ✓ کاهش پرت مصالح ساختمانی
- ✓ کاهش آلودگی محیط زیست
- ✓ سبک سازی ساختمان
- ✓ امکان کنترل کیفیت بر فرایند تولید در کارخانه
- ✓ ارتقاء جایگاه نیروی کار برای افراد تحصیل کرده در صنعت ساختمان
- ✓ امکان استفاده از نیروی کار دائمی در تمام فصول سال
- ✓ کاهش قیمت تمام شده ساختمان
- ✓ امکان کنترل دقیق تر مقررات ملی ساختمان

روند تأییدیه فنی سیستم های نوین ساختمانی

انواع سیستم های سازه ای برای تولید صنعتی ساختمان
نشریه فن آوری های نوین ساختمانی مرکز تحقیقات ساختمان ومسکن



شاخص های ارزیابی فن آوری های نوین ساختمانی

شاخص های ارزیابی سازه و زلزله سیستم:

- تاریخچه، ابداع، تولید و کاربرد سیستم
- عملکرد سیستم در کشورهای لرزه خیز
- تحقیقات انجام شد به روز
- آئین نامه، استانداردها و دستورالعمل ها
- سازگاری با آئین نامه های موجود کشور

شاخص های ارزیابی حریق

- رفتار اجزا ساختمانی در برابر حریق
- مشخصات مصالح تشکیل دهنده مقاوم در برابر حریق
- رعایت استانداردهای معتبر بین المللی در برابر حریق

شاخص های ارزیابی فن آوری های نوین ساختمانی

شاخص های ارزیابی انرژی

- شاخص ها و پارامترهای انتقال انرژی در جدارهای خارجی
- گروه بندی ساختمان مطابق مبحث ۱۹ مقررات ملی ساختمان
- قابلیت استفاده از انرژی های موجود طبیعت در تهویه، سرمایش و گرمایش

شاخص های ارزیابی آکوستیک

- میزان شاخص کاهش صوت، تراگسیل در دیوارهای داخلی و خارجی
- ویژگی‌های مصالح مصرفی سقف طبقات به لحاظ انتقال صوت کوبه ای

شاخص های ارزیابی فن آوری های نوین ساختمانی

شاخص های ارزیابی تولید صنعتی

- سرعت اجرا
- سبک سازی
- نیروی انسانی ماهر
- تولید کارخانه ای و کنترل کیفیت
- حمل و نقل و نصب در محل

سایر موضوعات

- معماری ایرانی – اسلامی
- انعطاف پذیری در طرح های معماری
- هزینه های احداث کارخانه
- هزینه هر متر مربع زیربنا
- مسافت اقتصادی از نظر حمل و نقل
- مصرف مصالح
- تعمیر نگهداری
- عمر مفید و دوام

آشنایی با فن آوری های نوین ساختمانی کشور، دارای تاییدیه فنی از مرکزتحقیقات ساختمان ومسکن

- **سیستم های کامل ساختمانی**

1. مجموعه فناوری های نیک سیستم
2. سیستم قاب های سبک فولادی سرد نورد شده(LSF)
3. ساختمان های نیمه پیش ساخته با صفحات منفرد ساندویچی سقف ودیوار، شامل لایه میانی پلی استایرن وبتن پاششی3D

- **سیستم های سازه ای**

1. ساختمان های بتن آرمه باقالب تونلی
2. سیستم قالب عایق ماندگار(ICF)
3. قابهای بتن مسلح پیش ساخته بادیواربرشی بتن مسلح درجا

- سیستم قاب ساختمانی ساده بتن مسلح باستون پیش ساخته، تیرنیمه پیش ساخته، سقف هالو کور و دیوار برشی بتن مسلح درجا
- سیستم قاب ساده بتنی نیمه پیش ساخته Kبا دیوار برشی بتن مسلح درجا

4. سیستم دیواربابر بتن مسلح ویژه
5. سیستم ساختمان های پیش ساخته با دیوار باربر متشکل از سقف ودیوارهای بتن آرمه با بتن سبک سازه ای(Large Panel)
6. ساختمان های بتن آرمه متشکل از دیوار باربر دو لایه وسقف های نیمه پیش ساخته با بتن درجا
7. ساختمان هابا صفحات دولایه ساندویچی 3D با بتن میانی درجا
8. سیستم اسکلت فولادی پیش ساخته با اتصالات پیچ ومهره ای

آشنایی با فن آوری های نوین ساختمانی کشور، دارای تاییدیه فنی از مرکزتحقیقات ساختمان ومسکن

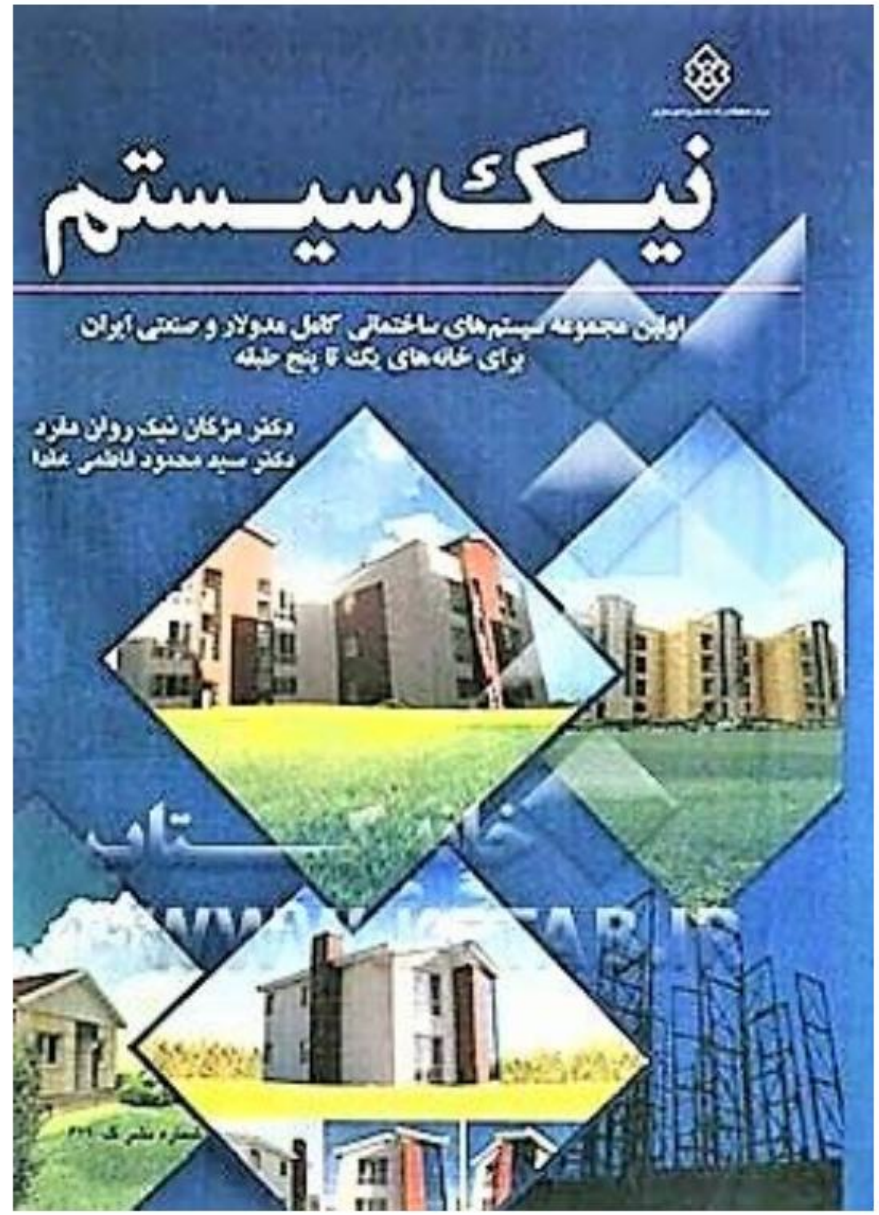
ادامه سیستم های سازه ای

9. ساختمان های نیمه پیش ساخته با قاب های ساده مرکب فولادی- بتنی به همراه دیوار برشی بتن آرمه
10. سیستم دیواربار‌بربتن مسلح پیش ساخته اجرا شده باقالب های مدولار
- روش اجرای سازه های بتنی سقف ودیوار با قالب یکپارچه
- سیستم قالب بندی ساختمان های بتن آرمه
- روش اجرای ساختمان های بتن مسلح با قالب های آلومینیومی
- سیستم قالب بندی ساختمان های بتن مسلح با استفاده از میز پرنده

11. سیستم بتنی قاب خمشی پیرامونی ودال تخت
12. سیستم دیوارها وسقف های بتن مسلح پیش ساخته توخالی(سیستم داموس)
13. دیوارهای توپر وسقف های با هسته توخالی بتن مسلح پیش ساخته
14. سیستم ساختمانی ترونکو
15. سیستم سازه های بتن مسلح پیش ساخته مدولار سه بعدی
16. سیستم ساختمانی متشکل از پانل های ساندویچی بتن سبک با تکنولوژی JK STRUCTURE
17. سیستم خانه های پیش ساخته سریع النصب دادو
18. سازه های صدفی
19. قاب های خمشی پیش ساخته خاص
- سیستم ساختمان های بتن مسلح پیش ساخته با فناوری R-PC
- قاب خمشی ویژه بتن مسلح پیش ساخته با اتصالات دوگانه

19. سیستم ساختمانی بلوک های خشتی مسلح با تکنولوژی HABITECH

انواع سیستم های سازه ای برای تولید صنعتی ساختمان
سیستم های کامل ساختمانی



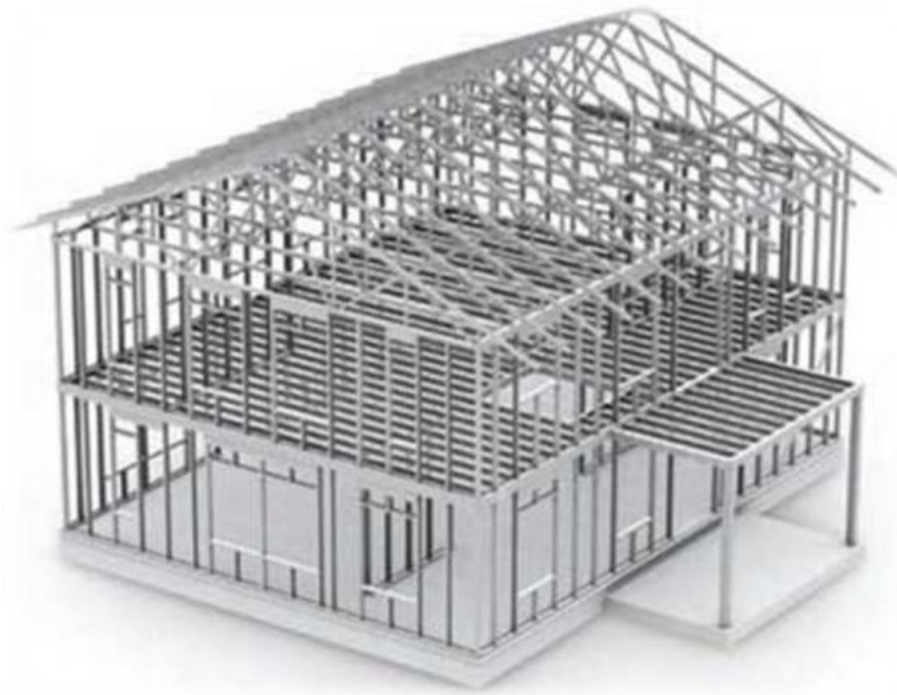
۱-۱- مجموعه فناوری های نیک سیستم

ضرورت کاربرد سیستم‌های ساختمانی پیش‌ساخته و مدولار که با تأکید بر ضوابط معماری و ساختمانی کشور و در راستای بومی‌سازی و سازگاری با شرایط داخلی طراحی شده باشد، موجب طرح سیستم ساختمانی جدیدی به نام «نیک سیستم» در مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن گردید.

از ویژگی اصلی این سیستم که تا کنون برای ۱ تا ۳ طبقه طراحی شده است و طراحی ۴ و ۵ طبقه آن نیز در حال انجام است، رعایت کلیه ضوابط و مقررات ساختمانی کشور از جمله استاندارد ۲۸۰۰ می‌باشد. این سیستم به‌گونه‌ای طراحی شده است که ساخت آن قابل آموزش بوده و بدون نیاز به ماشین آلات سنگین و روی سطوح صاف و آماده‌سازی شده قابل اجرا می‌باشد.

ایده کار بر اساس استفاده از مصالح موجود در کشور مانند پروفیل قوطی بنا شده و طراحی سیستم بر پایه معماری مدولار و ارگونومیک و محاسبه در برابر زلزله برای مناطق مختلف کشور با پهنه خطر نسبی زیاد، نیروی باد حداکثر و امکان هماهنگی برای انواع شرایط اقلیمی، شکل گرفته است و انرژی و مصالح مصرفی در آن‌ها بهینه شده است.

طی مراحل گوناگون تحقیق، از مرحله بیان ایده و طراحی تا ارائه و اجرای یک نمونه از نتایج حاصل از تحقیقات گذشته در مرکز در طراحی اجزا و عملکرد آنها و مرتفع نمودن نیازهای معماری و آسایشی استفاده شده است، همچنین تلاش بسیاری جهت ارائه سیستمی مقاوم در برابر شرایط سانحه خیزی کشور، بهینه‌سازی اتصال، هماهنگی اجزا در ترکیب با یکدیگر، رفع مشکلات ساخت، تنظیم میزان قابل قبول انحراف از اندازه و موقعیت (رواداری‌ها)، ملزومات برپایی، چگونگی تسهیل عملیات نصب و اجرا، ایجاد ایمنی، کاهش ابزارها و تجهیزات مورد نیاز در زمان احداث، امکان سبک سازی، چگونگی طراحی اجزا متناسب با شرایط کار و ابعاد آنتروپومتریک انسان صورت گرفته است.



۱-۲- سیستم قاب های سبک فولادی سرد نورد شده

۱-۲-۱- سیستم ساختمانی قاب های سر نورد شده (LSF) به شیوه اجرای طبقه ای

ساختمان‌های پیش ساخته فولادی سبک (Light Weight Steel Frame) موسوم به LSF به صورت اجرای خشک و عمدتاً با استفاده از اتصالات پیچی و به روش تولید صنعتی بکار گرفته می‌شوند. این ساختمان‌ها از سه جزء اصلی شامل ورق‌های فولادی سرد نورد شده جهت تامین سازه، صفحات تخته گچی بعنوان پوشش رویه درونی و لایه عایق حرارتی و صوتی، تشکیل می‌شوند. کاربرد این ساختمان‌ها به‌عنوان یک سیستم سازه‌ای مستقل، اکثراً در انبوه‌سازی ساختمان‌های دو طبقه، دفاتر و ساختمان‌های تجاری کوچک، واحدهای صنعتی و سالن‌های ورزشی در یک طبقه می‌باشد. به نظر می‌رسد این سیستم سازه‌ای توانائی ترکیب شدن با سیستم‌های سازه‌ای دیگر، همانند دیوارهای بتن‌آرمه سازه‌ای را نیز دارا می‌باشد و می‌تواند در ساخت ساختمان‌های کوتاه مرتبه به صورت سیستم سازه‌ای مختلط بکار گرفته شود. جهت ساخت مقاطع سرد نورد شده مطابق آیین‌نامه‌های مربوط به این سازه‌ها، استفاده از اشکال مختلف مجاز می‌باشد. این مقاطع معمولاً دارای ابعاد متنوع و محدوده تغییرات ضخامتی بین ۰/۶ الی ۲/۵ میلی‌متر می‌باشند. اتصال سازه LSF به شالوده به‌واسطه یک کلاف افقی با مقطع C شکل صورت می‌گیرد. اجزاء قائم این سیستم به‌عنوان عضو باربر ستونی در بارهای ثقلی عمل می‌نمایند، برخی از این اعضا که دردهانه مهاربندی جانبی سازه قرار می‌گیرند علاوه بر بار ثقلی، متحمل نیروهای ناشی از بارهای جانبی نیز می‌شوند، این اعضا تحت نام وادار (Stud) در این سیستم معرفی می‌شوند. سقف سازه این ساختمان‌ها متشکل از تیرچه‌های فلزی سرد نورد شده بوده که فواصل تیرچه‌ها با توجه به میزان ظرفیت باربری عضو و ابعاد قطعات پوشش سقف که می‌تواند تخته‌های چوبی، سیمانی و یا دال بتن‌آرمه باشد تعیین می‌شود. تیرها و تیرچه‌ها عمدتاً دارای مقاطع با اشکال C یا Z می‌باشند، پوشش سقف با دال بتن‌آرمه، در صورت تامین یکپارچگی لازم بین بتن و پروفیل فولادی تیرچه، می‌تواند بعنوان یک سقف مرکب بتنی فلزی طراحی شود. در ساختمان‌های LSF، به منظور باربری جانبی سازه در دو امتداد اصلی متعامد، از دهانه‌های باربر جانبی استفاده می‌شود که تحت عنوان (Load Bearing Wall) نامیده می‌شود. دهانه‌های باربر به چهار روش ایجاد میشود که عبارتند از: سیستم دهانه‌های مهاربندی شده با اعضای قطری، سیستم دیوار برشی با ورق فولادی نازک، سیستم دیوار باربر با پوشش‌هایOSB، سیستم دیوار برشی بتن‌آرمه. در حال حاضر در کشور ایران استفاده از سیستم دهانه‌های مهاربندی شده با اعضای قطری برای ساختمان‌های تا دو طبقه مسکونی و سیستم باربر جانبی دیوار برشی بتن آرمه برای ساختمان‌های تا پنج طبقه مجاز می‌باشد. عملکرد صوتی دیوارها و سقف‌های ساخته شده با این سیستم در صورت رعایت تمهیدات لازم به راحتی پاسخگوی انتظارات تعیین شده در مقررات ملی ساختمان می‌باشد. پروفیل‌های سرد نورد شده مقاومت کمی در برابر حریق دارند و باید به خوبی محافظت شوند. یکی از دلایل کاربرد گچ به عنوان پوشش داخلی این سیستم‌ها، دستیابی به این هدف است. از عمده مزایای ساختمان‌های سبک فولادی (LSF)، کاهش جرم ساختمان می‌باشد که تاثیر فراوانی در جهت کاهش هزینه‌های ناشی از مصالح، نیروی انسانی و نیز زمان احداث پروژه‌ها خواهد داشت. به‌کارگیری این سیستم در ساختمان‌های ۵ طبقه کشور با رعایت تمهیدات خاصی مقدور بوده است. این سیستم در زمینه‌های انرژی، حریق، آکوستیک و سازه در مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن، مورد ارزیابی قرار گرفته و کاربرد آن در حیطه الزامات ارائه شده، مجاز می‌باشد.

معرفی سیستم قاب های سبک فولادی سرد نورد شده(LIGHT WEIGHT STEEL FRAME)

- سیستم قاب های فولادی سبک(**LSF**) بعنوان یک سیستم متشکل از مقاطع فولادی سرد نورد شده(**CFS**) بوده که اجزاء آن با اتصالات پیچی، پرچی یا جوشی به یکدیگر متصل می شوند.

- روش های قاب بندی قاب های فولادی سبک به دو شیوه قابل اجرا می باشد.

۱- روش قاب بندی طبقه ای **Plat Framing**

۲- روش قاب بندی با دیوارهای ممتد **Balloon Framing**

در این حالت یک سیستم کامل ساختمانی تشکیل می گردد.

- روش دیگری که جزء روش های قاب بندی قاب های فولادی سبک نمی باشد، سیستم قاب خمشی یک طبقه بامقاطع سردنورد شده می باشد.

انواع سیستم های سازه ای برای تولید صنعتی ساختمان
سیستم های کامل ساختمانی

۱-۳- ساختمان های نیمه پیش ساخته با صفحات منفرد ساندویچی سقف و دیوار، شامل لایه میانی پلی استایرن و بتن پاششی (3D)

ساختمان‌های نیمه‌پیش‌ساخته با صفحات منفرد ساندویچی ۳D، بنا به ملاحظات لرزه‌ای، انرژی، حریق و آکوستیک برای احداث ساختمان‌ها، تا ۲ طبقه مسکونی مجاز است. پانل ۳D، شامل یک شبکه خرپای فضایی از میلگردهای ساده، یک لایه پلی‌استایرن و دو لایه بتن پوششی در طرفین است. شبکه خرپای فضایی، از اتصال شبکه‌های فولادی ساخته شده به روش جوش نقطه‌ای اتوماتیک توسط، میلگردهای مورب حاصل می‌شود. در تولید این پانل‌ها، ابتدا لایه پلی‌استایرن به ضخامت ۴ الی ۹ سانتی‌متر، روی شبکه فولادی تحتانی قرار گرفته و میلگردهای مورب توسط دستگاه، از داخل لایه پلی استایرن عبور داده شده و به شبکه فولادی تحتانی جوش می‌شوند. در مرحله بعد، شبکه فولادی فوقانی بر روی مجموعه قرار گرفته و به میلگردهای مورب جوش داده می‌شود. در این سیستم بازشوها در زمان تولید در کارخانه و یا قبل از نصب، تعبیه شده، و تقویت‌های لازم در گوشه‌ها با استفاده از شبکه فولادی انجام شود.

لازم است پانل‌ها برای تحمل برش و خمش وارده در سقف و تحمل بار محوری و برش عرضی در دیوارها طراحی شوند و جزئیات لازم برای یکپارچه نمودن اجزاء سیستم به دقت مورد توجه قرار گیرد. در این پانل‌ها، لایه پلی‌استایرن علاوه بر نقش قالب‌بندی، در عایق‌کاری حراراتی، برودتی و صوتی نیز موثر است. پانل‌های ۳D در قطعاتی با عرض یک متر و طول سه متر در کارخانه تولید می‌شوند. پس از حمل به کارگاه و اجرای زیرسازی مناسب، در موقعیت خود قرار داده شده و به یکدیگر متصل می‌شوند. پس از نصب و اجرای تاسیسات برقی و مکانیکی لازم، دو سمت پانل‌ها به ضخامت ۴ الی ۷ سانتی‌متر با بتن ریزدانه بتن‌پاشی می‌شود. پس از انجام بتن‌پاشی، سطح بتن در دو مرحله به وسیله ماله تخته‌ای و ماله فلزی پرداخت می‌شود.

مزایای این سیستم در سه بخش معماری، سازه و اقتصادی عبارتند از: انعطاف‌پذیری پانل‌های ساندویچی برای ایجاد اشکال مختلف در بازشوها و فضاهای داخلی ساختمان، افزایش فضای مفید به دلیل ضخامت کم پانل‌ها، کاهش جرم ساختمان، باز پخش بیش‌تر نیرو به دلیل پیوستگی بین دیوارها و سقف، سهولت نصب پانل‌ها، کاهش زمان اجرای پروژه و نیروی انسانی مورد نیاز، امکان احداث سریع ساختمان و اسکان آسیب دیدگان ناشی از بلایای طبیعی. هم‌چنین از نقط ضعف این سیستم می‌توان موارد زیر را برشمرد: ترد بودن فولادهای پیش‌کشیده، دشواری رعایت رواداری‌ها به هنگام نصب و شاقول کردن پانل‌ها، دشواری کنترل ضخامت بتن پاشیده، عدم امکان ایجاد حفره در داخل بتن پاشیده شده داخل اتصال، عدم دست یافتن به مقاومت‌های بالای بتن، امکان ایجاد خوردگی در شبکه فولادی، عدم امکان دسترسی برای تعمیر یا اصلاح مسیر تأسیساتی. این سیستم در زمینه‌های انرژی، حریق، آکوستیک و سازه، در مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن، مورد ارزیابی قرار گرفته و کاربرد آن، در حیطه الزامات ارائه شده، مجاز است.

انواع سیستم های سازه ای برای تولید صنعتی ساختمان

۳-۱- ساختمان های بتن آرمه با شیوه قالب های تونلی

سیستم موسوم به تونلی، یکی از روش‌های مورد استفاده برای اجرای ساختمان‌های با سیستم باربر دیوار و سقف بتنی است. از آنجایی که اجرای قالب‌بندی سقف و دیوار به صورت سلولی و همزمان انجام می‌گردد به نام تونلی مرسوم است. در سیستم اجرای تونلی، دیوارها و سقف‌های بتن مسلح به‌صورت هم‌زمان آرماتوربندی، قالب‌بندی و بتن‌ریزی می‌شوند. این روش، ضمن افزایش سرعت و کیفیت اجرا، عملکرد سازه‌ای و رفتار لرزه‌ای مجموعه سازه را به لحاظ یکپارچگی اعضا و اتصالات آن‌ها به نحو چشمگیری بهبود می‌بخشد.

قالب‌های مورد استفاده، به اندازه تقریبی ابعاد فضاها هستند. برای قالب‌بندی یا قالب‌برداری، نیاز به تبدیل آن‌ها به ابعاد کوچک نیست و با همان ابعاد اولیه و به‌صورت یکپارچه از فضا خارج می‌شوند. خروج قالب‌های تونلی، پس از بتن‌ریزی دیوار و سقف و گیرش اولیه بتن، با فاصله دادن قالب‌ها از جدارهای بتن‌ریزی‌شده (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 اجراشده با سیستم تونلی، سازه‌ای نسبتا شناخته شده بوده و از دیدگاه عملکرد لرزه‌ای اشکال عمده‌ای ندارد. تجربه زلزله‌های گذشته رفتار مناسب سازه این ساختمان‌ها را نشان داده است.

در ساختمان‌های اجراشده با این روش، 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 پس از تکمیل سازه اصلی، به آن متصل می‌شوند که این امر در مورد سازه پله‌ها توصیه نمی‌شود.

با انجام مدیریت صحیح در اجرا و با استفاده از فناوری‌های روز و به‌کارگیری تکنولوژی‌های جدید در تسریع گیرش و افزایش مقاومت بتن، می‌توان سرعت اجرا را به طور چشمگیری افزایش داد. هم اکنون، با استفاده از روش تونلی، انبوه‌سازان با برنامه‌ریزی اجرای یک طبقه در دو روز، مجتمع‌های مسکونی بزرگ را می‌سازند. از معایب این روش، محدودیت در طراحی فضاهای داخلی است و لازم است طراحی بر طبق محدودیت‌های اجرا در خصوص ابعاد قالب و قالب‌گذاری و به صورت مدولار انجام شود.

در ساختمان‌های اجرا شده به روش تونلی، ابتدا آرماتوربندی و تعبیه مسیرهای تاسیسات مکانیکی و برقی در دیوارها انجام می‌شود و هم‌زمان با این اقدامات، قالب‌بندی بازشوهای مورد نیاز برای تأسیسات و در و پنجره اجرا می‌شود. 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 مسیرهای برق انجام می‌شود و قالب‌هایی برای خالی ماندن محل داکت‌ها و دیگر حفره‌های لازم در سقف نصب می‌شود. در ادامه، بتن‌ریزی سقف‌ها و دیوارها به‌صورت یکپارچه و در یک مرحله انجام می‌شود. اجرای جدارهای بتنی پرداخت شده، نیاز به نازک‌کاری بر روی سطوح آن‌ها را برطرف می‌کند.

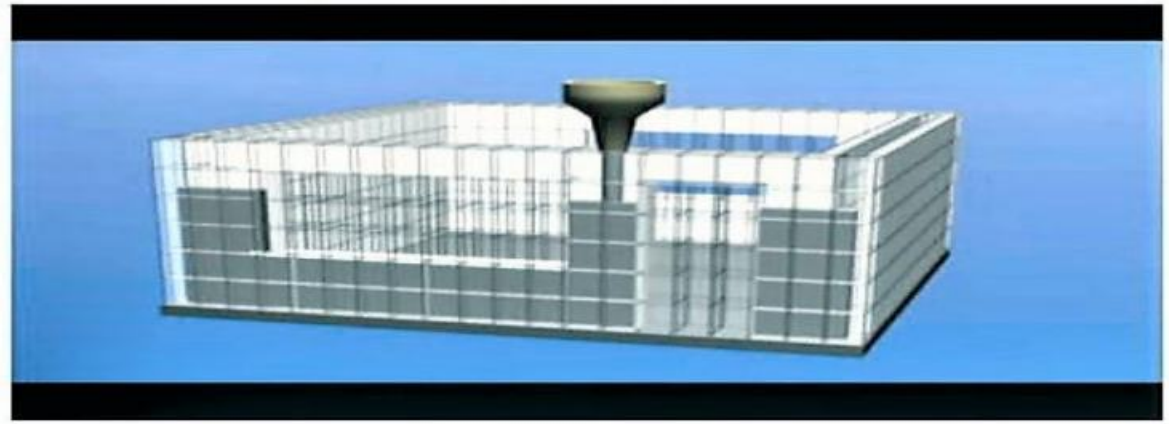
این روش اجرا، در مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن، مورد ارزیابی قرار گرفته و کاربرد آن در حیطه الزامات ارائه شده، مجاز می‌باشد.

۲-۳- روش اجرای ساختمان های بتن مسلح با قالب های عایق ماندگار (ICF)

۲-۳-۱- روش اجرای ساختمان های بتن مسلح دیوار باربر با قالب عایق ماندگار

این سیستم، شیوه اجرای ساختمان بتن آرمهٔ درجا با قالبهای عایق ماندگار پلی‌استایرنی می‌باشد که سازه حاصل از آن، یک ساختمان بتن مسلح و در زمره سازه‌های متداول، تلقی می‌شود.

در این سیستم ساختمانی، قالب‌های دیوار و سقف با استفاده از مفتول آهن گالوانیزه به قطر ۲.۲ میلی‌متر، به صورت شبکه جوش شده، در محل کارخانه ساخته شده و در وجوه داخلی و خارجی قالب پانل‌هایی از مصالح عایق کننده، مانند پلی استایرن منبسط شونده کند سوز، قرار داده می شود. قالب‌های دیوار بتنی با امکان آرماتور بندی به میزان مورد نیاز و با ضخامت مورد نظر طراح، از ۸۰ تا ۵۰۰ میلی‌متر و بیشتر برای دیوارها و قالب‌های سقف، بصورت تیردال یک یا دوطرفه با عمق و فواصل تیرچه‌های متغیر و دلخواه، توسط خطوط تولید در مقیاس نسبتاً زیاد، قابل تولید است. خط تولید کارخانه این سیستم، می تواند مدول‌های لازم برای ساخت واحدهای مسکونی را تولید کند.



مدول‌های کارخانه‌ای این سیستم سبک بوده و قابلیت حمل و نقل و نصب سریع در اجرا را دارا می‌باشد، به‌طوریکه اجرای بالغ بر ۲۰ متر مربع نفر-روز کاری را مقدور می کند. ضخامت نسبتاً قابل ملاحظه دیوارهای تمام شدهٔ معماری را می‌توان یکی از محدودیت‌های این سیستم عنوان کرد.

۲-۲-۲- روش اجرای ساختمان های بتن مسلح با قالب عایق ماندگار مسطح عمودی

شیوه اجرای قالب‌های ماندگار عمودی به عنوان زیر مجموعه‌ای از سیستم قالب ماندگار ICF محسوب می‌شود. در این روش، خرپاهای ویراندل ساخته شده از فولاد گالوانیزه، عمود بر راستای دیوار و با استفاده از اتصالات درجا بوسیله ناودانی‌های ساخته شده از فولادهای گالوانیزه به شالوده متصل می‌شوند. پس از آن قالب‌های ماندگار از جنس PVC به شکل نوارهای نسبتاً نازک بریده می‌شوند و بصورت کشوئی در دو طرف محور دیوار و در فاصله بین دو خرپای ویراندل مجاور قرار می‌گیرند. آرماتورهای قائم محاسبه شده برای دیوار بصورت دستی در محل خود قرار گرفته و به خرپاها بسته می‌شوند. آرماتورهای افقی نیز روی اضلاع افقی خرپای ویراندل قرار گرفته و به آن بسته می‌شوند.

لازم به ذکر است که سازه حاصل از این روش اجرا، از نوع دیوار باربر بتن مسلح بوده و با شرط رعایت ضوابط مربوط به اتصالات عناصر سازه‌ای به یکدیگر، در شرایط شکل‌پذیری متنوعی قابل اجرا است.

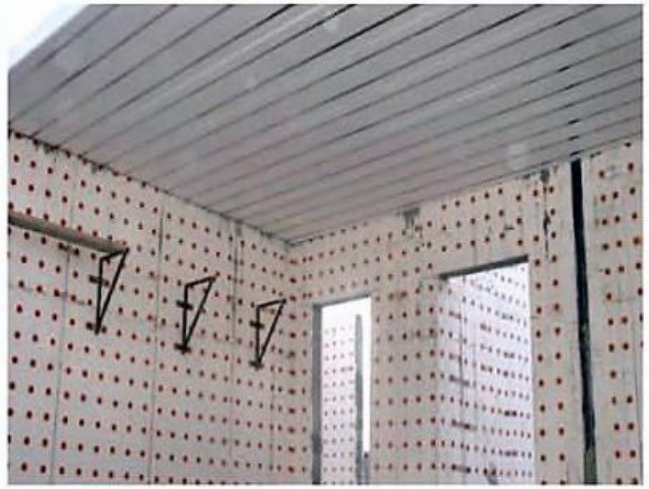
لایه پلی‌استایرن دو طرف علاوه بر اینکه به عنوان قالب ماندگار بتن عمل می‌کند، به عنوان عایق صوت و حرارت نیز محسوب می‌شود. حال آنکه خطر بروز آتش‌سوزی و انتقال و گسترش آتش در این سیستم به عنوان عامل محدود کننده محسوب می‌شود. به همین دلیل، علت اصلی اعمال محدودیت در ارتفاع و تعداد طبقات این سیستم، نوع پوشش اعمال شده روی لایه‌های پلی‌استایرن و محافظت آنها در برابر آتش می‌باشد. هم‌چنین تامین ضوابط مربوط به شکل‌پذیری متوسط و ویژه می‌بایست در اتصالات ارائه شده لحاظ شود.

این سیستم، در زمینه‌های سازه، زلزله، انرژی، حریق و آکوستیک در این مرکز مورد بررسی و ارزیابی قرار گرفته و کاربرد آن در حیطه الزامات تدوین شده، مجاز است.

۲-۲-۳- روش اجرای ساختمان های بتن مسلح با قالب عایق ماندگار مسطح پانلی

این روش اجرا یکی از انواع شیوه‌های اجرای سیستم ICF می‌باشد. در این روش قالب‌های ماندگار بصورت پانل‌های مستطیلی در کارخانه تولید و به کارگاه منتقل می‌شوند. این پانل‌ها متشکل از دو لایه ورق پلی استایرن، مش میانی و آرماتورهای خرپائی برای نگه داشتن آرماتورهای افقی و عمودی تعبیه شده می‌باشد.

سازه حاصل از این شیوه اجرا جزو سازه‌های دیوار باربر بتن مسلح محسوب شده و با شرط رعایت الزامات و ضوابط مندرج در آئین‌نامه‌های ملی و بین المللی، در شرایط مختلف شکل‌پذیری قابل اجرا می‌باشد.



۲-۲-٤- روش اجرای ساختمان های بتن مسلح با قالب عایق ماندگار پلیمری (سیستم RBS)

این سیستم، یک روش برای اجرای ساختمان‌های بتن مسلح درجا از نوع دیوار باربر با استفاده از قالب‌های ماندگار مسطح پلیمری است. این قالب‌های پلیمری دارای طولی در حدود ۱۵ و ۲۵ سانتی‌متر و ارتفاعی برابر ارتفاع طبقه بوده و بسته به نیاز دارای ضخامت‌های مختلفی می‌باشند.

از کنار هم قرار دادن قالب‌های مذکور به صورت کشویی، یک قالب پیوسته برای دیوار بتنی شکل می‌گیرد. این قالب‌ها سبک بوده و قابلیت حمل و نقل و نصب سریع در اجرا را دارا می‌باشند. در یک نوع از این قالب‌ها، یک لایه ایزولاسیون پلی‌اورتان نیز تعبیه شده است. این قالب‌های پلیمری به عنوان سطح تمام شده داخلی یا خارجی نیز می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد.

این روش اجرا، در مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن، مورد ارزیابی قرار گرفته و کاربرد آن در حیطه الزامات ارائه شده، مجاز می‌باشد.

الزامات روش اجرای ساختمان های بتن مسلح با قالب عایق ماندگار پلیمری (سیستم RBS)

۱- سیستم سازه‌ای حاصل از این روش اجرا، یک سیستم سازه‌ای دیوار باربر با دیوارهای برشی بتن مسلح می‌باشد. در صورتی که در این سیستم، ضوابط شکل‌پذیری (متوسط یا زیاد) بر اساس استاندارد ۲۸۰۰ ایران و مبحث نهم مقررات ملی ساختمان ایران با عنوان "طرح و اجرای ساختمان‌های بتن‌آرمه" رعایت نشود، با استناد به بند ۹-۲۰-۲-۵-۲ مبحث نهم مقررات ملی ساختمان ایران، کاربرد این سیستم صرفاً در مناطق با خطر نسبی کم و متوسط و برای ساختمان‌های دارای اهمیت کم و متوسط تا حداکثر ارتفاع ۱۰ متر مجاز می‌باشد. بدیهی است در صورتی که ضوابط شکل‌پذیری تامین شود با رعایت ضوابط مقاومت در برابر حریق، حداکثر ارتفاع ساختمان در کلیه پهنه‌های لرزه‌خیزی کشور مطابق استاندارد ۲۸۰۰ ایران، ۵۰ متر از تراز پایه می‌باشد.

۲- ضخامت دیوارهای سازه‌ای بتنی نباید از ۱۵ سانتی‌متر کمتر باشد.

۳- بتن مصرفی در دیوارهای سازه‌ای بتنی باید از نوع بتن سازه‌ای و با حداقل مقاومت ۲۰ مگاپاسکال و حداکثر اندازه اسمی سنگدانه مصرفی، ۲۰ میلی‌متر باشد.

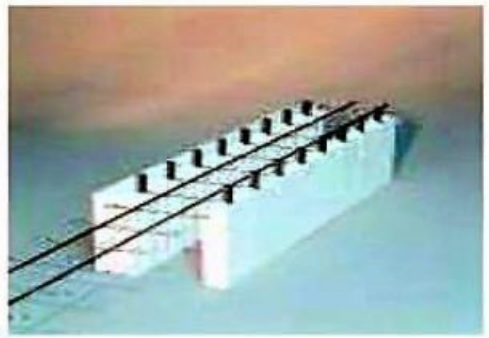
۴- بارگذاری ثقلی و لرزه‌ای این سیستم، به ترتیب بر اساس مبحث ششم مقررات ملی ساختمان ایران با عنوان "بارهای وارد بر ساختمان" و استاندارد ۲۸۰۰ صورت گیرد.

۲-۲-۵- روش اجرای ساختمان های بتن مسلح با قالب عایق ماندگار بلوکی

روش اجرای KBS یکی از انواع شیوه‌های اجرای سیستم ICF می‌باشد. سیستم سازه‌ای حاصل از این روش اجرا، یک سیستم سازه‌ای دیوار باربر با دیوارهای برشی بتن مسلح بوده که محدودیت‌های آن مطابق استاندارد ۲۸۰۰ می‌باشد.

در این روش، قالب‌های عایق ماندگار به صورت پانل‌های مستطیلی در کارخانه تولید و به کارگاه منتقل می‌شوند. قاب‌های عایق ماندگار KBS متشکل از دو لایه ورق پلی‌استایرن به ضخامت‌های ۵ یا ۱۰ سانتی-متر، بسته به محل استفاده، می‌باشند. برای اتصال لایه‌های پلی‌استایرن در ارتفاع از تیوپ‌های پلی پروپیلن که در فواصل ۱۲/۵ سانتی‌متری تعبیه شده‌اند، استفاده می‌شود. همچنین برای اتصال لایه‌های پلی‌استایرن طرفین به یکدیگر و تشکیل قالب از رابطهای پلی‌پروپیلن و شبکه میلگرد طولی استفاده می‌شود. پس از استقرار قالب‌ها، قسمت میانی آن مطابق محاسبات میلگردگذاری شده و بتن‌ریزی می‌شود. در زمان بتن‌ریزی به منظور نگه-داری قالب‌ها، لازم است در فواصل ۱/۲ تا ۱/۷۵ متری پشت‌بند اجرا شود.

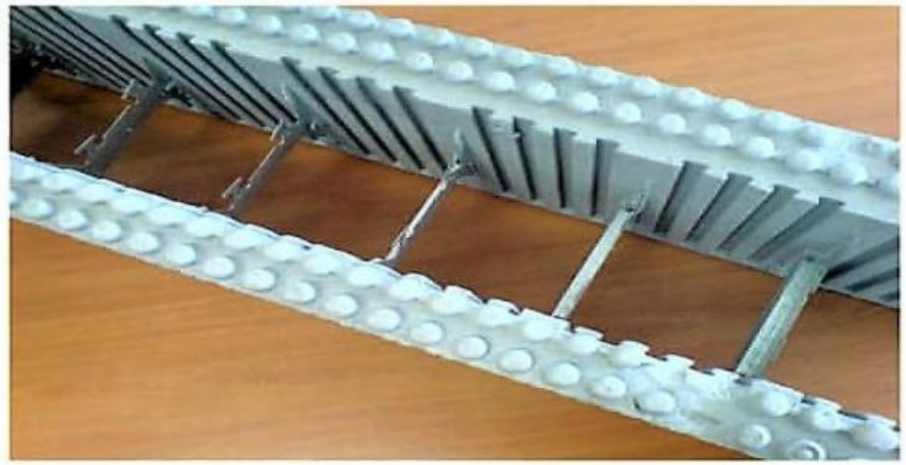
سقف در این سیستم از نوع دال‌های نیمه پیش‌ساخته می‌باشد، که پس از استقرار توسط میلگردهای تعبیه شده به دیوارها متصل می‌شود. با توجه به اینکه مطابق ضوابط فنی حداقل ضخامت دیوارهای بتن مسلح ۱۵ سانتی‌متر می‌باشد، امکان تامین این ضخامت و ضخامت‌های بالاتر یکی از مزایای روش اجرای KBS محسوب می شود. این روش اجرا، در مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن، مورد ارزیابی قرار گرفته و کاربرد آن در حیطه الزامات ارائه شده، مجاز می‌باشد.



انواع سیستم های سازه ای برای تولید صنعتی ساختمان

۲-۲-۶- روش اجرای ساختمان های بتن مسلح دیوار باربر با قالب های عایق ماندگار بلوکی پلی استایرن و نئوپور

روش اجرای ساختمان‌های بتن مسلح دیوار باربر با قالب‌های عایق ماندگار بلوکی نئوپور و پلی استایرن یکی از انواع شیوه‌های اجرای سیستم ICF می‌باشد. سیستم سازه‌ای حاصل از این روش اجرا، به عنوان سیستم سازه‌ای دیوار باربر با دیوارهای برشی بتن مسلح محسوب می‌شود. در صورتی‌که ضوابط شکل‌پذیری بر اساس آئین‌نامه ۲۸۰۰ و مبحث نهم مقررات ملی ایران رعایت نشود، با استناد به بند ۹-۲۰-۲-۵-۲ مبحث نهم مقررات ملی ایران، کاربرد این سیستم صرفاً در مناطق با خطر نسبی کم و متوسط و برای ساختمان‌های دارای اهمیت کم و متوسط تا حداکثر ارتفاع ۱۰ متر مجاز می‌باشد. بدیهی است در صورتی‌که ضوابط شکل‌پذیری رعایت شود، ضمن رعایت ضوابط مقاومت در برابر حریق، حداکثر ارتفاع ساختمان براساس ضوابط آئین‌نامه ۲۸۰۰ ایران، ۵۰ متر از تراز پایه می‌باشد. در این سیستم از قالب‌های عایق ماندگار بلوکی استفاده می‌شود. این بلوک ها در ابعاد و ضخامت‌های مختلف با استفاده از پلی‌استایرن



منبسط‌شونده کند سوز و نئوپور تولید می شوند. برای اتصال طرفین قالب از رابط‌های فلزی استفاده می‌شود. اتصال این بلوک‌ها در ارتفاع و در طول با استفاده از کام و زبانه تعبیه شده در بلوک‌ها انجام می‌شود. در زمان بتن‌ریزی به منظور نگه‌داری قالب‌ها و ایجاد داربست برای اجرای طبقات بالاتر، لازم است در فواصل مناسب پشت‌بند اجرا شود. این روش اجرا، در مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن، مورد ارزیابی قرار گرفته و کاربرد آن در حیطه الزامات ارائه شده، مجاز می‌باشد.

۲-۲-۷- روش اجرای ساختمان های بتن مسلح با قالب های عایق ماندگار از جنس صفحات سیمانی حاوی تراشه های چوب (صفحات چوب سیمانی)

اجرای ساختمانهای بتن مسلح با قالبهای عایق ماندگار جزء سیستم‌های متداول در کشور است. هرچند بهره‌گیری از این سیستم باعث افزایش سرعت ساخت و کاهش حجم عملیات قالب بندی می‌شود، ولیکن بنا به نوع قالب انتخابی اجرای نما همچنان به عنوان یک روند زمانبر محسوب می‌شود. تخته‌های سیمانی از جمله پوشش‌های دیواری هستند که مورد تائید مرکز بوده و امکان استفاده از آن‌ها در حیطه الزامات مربوطه مجاز شناخته شده است. استفاده از این تخته‌ها به عنوان قالب‌های ماندگار، با توجه به مقاومت و دوام آن‌ها می‌تواند راه حل مناسبی برای رفع مشکل نماسازی باشد. بدین منظور، روش اجرای ساختمان‌های بتن مسلح با قالب عایق ماندگار، با قالبهائی از جنس صفحات سیمانی در این مرکز بررسی و مورد تائید قرار گرفت. نکته دیگری که در خصوص این روش اجرائی حائز اهمیت است این است که امکان تهیه یک دیوار باربر با مقطع یکپارچه مستطیلی (و نه بصورت مجوف، همانند روشهای قالب عایق ماندگار بلوکی و پانلی) را فراهم می‌سازد. تنها محدودیت این روش این است که نیاز به دقت بالا در هنگام قالب بندی دارد تا از به وجود آمدن هرگونه بار اضافی که بیش از توان بیشینه صفحات باشد، جلوگیری به عمل آورد.

۲-۲-۸- روش اجرای ساختمان های بتن مسلح با قالب عایق ماندگار از جنس بلوک های چوبی - سیمانی

سیستم ساختمانی دیوار باربر بتن مسلح در زمره سیستمهای ساختمانی مندرج در آئین‌نامه ۲۸۰۰ ایران است که روشهای مختلفی برای اجرای آن وجود دارد. یکی از این شیوه های اجرا، سیستم قالبهای عایق ماندگار است که قبلاً نیز به عنوان شیوه‌های اجرای مورد تائید معرفی شده است. تفاوت شیوه‌های مختلف اجرائی موجود، در انتخاب قالبهاست. تجربه استفاده از انواع مرسوم قالبهای پلی‌استایرنی و پلیمری در کشور وجود دارد ولیکن بلوکهای چوب-سیمانی که پیشتر برای تولید دیوارهای غیرباربر مورد تائید قرار گرفته‌است، با توجه به عملکرد مطلوب در زمینه‌های انرژی، حریق و آکوستیک، گزینه مطلوبی برای بهره‌گیری به

عنوان قالب عایق ماندگار به شمار می‌رود. لذا با بررسی‌های به عمل آمده در زمینه رفتار این قالب‌ها و همخوانی آن با روند اجرای ساختمانهای با سیستم دیوار باربر، روش اجرای سازه‌های بتن مسلح با قالب عایق ماندگار از جنس این بلوکها به تائید مرکز رسید.

۲-۳- قاب های بتن مسلح پیش ساخته با دیوار برشی بتن مسلح درجا

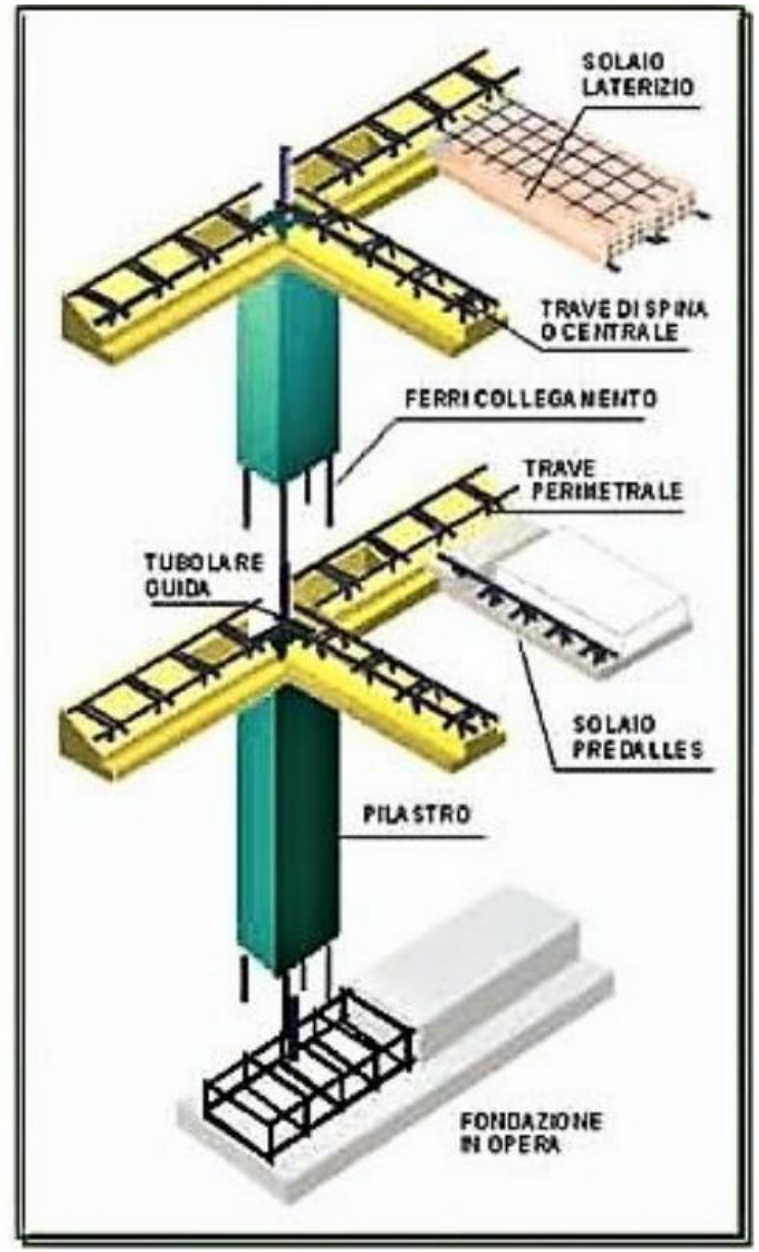
۲-۳-۱- سیستم قاب ساختمانی ساده بتن مسلح با ستون پیش ساخته، تیر نیمه پیش ساخته، سقف هالوکور و دیوار برشی بتن مسلح درجا

در این سیستم ساختمانی، ستون‌ها تا حداکثر ۳ طبقه به صورت پیش‌ساخته، تیرها به صورت نیمه‌پیش‌ساخته و سقف‌ها از نوع مجوف (Hollow core) هستند. در این سیستم از قاب‌های ساختمانی ساده برای باربری ثقلی و از دیوار برشی بتن مسلح درجا برای باربری جانبی سازه استفاده می‌شود. در راستای اطمینان از کفایت پی سازه در تحمل بارهای وارده، از شالوده بتن مسلح درجا استفاده می‌شود. در مواردی که ستون تحت نیروی کششی قرار نگیرد، می‌توان از گزینه اتصال گلدانی نیز استفاده نمود. به منظور اتصال ستون‌های پیش‌ساخته به فونداسیون سازه لازم است تمهیداتی در انتهای ستون‌های پیش‌ساخته در نظر گرفته شود. در این سیستم این اتصال به کمک ورق‌های پای‌ستون و میل مهارهای فولادی انجام می‌شود. از جمله موارد حائز اهمیت در سیستم‌های بتنی پیش‌ساخته تامین یکپارچگی سازه و اجرای صحیح و دقیق اتصالات می‌باشد. از این رو در این سیستم به منظور تامین یکپارچگی و صلبیت لازم

در دیافراگم سقف، باید در محل اتصال پانل‌های سقف پیش‌ساخته به تیر نیمه پیش‌ساخته و همچنین اتصال ساده تیر نیمه پیش‌ساخته به ستون پیش‌ساخته، میلگردهای تامین‌کننده یکپارچگی اعضا، به طور مناسب طراحی و اجرا شوند. در این سیستم، اتصال تیرها به ستون‌ها از نوع اتصال

ساده نشیمن می‌باشد، که با جوش دادن پلیت تعبیه شده روی کربل ستون به نبشی تعبیه شده در قسمت نشیمن تیر نیمه پیش‌ساخته محقق می‌شود. به منظور تامین یکپارچگی و افزایش درجه نامعینی سیستم و ممانعت از بروز مودهای خرابی پیش‌رونده، خاموت‌های انتظار در روی تیرها تعبیه شده است تا در محل نشیمن تیر روی ستون، با عبور دادن آرماتورهای منفی از داخل خاموت‌های مذکور و سوراخ‌های تعبیه شده در داخل ستون، یکپارچگی بین ستون و تیر تامین شود. این سیستم سازه‌ای در مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن، مورد ارزیابی قرار گرفته و کاربرد آن، در حیطه الزامات ارائه شده، مجاز می‌باشد.

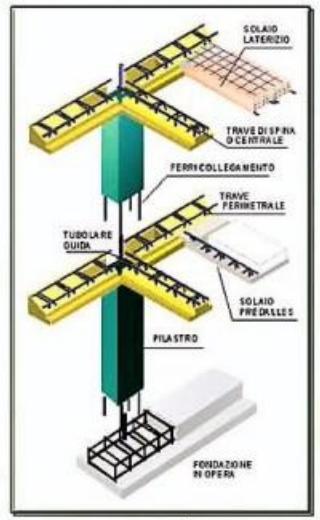
انواع سیستم های سازه ای برای تولید صنعتی ساختمان



۲-۳-۲- سیستم قاب ساده بتنی نیمه پیش ساخته K با دیوار برشی بتن مسلح درجا

در سیستم نیمه پیش‌ساخته K، اعضایی همچون تیر، ستون و سقف به صورت نیمه‌پیش‌ساخته در کارخانه تولید شده که پس از انتقال به محل با استفاده از بتن ریزی درجا در محل اتصالات، پیوستگی سازه حاصل می‌شود. در این سیستم، تیرها و ستون‌ها به همراه اتصالاتشان تشکیل یک قاب ساده بتن مسلح را می‌دهند که بارهای ثقلی در این سیستم توسط این قاب‌ها تحمل شده و به شالوده منتقل می‌شود. شالوده در این سیستم به صورت درجا اجرا می‌شود.

برای تحمل بارهای جانبی وارده به سیستم، دیوارهای برشی بتن مسلح در نظر گرفته شده است که به صورت درجا اجرا شده و از طریق دیافراگم سقف به قاب‌های بتنی اتصال دارد. دیافراگم سقف در این سیستم از نوع صلب می‌باشد. سایر قطعات الحاقی به ساختمان مانند راه‌پله‌ها نیز به صورت پیش‌ساخته تولید می‌شود.



به علت نیمه‌پیش ساخته بودن قطعات، به نیرو و زمان کمتری جهت ساخت این سیستم نیاز بوده و کنترل کیفیت اعضا به راحتی در کارخانه صورت می‌گیرد.

این سیستم در مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن مورد ارزیابی قرار گرفته و کاربرد آن در حیطه الزامات ارائه شده مجاز است.

الزامات سیستم قاب ساده بتنی نیمه پیش ساخته K با دیوار برشی بتن مسلح درجا

۱- اجرای این سیستم سازه‌ای به صورت قاب ساختمانی ساده بتن‌مسلح متشکل از اعضای نیمه‌پیش‌ساخته با اتصالات تر (درجا) و دیوارهای برشی بتن‌آرمه درجا است که محدودیت‌های آن مطابق استاندارد ۲۸۰۰ می‌باشد.

۲- ضخامت دیوارهای بتن‌آرمه نباید از ۱۵ سانتی‌متر کمتر باشد.

۳- بتن مصرفی باید از نوع بتن سازه‌ای و با حداقل مقاومت ۲۰ مگاپاسکال باشد.

۴- منظم بودن ساختمان در پلان و ارتفاع مطابق استاندارد ۲۸۰۰ الزامی است.

۵- بارگذاری ثقلی و لرزه‌ای این سیستم، به ترتیب بر اساس مبحث ششم مقررات ملی ساختمان ایران با عنوان "بارهای وارد بر ساختمان" و استاندارد ۲۸۰۰ صورت گیرد.

۶- در طراحی سازه‌ای این سیستم، مبحث نهم مقررات ملی ساختمان ایران با عنوان "طرح و اجرای ساختمان‌های بتن‌آرمه" مد نظر قرار گیرد و در طراحی، ساخت، نصب و اجرای اعضا و اتصالات قطعات پیش‌ساخته، رعایت آخرین ویرایش آئین‌نامه ACI 318 و راهنمای طراحی PCI الزامی است.

۷- در صورت تعبیه اعضای مرزی در دیوارهای برشی بتن‌مسلح، ضروری است این اعضا به صورت درجا اجرا شوند و در نظر گرفتن ستون‌های پیش‌ساخته قاب به عنوان اعضای مرزی مورد تایید نمی‌باشد.

۲-٤- سیستم دیوار باربر بتن مسلح ویژه

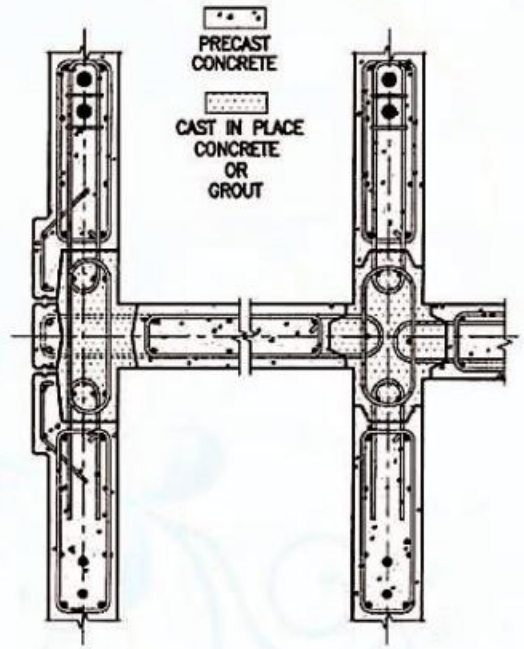
در این سیستم سازه‌ای بتنی، اتصال قطعات پیش‌ساخته بتن مسلح دیواری در امتدادهای افقی و قائم، عمدتاً توسط قلاب‌های U شکل که در کناره‌های این قطعات تعبیه شده است صورت می‌گیرد. بعد از نصب این قطعات، با افزودن آرماتورهای طولی (موازی لبه قطعه و رد شده از حلقه قلاب‌ها)، قلاب‌های U شکل یاد شده به یکدیگر دوخته شده و سپس فضای بین این قطعات که باید به یکدیگر متصل شوند، با بتن کاملاً پر می‌شود.

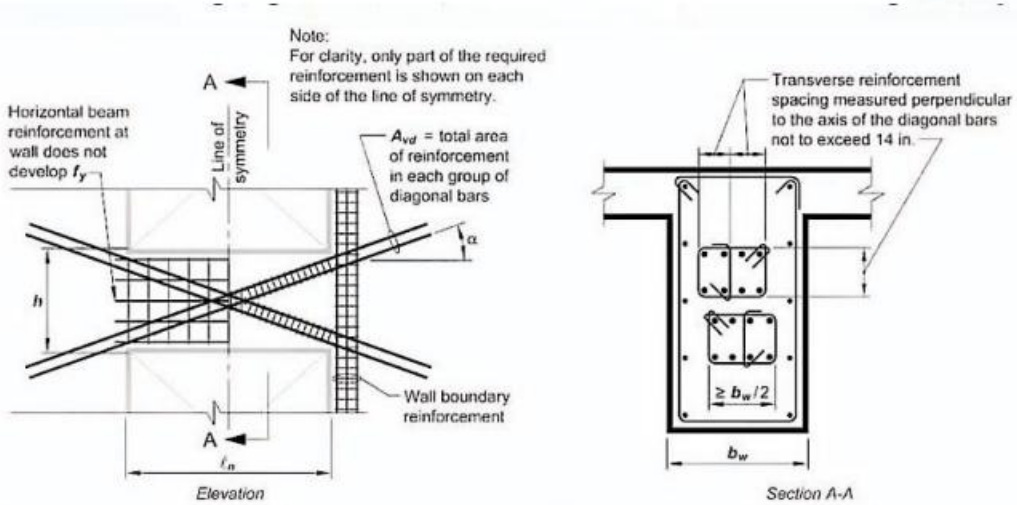
بارهای مرده و زنده از طریق دال‌های بتن‌آرمه کف به دیوارهای بتنی منتقل شده و دیوارها، نیروهای ناشی از بارهای وارده را به شالوده منتقل می‌نمایند.

در این سیستم، پانل‌های دیواری علاوه بر تحمل بارهای ثقلی ساختمان، بارهای جانبی اعمالی را نیز به صورت دیوار برشی تحمل می‌نمایند در نتیجه این نوع سیستم در دسته‌بندی سازه‌ای، یک سیستم دیواربار‌بر از نوع دیوار برشی بتن مسلح می‌باشد.

بدلیل اتصالات ویژه، این سیستم قابل کاربرد در کلیه پهنه های لرزه خیزی کشور می باشد.

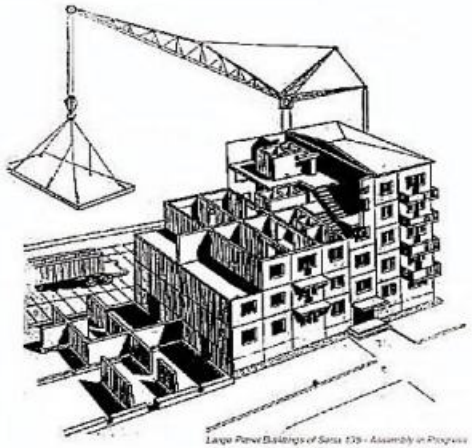
این سیستم سازه‌ای در مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن بررسی شده و کاربرد آن در حیطه الزامات تدوین شده مورد تایید است.





انواع سیستم های سازه ای برای تولید صنعتی ساختمان

۲-۵- سیستم ساختمان های پیش ساخته با دیوار باربر متشکل از سقف و دیواره های بتن آرمه با بتن سبک سازه ای



سیستم Large Panel یا سیستم Box Type در دسته بندی سیستم‌های پیش ساخته بتنی Tilt Up قرار می‌گیرد. در این سیستم، پانل‌های دیواری، علاوه بر تحمل بارهای ثقلی، بارهای جانبی را نیز به‌صورت دیوار برشی تحمل می‌نمایند، در نتیجه این نوع سیستم در دسته بندی سازه‌ای، یک سیستم دیوار باربر با دیوار برشی می‌باشد.

بارهای مرده و زنده از طریق دال‌های بتن آرمه کف که ازطریق اتصالات مفصلی یا غلطکی به دیوارها متصل می باشند، انتقال یافته و دیوارها نیروهای ناشی از بارهای وارده را به شالوده منتقل می‌نمایند.

سیستم باربر جانبی سیستم پیش ساخته فوق شامل دیوارهای پیش ساخته بتن‌آرمه بوده که به صورت دیوار برشی عمل نموده و در برابر نیروهای برشی ناشی از بارهای جانبی مقاومت می‌نمایند. در این سیستم به دلیل استفاده از پانل‌های دیواری برای باربری ثقلی و اتصالات مفصل مابین کف‌ها و دیوارها، امکان استفاده از سیستم باربری جانبی از نوع قاب خمشی نمی‌باشد و تنها سیستم مقاوم دربرابر بارهای جانبی، پانل‌های دیواری است که به صورت دیوار برشی در برابر نیروهای جانبی مقاومت می‌نمایند.

ازآنجا که این سیستم، سیستم Large Panel با به‌کارگیری بتن سبک سازه‌ای و لایه عایق حرارتی در کارخانه می‌باشد، لذا به نظر می‌رسد ضمن کاهش وزن دیوارها، رفتار مطلوبتری در مقابل انبساط و انقباض را دارا باشد.

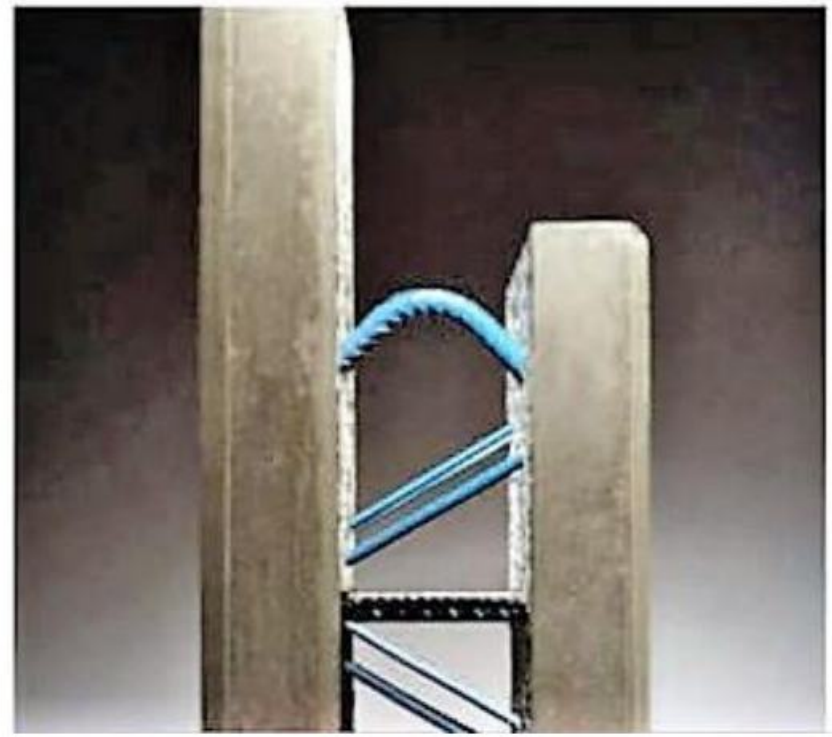
مصالح اصلی مصرفی در این سیستم شامل: سیمان، میلگرد، پوکه صنعتی (پوکه لیکا)، پلی‌استایرن و گاز طبیعی برای عمل آوری بتن بوده و کلیه مصالح در داخل کشور قابل تامین می‌باشد.

عایق حرارتی دیوارها از طریق استفاده از یک لایه ملات سیمان و پلی‌استایرن که در کارخانه به هنگام ساخت دیوارها بر روی لایه بیرونی دیوار خارجی اجرا می‌شود، تامین می‌شود. از آنجایی‌که ضریب انتقال حرارت بتن سبک از بتن معمولی کمتر است، لذا به نظر می‌رسد که عایق حرارتی این سیستم توسط لایه عایق حرارتی سیمان و پلی‌استایرن به همراه بتن سبک تامین می‌شود. این سیستم در طبقه بندی صرفه جویی زیاد در مصرف انرژی قرار داشته و در تمام مناطق ایران قابل استفاده است.

مصالح بکار گرفته شده در این نوع از ساختمان از مقاومت خوبی در برابر آتش سوزی برخوردار هستند. این سیستم همچنین جوابگوی نیاز صدابندی بر اساس مقررات ملی ساختمان می‌باشد.

این سیستم در زمینه‌های انرژی، حریق، آکوستیک و سازه، در مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن، مورد ارزیابی قرار گرفته و کاربرد آن در حیطه الزامات ارائه شده، مجاز می‌باشد.

۲-۶- ساختمان های بتن آرمه متشکل از دیوار باربر دولایه و سقف های نیمه پیش ساخته با بتن درجا



در ساختمان‌های بتن‌آرمه متشکل از دیوار باربر و سقف‌های نیمه پیش‌ساخته با بتن درجا، قسمتی از دیوارهای بتن مسلح به صورت پیش‌ساخته در کارخانه تولید می‌شود. این دیوارها از دو لایه بتن مسلح، که با فاصله عرضی نسبت به یکدیگر قرار می‌گیرند، ساخته می‌شود. فاصله بین لایه‌ها، علاوه بر تأثیری که بر کاهش وزن دیوار در زمان حمل و نقل (در مقایسه با دیوارهای پیش‌ساخته یکپارچه توپر) دارد، نصب و برپایی آن را نیز سهولت می‌بخشد. بتن‌ریزی درجا یکپارچگی اعضای سازه‌ای را ایجاد می‌نماید و عملکرد لرزه‌ای ساختمان را بهبود می بخشد. بتن پیش ساخته و بتن درجا، توسط میل‌گردهایی که میان دو جداره تعبیه شده‌اند و همچنین توسط قفل و بست بین لایه‌ها، به یکدیگر متصل می‌شوند.

معمولاً قطعات پیش‌ساخته قالب، بدون میل‌گرد انتظار، طراحی و تولید می‌شوند. اتصال دو لایه بتنی طرفین قطعه، توسط خرپاهای فلزی صورت می‌گیرد تا عملکردی مرکب داشته باشند. این اقدام، در عین دارا بودن مزایای اجرایی، خطر آسیب دیدن در زمان حمل را نیز کاهش می‌دهد و باعث می‌گردد نیاز به قالب‌بندی کاملاً منتفی شود یا به حداقل کاهش یابد.

سقف این سیستم معمولاً با پیش‌دال‌های خرپادار طراحی و اجرا می‌شود. بتن‌ریزی دیوار و سقف معمولاً به صورت درجا و همزمان انجام می‌شود.

این دیوارها می‌توانند به تنهایی، و یا همراه با دیگر اجزای سازه‌ای بتنی (پیش‌ساخته یا درجا)، سازه ساختمان را تشکیل دهند. پس از اجرای دیوارهای خارجی این سیستم، یک لایه عایق حرارتی از خارج یا از داخل به دیوار متصل می‌شود.

در کشورهای اروپایی، این سیستم برای ساختمان‌های مسکونی، اداری، و عمومی مورد استفاده قرار گرفته است. همچنین، اجرای این سیستم در ایران توسط شرکت‌های متعددی صورت گرفته است.

دیوارهای بتن مسلح پیش ساخته دو لایه، در کارخانه تولید می‌شوند. قطعات توسط جرثقیل و با استفاده از قلاب‌هایی که محل و جزییات آنها با محاسبه تعیین شده‌اند به محل نصب حمل و بر روی شالوده‌ها نصب می گردند. شالوده‌ها، همانند اغلب سیستمهای سازه‌ای، از بتن مسلح و به صورت درجا ساخته می‌شوند. دیوارها، طی مدت نصب و تا زمان تکمیل اتصالات عناصر سازه‌ای، توسط نگه‌دارنده‌هایی در موقعیت خود نگه‌داشته می‌شود.

سقف‌های این سیستم معمولاً به صورت دال نیمه پیش ساخته یا پیش دال هستند. این سقف‌ها در کارخانه آماده می‌شوند و پس از نصب بر روی دیوارها با تعبیه عناصر تسلیح مناسب، با بتن‌ریزی درجا به دیوارها متصل می‌شوند. در مواردی نیز از سقف‌های پیش‌ساخته دو لایه (مشابه دیوارها) استفاده می‌شود. در این حالت نفوذ بتن به تمام قسمت‌های جداره میانی سقف به آسانی صورت نمی گیرد. از این‌رو، سیستم مورد بحث در مواقعی که از نظر سازه‌ای لایه‌های بتن بالایی و پایینی سقف پاسخ گوی بارهای وارد بر آن باشند و لایه میانی با مواد پرکننده یا عایق پر شود، استفاده می‌شود.

در برخی مدارک و مستندات موجود در خصوص ساختمان‌های با سیستم دیوارهای بتنی دو لایه، جزییات اتصال مناسب بین عناصر باربر سازه‌ای برای مناطق با خطر لرزه‌خیزی کم و زیاد ارائه شده است. ولی به نظر می‌رسد بیشترین کاربرد این نوع ساختمان‌ها در مناطق با خطر لرزه‌خیزی کم بوده باشد.

این سیستم در زمینه‌های انرژی، حریق، آکوستیک و سازه، در مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن، مورد ارزیابی قرار گرفته و کاربرد آن، در حیطه الزامات ارائه شده، مجاز می‌باشد.

۲-۷- ساختمان‌های نیمه پیش‌ساخته با صفحات دولایه ساندویچی 3D و بتن میانی درجا

ساختمان‌های نیمه پیش‌ساخته با صفحات دولایه ساندویچی 3D و بتن میانی درجا برای ساختمان‌های با کاربری مسکونی تا حداکثر ۴ طبقه روی پارکینگ، مورد تایید است. این ساختمان‌ها متشکل از پانل‌های دیوار و سقف بوده و پانل‌های دیواری به دو صورت به‌کار گرفته می‌شوند. نوع اول به عنوان دیوارهای جداکننده و نوع دوم در نقش اعضا سازه‌ای و باربر ثقلی و جانبی. در این سیستم پانل‌های سقفی، بارهای کف را تحمل کرده و آن را بصورت مستقیم (بدون وجود المان تیر) به پانل‌های دیواری منتقل می‌نماید. پانل‌ها در قطعاتی با عرض معمول یک متر و طول سه متر در کارخانه تولید و پس از انتقال به کارگاه، در موقعیت خود قرار گرفته و به یکدیگر متصل می‌شوند. اجزای پانلی دیوارهای سازه‌ای در این ساختمان‌ها، شامل یک شبکه خرپایی فضایی چهار لایه از میل‌گردهای ساده، یک لایه بتن میانی درجا، دو لایه ورق پلی‌استایرن و دولایه بتن پاششی است. در هنگام ساخت شبکه فولادی، دو لایه ورق پلی‌استایرن به ضخامت ۴ تا ۹ سانتی‌متر، در دو وجه بیرونی شبکه قرار می‌گیرند. لایه پلی‌استایرن علاوه بر این‌که در عایق‌کاری حرارتی، برودتی و صوتی موثر است، به عنوان قالب ماندگار برای لایه بتن درجا نیز به کار می‌رود. لایه بتن میانی که پس از استقرار و محکم کردن پانل‌ها در محل، اجرا می‌شود، به صورت مسلح و به عنوان دیوار باربر برای سیستم مذکور عمل خواهد کرد. پس از انجام بتن‌ریزی درجا و گیرش بتن، دو سمت بیرونی به ضخامت ۴ الی ۷ سانتی‌متر بتن‌پاشی می‌شود. ضخامت پانل‌ها، بر اساس محاسبات سازه‌ای تعیین شده و لازم است پانل‌ها برای تحمل برش و خمش در سقف‌ها و تحمل بار محوری و برش، در دیوارها محاسبه شوند. در حین مراحل نصب پانل‌ها و قبل از اجرای بتن میانی، لازم است تمهیدات لازم برای تامین اتصالات و تعبیه بازشوها در نظر گرفته شود. تاسیسات مکانیکی و برقی را می‌توان پس از اجرای بتن درجا و قبل از بتن‌پاشی مجموعه، اجرا نمود.

از مزایای این ساختمان‌ها می‌توان به انعطاف پذیری پانل‌ها در ایجاد اشکال مختلف در بازشوها و فضاهای داخلی ساختمان، باز پخش بیش‌تر نیرو به دلیل پیوستگی بین دیوارها و سقف، سهولت نصب پانل‌ها، کاهش زمان اجرای پروژه و نیروی انسانی مورد نیاز، امکان ساخت سریع ساختمان‌های یک طبقه و امکان اسکان آسیب دیدگان ناشی از بلایای طبیعی با سرعت زیاد، اشاره کرد. هم‌چنین، از نقط ضعف این سیستم می‌توان موارد زیر را برشمرد: ترد بودن فولادهای پیش‌کشیده، امکان ایجاد خوردگی در شبکه فولادی، عدم امکان دسترسی جهت تعمیر یا اصلاح مسیر تأسیساتی. این سیستم در زمینه‌های انرژی، حریق، آکوستیک و سازه، در مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن، مورد ارزیابی قرار گرفته و کاربرد آن، در حیطه الزامات ارائه شده، مجاز است.

۲-۸- سیستم اسکلت فولادی پیش ساخته با اتصالات پیچ و مهره ای

در سال‌های اخیر استفاده از پیچ و مهره در اتصالات سازه‌های فولادی در کشور، خصوصاً در بخش‌های صنعتی مانند سوله‌ها و در بخش ساختمان‌های بلند مرتبه و انبوه‌سازی، رشد چشمگیری داشته است. پرهیز از مشکلات ناشی از کنترل کیفیت جوشکاری در محل اجرای ساختمان، به ویژه در ارتفاع سازه، موجب شده است تا توجه بیشتری به اتصالات پیچ و مهره‌ای شود. در این روش، معمولاً پس از طراحی و تهیه نقشه‌های ساخت اسکلت، قسمتی از قطعات به همراه اتصالات آنها به ویژه محل‌های بحرانی سازه توسط جوش در محل کارخانه به صورت پیش‌ساخته و کنترل شده ساخته شده و در محل اجرا با پیچ و مهره به هم متصل می‌شوند. نصب قطعات در محل توسط پیچ و مهره از سرعت قابل ملاحظه‌ای برخوردار است. در اتصالات پیچ و مهره‌ای، تنش‌های پسماند به وجود آمده ناشی از جوشکاری و خطای نصب، به مراتب کمتر از اتصالات تمام جوشی است. در سازه‌های پیچ و مهره‌ای، امکان باز کردن مجدد اتصال به منظور ترمیم یا ایجاد تغییرات ثانویه میسر است.

الزامات و مشخصات مصالح و روش طراحی و اجرای این سیستم سازه‌ای باید بر اساس مبحث دهم مقررات ملی ساختمان ایران با عنوان "طرح و اجرای ساختمان‌های فولادی" باشد.

۲-۹- ساختمان‌های نیمه پیش‌ساخته با قاب‌های ساده مرکب فولادی- بتنی به همراه دیوار برشی بتن‌آرمه

ساختمان‌های نیمه پیش ساخته متشکل از قاب‌های ساده مرکب و دیوار بتن مسلح، نوعی سیستم سازه‌ای می‌باشد که در آن قاب ساختمانی ساده متشکل از ستون‌های مرکب بتنی- فولادی، تیرهای گرم نورد شده و دیوارهای برشی بتن مسلح می‌باشد. در این سیستم، قاب‌های ساختمانی ساده، وظیفه باربری ثقلی و دیوارهای برشی بتن مسلح نقش باربری جانبی را به عهده دارند. ستون‌ها دارای مقطع لوله‌ای شکل بوده و با خم کاری ورق‌های فولادی و جوشکاری مختص ورق‌های سرد نورد شده ساخته می‌شوند. داخل ستون‌های لوله‌ای شکل، با بتن پر شده و مقطع مرکب فولادی-بتنی حاصل خواهد شد.

تمامی اتصالات در این سیستم از نوع اتصالات ساده پیچی می‌باشند. در گره اتصال پای ستون و اتصالات تیر- ستون طبقات، لازم است با تقویت جداره ورق فولادی ستون، تمهیدات لازم جهت جلوگیری از لهیدگی یا چروکیدگی ورق ستون در این ناحیه به عمل آید.

سقف‌های این سیستم سازه‌ای، نوعی سقف مرکب بتنی- فولادی

مشتمل بر تیرچه‌های فلزی کرمیت، بلوک پلی استایرن منبسط شونده و دال بتن مسلح می‌باشد. در تمام تیرهای سقف، با تعبیه برشگیرهای فولادی از نیمرخ نبشی شکل بر روی بال فوقانی و در فواصل مناسب، پیوستگی لازم جهت یکپارچگی دال مرکب بتنی- فولادی و انتقال نیروی برشی زلزله از

طریق دیافراگم صلب سقف به سیستم قائم باربر جانبی (دیوار برشی بتن مسلح) تامین خواهد شد. اتصال تیرچه‌های کرمیت به تیرهای پیرامونی به صورت پیچی می‌باشد. آرماتورگذاری دال بتن مسلح مطابق با ضوابط مربوط به سقف‌های تیرچه—بلوک طراحی می‌شوند.

دیوارهای برشی بتن مسلح، با توجه به شکل پذیری مورد انتظار، طراحی شده و در صورت لزوم، اعضای مرزی نیز باید در دیوار تعبیه شود.

این سیستم در مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن، مورد ارزیابی قرار گرفته و کاربرد آن در حیطه الزامات ارائه شده، مجاز می‌باشد.

۲-۱۰- سیستم دیوار باربر بتن مسلح پیش ساخته اجرا شده با قالبهای مدولار

۲-۱۰-۱- روش اجرای سازه های بتنی سقف و دیوار با قالب یکپارچه

در این سیستم بتنی درجا، از دیوارها به عنوان عناصر باربر استفاده می‌شود و سقف‌ها نیز به صورت دال بتنی درجا ساخته می‌شود. با توجه به این نکته که تمامی دیوارهای خارجی و داخلی به طور همزمان اجرا می‌شوند و به نحو مناسبی با کف و سقف درگیر می‌شوند، دیوارها و دال‌های بتنی کف به‌صورت یک مجموعه واحد در مقابل نیروهای جانبی باد و زلزله عمل می‌کنند. این سیستم از شالوده بتنی درجا، دیوارها و سقف‌های بتنی اجراشده در محل کارگاه، قاب‌ها یا پیش قاب‌های درها و پنجره‌ها که قبل از بتن‌ریزی در دیوارها نصب می‌شود و مدارهای تاسیسات مکانیکی و الکتریکی کار گذاشته شده در دیوار و سقف، تشکیل می‌شود.

برای اجرای کلیه قسمت‌ها، قالب‌های یکپارچه فلزی که در آن تمام پیش‌بینی‌های لازم برای مسیرهای توزیع تاسیسات، در و پنجره و غیره به عمل آمده است، طراحی و ساخته می‌شود. دیوارها و سقف‌ها به صورت همزمان بتن‌ریزی می‌شود و پس از برداشت قالب، ساختمان، آماده نصب سرویس‌ها و رنگ و شیشه می‌باشد. به‌طور کلی تمام دیوارها، سقف‌ها و جداکننده‌ها از بتن مسلح بوده و پس از قالب‌برداری از بتن، هیچ‌گونه عملیات بنایی در آن صورت نمی‌گیرد.

این سیستم همانند یک خط تولید کارخانه‌ای عمل می‌کند، به این مفهوم که عملیات ساختمانی به بخش‌های کوچکتر تقسیم شده و تا حد ممکن از مزایای پیش‌ساختگی در این بخش‌ها بهره برده می‌شود، به همین دلیل تمامی اجزای کار با دقت، قابل پیش‌بینی و برنامه‌ریزی است. در این روش مراحل مختلف عملیات ساخت همچون آرماتوربندی، قالب‌بندی، بتن‌ریزی و غیره، به صورت متوالی انجام می‌شود. به منظور هماهنگی هرچه بیشتر جهت افزایش سرعت عملیات، تا حد ممکن بخش‌هایی از کار به صورت پیش ساخته در کارگاه‌های جداگانه، تهیه و با انتقال به محل کارگاه در موقعیت خود قرار می‌گیرد. این عمل سبب می‌شود تا حد امکان از تداخل عملیاتی جلوگیری و پیش‌نیازهای مراحل اجرایی رعایت شود. سرعت عملیات اجرایی را می‌توان متناسب با اهداف پروژه، با اضافه کردن تعداد قالب‌ها و نفرات آموزش دیده افزایش داد.

به طور کلی یکپارچه بودن سیستم سازه‌ای، اقتصادی بودن در ساخت پروژه‌های میان مرتبه، کنترل کیفیت مناسب در محل کارگاه، تعبیه سیستم تاسیسات مکانیکی و برقی درحین اجرای سازه و تسریع در عملیات اجرایی نسبت به روش‌های اجرای متداول، از برتری‌های این سیستم به شمار می‌روند. در عین حال نیاز به تجهیزات خاص و سنگین کارگاهی، محدود بودن دامنه فعالیت کارخانه به دلیل سنگینی قطعات، هزینه قابل ملاحظه اولیه در تولید قطعات قالب، زمان نسبتا قابل ملاحظه جهت عمل‌آوری بتن و باز نمودن قالب‌ها، نیاز به آموزش خاص پرسنل اجرایی و محدود بودن به سیستم‌های دیواری و سقفی را می‌توان از محدودیت‌های این سیستم برشمرد.

این روش اجرا در مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن، مورد ارزیابی قرار گرفته و کاربرد آن در حیطه الزامات ارائه شده، مجاز می‌باشد.

۲-۱۰-۳- سیستم قالب‌بندی ساختمان‌های بتن آرمه

سرعت قالب‌بندی در ساخت ساختمان‌های بتن مسلح، یکی از عوامل مهم و قابل تأمل در ارزیابی سرعت، کیفیت و هزینه یک پروژه محسوب می‌شود و هر چه با مدیریت و کنترل صحیح در اجرای سایر مراحل پروژه، بتوان قالب‌بندی را نیز سریعتر، دقیق‌تر و ساده‌تر انجام داد، قطعاً می‌توان سرعت اجرای پروژه را بهبود بخشید.

سیستم قالب‌بندی ساختمان‌های بتن مسلح، یکی از شیوه‌های سیستماتیک در اجرای صنعتی سازه‌های دیوار باربر بتن مسلح به شمار می‌رود. در این سیستم بتنی درجا، پس از قالب‌بندی یکپارچه فلزی، تمام دیوارهای خارجی و داخلی به طور هم‌زمان بتن‌ریزی و قالب‌بندی یکپارچه سقف انجام و سپس بتن دال سقف به صورت درجا اجرا خواهد شد. این سیستم از اجزای اصلی شالوده بتنی درجا، دیوارها و سقف‌های بتنی اجرا شده در محل کارگاه، قاب‌ها یا پیش‌قاب‌های درها و پنجره‌های کار گذاشته شده در دیوارها قبل از بتن‌ریزی آن‌ها و مدارهای تأسیسات مکانیکی و برقی کار گذاشته شده در دیوارها و سقف‌ها تشکیل می‌شود.

در این شیوه اجرایی، مدارهای توزیع تأسیسات مکانیکی و برقی، بازشوهای در، سقف و دیوارها، با توجه به نقشه‌های طراحی در هنگام قالب‌بندی یکپارچه فلزی پیش‌بینی می‌شود، به گونه‌ای که پس از بتن‌ریزی دیوارها و سقف‌ها به صورت جداگانه و قالب برداری، ساختمان آماده نصب سرویس، شیشه و نقاشی بوده و هیچ‌گونه عملیات بنائی در آن صورت نخواهد گرفت.

سازه حاصل از این روش اجرا، یک سازه بتن مسلح با دیوارهای باربر و برشی می‌باشد که انطباق و سازگاری کامل با آئین‌نامه‌ها و استانداردهای معتبر شناخته شده ملی یا بین‌المللی دارد. سازه مذکور را می‌توان در شرایط مختلف لرزه‌خیزی و اقلیمی کشور مورد استفاده قرار داد. اگر چه لازم است ضوابط خاصی را در نحوه میلگرد گذاری سازه و اتصالات آن، با توجه به میزان شکل‌پذیری مورد نیاز، در طول مراحل طراحی و اجرا به عمل آورد.

شایان ذکر است، با توجه به قابلیت‌های بتن مسلح در پاسخگویی به نیازهای ساختمان از نظر مباحثی مانند حریق، سیستم مذکور، یکی از گزینه‌های بسیار مطلوب به شمار می‌رود. ولی به منظور صرفه‌جویی در مصرف انرژی حتماً باید تمهیدات لازم برای عایقکاری حرارتی جداره‌های خارجی ساختمان به عمل آید. به هر حال کلیه ضوابط و الزامات مندرج در تمامی مباحث مقررات ملی ساختمان باید به طور کامل رعایت شود. هم‌چنین با توجه به صاف و هموار بودن سطح بتن پس از برداشت قالب‌ها، لازم است در صورت نیاز به اجرای نما و نازک کاری‌های متنوع، تمهیدات به خصوص برای این منظور انجام شود.

این روش اجرا، در مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن مورد ارزیابی قرار گرفته و کاربرد آن در حیطه الزامات ارائه شده، مجاز است.

۲-۱۰-۳- روش اجرای ساختمان‌های بتن مسلح با قالب‌های آلومینیومی

ساختمانهای بتن مسلح با سیستم دیوار باربر، از جمله ساختمانهائی هستند که استفاده از آنها براساس استاندارد ۲۸۰۰ ایران در تمام مناطق لرزه خیزی کشور مجاز است. با توجه به گستردگی استفاده از این سازه ها، تلاش می شود تا مشکلاتی که در اجرای این نوع ساختمانها ممکن است بوجود بیاید، با تدابیر مختلف برطرف شود تا این سیستم ساختمانی علاوه بر مورد تائید بودن از حیث رفتار سازه ای، از نظر اجرائی نیز مطلوب باشد.

یکی از مشکلات موجود در روش اجرای این ساختمانها، قالب بندی آنهاست که بعضا فرآیند زمانبری است و در کنار آن، در اغلب موارد با قالبهای سنگین سر و کار دارد. بر اساس مطالعات به عمل آمده، نوع جدیدی از قالبها به بازار صنعت ساختمان معرفی شدند که علاوه بر مدولار بودن و سهولت در نصب و اتصال، از جنس آلومینیوم بوده و به مقدار قابل توجهی در مقابل سایر قالبها سبک هستند.

استفاده از این نوع سیستم قالب بندی در صورت رعایت الزامات مربوطه چه در مورد مسائل اجرائی و چه در مورد مقاومت قالبها، مورد تائید این مرکز می باشد.

۲-۱۰-٤- سیستم قالب بندی ساختمان‌های بتن مسلح با استفاده از میز پرنده

سرعت و سهولت قالب‌بندی، یکی از عوامل مهم در بهبود سرعت اجرای سازه‌های بتن مسلح به شمار می رود. سیستم قالب‌بندی با استفاده از میز پرنده، علاوه بر سرعت بخشیدن به قالب‌بندی، امکان قالب‌بندی همزمان و موازی را در کل پروژه ایجاد می کند.

در این سیستم بتنی درجا، قالب‌بندی دیوارها به‌صورت معمول و با استفاده از قالب‌های دیواری انجام می‌شود. اما برای قالب‌بندی سقف، پس از اجرای دیوارها، از میزهای پرنده استفاده شده و دال بتن مسلح سقف اجرا خواهد شد. این میزها پس از قالب‌برداری توسط جرثقیل، از محل بازشوها، از سازه خارج می‌شوند.

سازه حاصل از این روش اجرایی، از نوع دیوار باربر بتن مسلح بوده و جزء سیستم‌های شناخته شده، و منطبق بر آئین‌نامه‌ها و استاندارد ملی یا بین‌المللی است. به علاوه سیستم مذکور دارای عملکرد لرزه‌ای مطلوبی است و می‌توان آن را در پهنه‌های مختلف لرزه‌خیزی کشور اجرا کرد.

با توجه به این‌که این روش اجرایی، سیستمی مشابه سیستم تونلی در دو جهت متعامد اصلی ساختمان ایجاد می‌کند، لازم است به منظور عملکرد بهتر باربری جانبی، دیوارهای برشی در هر دو جهت اصلی به میزان لازم تأمین شوند. قطعاً چنین نحوه توزیع دیوارهای بتن مسلح در پلان سازه، معماری خاصی را بر سیستم حاکم خواهد کرد. سقف‌های بتن مسلح در این سیستم نیز می‌تواند به صورت دال تخت یا تیرچه و بلوک، طراحی و اجرا شود.

در این سیستم، امکان تعبیه و پیش‌بینی مسیرهای توزیع تأسیسات مکانیکی و برقی در زمان میلگردگذاری و پیش از بتن‌ریزی سازه وجود دارد.

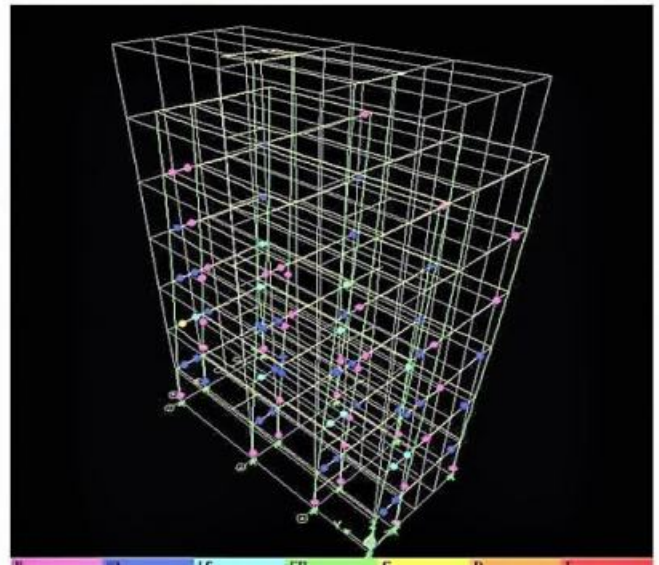
این روش اجرا، در مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن مورد ارزیابی قرار گرفته و کاربرد آن در حیطه الزامات ارائه شده مجاز است.

انواع سیستم های سازه ای برای تولید صنعتی ساختمان

۲-۱۱- سیستم بتنی قاب خمشی پیرامونی و دال تخت

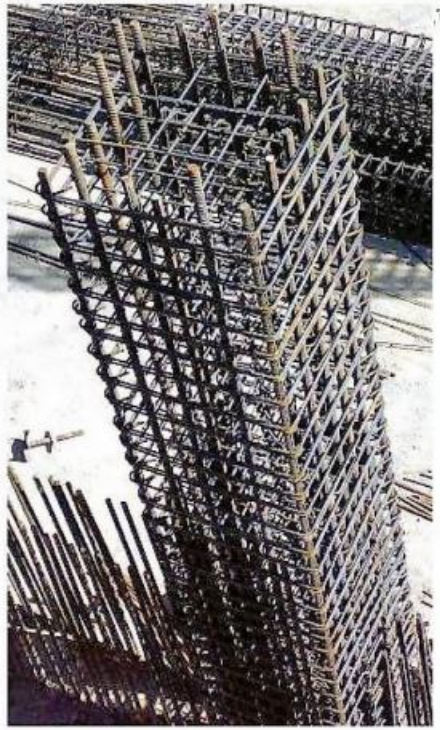
سیستم بتنی قاب خمشی پیرامونی و دال تخت، مبتنی بر بکارگیری تیرهای با ارتفاع بلند و ستون‌های عریض در پیرامون ساختمان به منظور جذب و انتقال نیروهای ناشی از زلزله به فونداسیون است که از دال تخت و ستون‌های میانی برای انتقال نیروهای ثقلی استفاده می‌شود. به این ترتیب سطح زیرین دال سقف یکپارچه و تخت شده و اهداف زیر حاصل می‌شود:

- حذف تیرهای میانی، استفاده از قالب‌های یکپارچه با ابعاد بزرگ را مقدور ساخته و سرعت اجرا را افزایش می‌دهد.
- آرماتورگذاری تیرها فقط در پیرامون ساختمان صورت می‌گیرد.

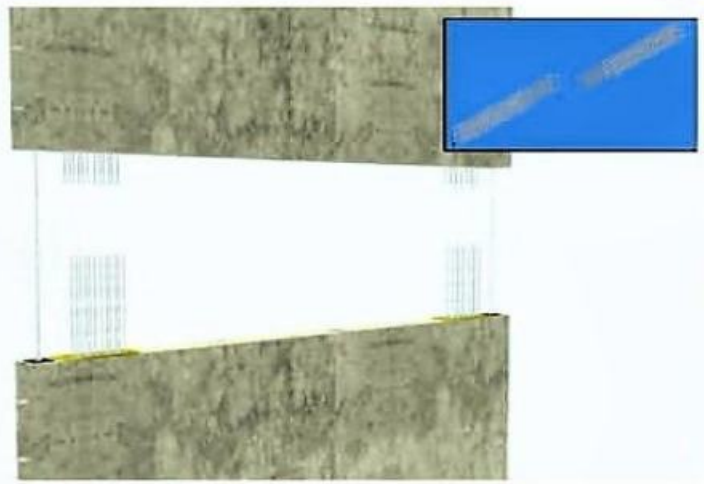


- دال تخت سقف به وسیله شبکه‌هایی از میلگردهای فولادی به سرعت آرماتورگذاری می‌شود.
- سطح صیقلی زیر دال‌ها، عملیات نازک‌کاری را به میزان قابل توجهی کاهش می‌دهد.

این سیستم ساختمانی در مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن بررسی شده و کاربرد آ



۲-۱۲- سیستم دیوارها و سقف‌های بتن مسلح پیش‌ساخته توخالی (سیستم داموس)



سیستم داموس در دسته‌بندی سیستم‌های پیش‌ساخته بتن مسلح قرار می‌گیرد. این سیستم متشکل از دیوارها و سقف‌های بتن‌آرمه پیش‌ساخته توخالی است. در این سیستم، دیوارها علاوه بر تحمل بارهای مرده و زنده وارده از طریق سقف‌ها، بارهای جانبی را نیز تحمل می‌نمایند. قطعات پیش ساخته از کارخانه به کارگاه منتقل شده و به کمک اتصالات تر (درجا) به هم متصل می‌شوند. اتصال دیوارها به یکدیگر در ارتفاع به صورت پیوسته نبوده و تنها از طریق المان‌های مرزی تعبیه شده در دو انتهای دیوارها صورت می‌گیرد. بخش‌های درجای سیستم شامل شالوده، کلاف‌های افقی بالای دیوارها در محل اتصال به سقف‌ها، کلاف‌های قائم تعبیه شده در محل تقاطع دیوارها و اعضای مرزی بتن مسلح دو انتهای دیوارها جهت اتصال دیوارها در ارتفاع می‌باشد.

این روش اجرا، در مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن، مورد ارزیابی قرار گرفته و کاربرد آن در حیطه الزامات ارائه شده، مجاز می‌باشد.

۲-۱۳- سیستم دیوارهای توپر و سقف‌های با هسته توخالی بتن مسلح پیش ساخته

این سیستم سازه‌ای، متشکل از دیوارهای توپر بتن مسلح است که بنا به ضوابط و نیازهای معماری پروژه طراحی و تولید می‌شود. مقطع عرضی این دیوارها ممکن است در طول ارتفاع، با توجه به نیاز به تامین بازشو و یا طاقچه، متغیر باشد. در دو انتهای دیوارها نیمدایره‌های توخالی به نحوی تامین شده‌است که با قرارگرفتن دو پانل دیواری در کنار یکدیگر، امکان تعبیه کلاف را فراهم می‌کند. سقف این سیستم از نوع سقف‌های با هسته توخالی بتن مسلح پیش‌ساخته می‌باشد و لازم است کلیه ضوابط مربوط به طرح و اجرای آن‌ها مدنظر قرار گیرد.

این سیستم در زمینه‌های سازه و زلزله، انرژی، حریق و آکوستیک در این مرکز مورد بررسی قرار گرفته و کاربرد آن در حیطه الزامات تدوین‌شده مجاز می‌باشد.

۲-۱۴- سیستم ساختمانی ترونکو

سیستم ساختمانی ترونکو برای ساختمان‌های با ارتفاع یک الی دو طبقه طراحی شده است. این سیستم متشکل از قاب‌های ساختمانی ساده با اعضای فلزی سرد نورد شده شامل اعضای قائم با مقاطع مختلف مانند: L شکل، Ω شکل و ...، تیرهای قوطی شکل و بادبندی‌های ضربدری که در دیوارهای ساختمان نصب می‌شوند، می‌باشد. سقف این سیستم متشکل از لوله‌های فلزی متالوگ به همراه دال بتن‌آرمه فوقانی است. لوله‌های متالوگ، لوله‌های فلزی گالوانیزه با قطر ۲۰۶ میلی‌متر و ضخامت ۰/۵۳ میلی‌متر بوده که به عنوان پرکننده سقف طراحی شده است و نقش قالب‌بندی برای دال بتنی سقف را ایفا می‌کند. در دیوارهای داخلی و خارجی این ساختمان، لازم است تمهیدات کافی جهت تامین مباحث سوم، هجدهم و نوزدهم مقررات ملی ساختمان ایران با عنوان حفاظت

ساختمان‌ها در برابر حریق، عایق‌بندی و تنظیم صدا و صرفه‌جویی در مصرف انرژی در نظر گرفته شود.

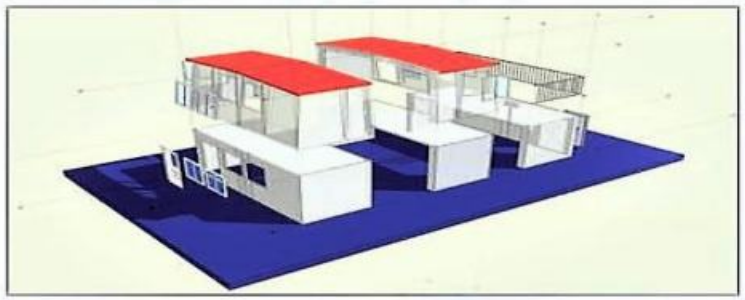
این روش اجرا، در مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن، مورد ارزیابی قرار گرفته و کاربرد آن در حیطه الزامات ارائه شده، مجاز می‌باشد.

۲-۱۵- سیستم سازه‌های بتن‌مسلح پیش‌ساخته مدولار سه‌بعدی

سیستم سازه‌های بتن مسلح پیش‌ساخته مدولار سه‌بعدی یا سیستم خانه‌سازی مدولار جعبه‌ای، یک سیستم ساختمانی کامل است که از مدول‌های جعبه‌ای شامل دیوار و سقف تشکیل‌شده است. این مدول‌ها به دو صورت در کارخانه تولید و به کارگاه منتقل می‌شوند و پس از سرهم‌بندی مدول‌ها یک ساختمان کامل را تشکیل می‌دهد. مدول‌های اصلی این سیستم عبارتند از مدول میانی، شامل دو دیوار پیرامونی و سقف و مدول انتهائی، شامل سه دیوار پیرامونی و سقف. نکته قابل توجه در این خصوص امکان اجرای سقف شیبدار برای این ساختمان‌ها می‌باشد.

به دلیل اینکه مصالح مورد استفاده در این سیستم ساختمانی، بتن و فولاد معمولی می‌باشد، لذا عملکرد این سیستم در خصوص انرژی، حریق و آکوستیک مشابه عملکرد سازه‌های بتن مسلح مرسوم بوده و کلیه تمهیداتی که در مورد آن‌ها به کار گرفته می‌شود، می‌بایست در مورد این سیستم نیز رعایت شود.

سیستم سازه‌های بتن مسلح پیش‌ساخته مدولار سه‌بعدی در زمینه‌های سازه و زلزله، انرژی، حریق و آکوستیک در این مرکز مورد بررسی و تائید قرار گرفته‌است و اجرای آن در حیطه الزامات تعیین‌شده مجاز می‌باشد.



انواع سیستم های سازه ای برای تولید صنعتی ساختمان

۲-۱۶- سیستم ساختمانی متشکل از پانلهای ساندویچی بتن سبک با تکنولوژی JK Structure

ساختمانهائی که به شیوه ساخت JKStructure تولید می شوند، از دیوارهای خارجی، دیوارهای داخلی و سقفهای تشکیل یافته از پانلهای مشبک سه بعدی (مشابه 3D) تشکیل می شوند. این پانلهای مشبک از

ورقهای گالوانیزه با ابعاد ۸×۱۲۰×۳۰۰ و ضخامت ۱.۷ میلیمتر که به روشهای خاصی برشکاری می شوند، ساخته می شوند. در این پانلها همچنین، تیرچه های فلزی افقی و عمودی بشکل خرپا به طول ۳۰۰ سانتی متر و ارتفاع ۷ و ۸ سانتی متر (که از میلگردهای دوبل با قطر ۴.۵ میلیمتر ساخته شده اند) تعبیه شده است. زمانی که اجزاء فلزی پانل به یکدیگر متصل شد و در صورت نیاز میلگردهای تقویتی نیز بنا به محاسبات در محلهای مورد نیاز قرار گرفت، نسبت به تزریق بتن در پانل مشبک اقدام می شود. این سیستم در مقایسه با سیستمهای مشابه که الزامات و محدودیتهای مشابهی دارند، سبکتر بوده و بتن ریزی همزمان سازه پس از سوار کردن پانلها در کنار یکدیگر، در نهایت به یک سیستم یکپارچه منجر می شود. این سیستم سازه در زمینه های مختلف انرژی، حریق و آکوستیک و مباحث سازه و زلزله در این مرکز مورد بررسی قرار گرفت و به شرط برآورده کردن الزامات زیر مورد تائید قرار گرفت.

انواع سیستم های سازه ای برای تولید صنعتی ساختمان

۲-۱۷- سیستم خانه‌های پیش‌ساخته سریع‌النصب دادو

این سیستم از نوع قاب‌های ساده فولادی سرد نورد شده با مهاربندی‌های هم‌محور فولادی است. این نوع ساختمان‌های پیش ساخته فولادی سبک (Light Weight Steel Frame) به صورت اجرای خشک و عمدتاً با استفاده از اتصالات پیچی و به روش تولید صنعتی بکار گرفته می‌شوند. این سیستم ساختمانی در زمینه‌های سازه، انرژی، حریق و آکوستیک در مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن بررسی شده و کاربرد آن در حیطه الزامات تدوین شده مورد تأیید می‌باشد.

الزامات سیستم خانه‌های پیش‌ساخته سریع‌النصب دادو

استفاده از این سیستم به عنوان قاب ساده فولادی سرد نورد شده با مهاربندی‌های هم‌محور فولادی، به شرط رعایت کلیه الزامات زیر برای ساختمان‌های یک طبقه با حداکثر ارتفاع ۴/۵ متر از تراز پایه در کلیه پهنه‌های لرزه‌خیزی کشور، بلامانع است.

۱- رعایت مشخصات فولاد سرد نورد شده بر اساس استاندارد ASTM الزامی است.

۲- بارگذاری ثقلی و کنترل سازه در مقابل بارهای جانبی مطابق مبحث ششم مقررات ملی ساختمان ایران با عنوان "بارهای وارد بر ساختمان" انجام شود.

۳- طراحی سازه‌ای کلیه اعضا و اتصالات بر اساس آخرین ویرایش استاندارد AISI و طرح لرزه‌ای آن بر اساس آخرین ویرایش آئین‌نامه ASCE ۷ و استاندارد ۲۸۰۰ ایران انجام شود. در سایر موارد مانند: طراحی شالوده رعایت مقررات ملی ساختمان ایران الزامی است.

۴- لازم است سقف‌ها تنها به صورت شیب‌دار با رعایت تمهیدات لازم از نظر مهاربندی جانبی دیافراگم سقف اجرا شوند.

۵- کلیه اتصالات سازه‌ای در محل نصب اسکلت، با پیچ و مهره انجام شوند.

۶- برای جوشکاری اعضای سرد نورد شده، رعایت استانداردهای AISI و آئین‌نامه‌های AWS و AISC الزامی است.

۷- ضوابط مربوط به اجزای اتصالی شامل پیچ خودکار و پیچ و مهره باید مطابق آئین‌نامه AISC و استاندارد AISI در نظر گرفته شود.

۸- رعایت تمهیدات لازم جهت محدود نمودن جمع‌شدگی و تغییرشکل‌های انقباضی ناشی از انبساط و انقباض حرارتی مربوط به بتن سبک مورد استفاده در جداره‌ها، مطابق با استانداردهای معتبر ملی یا بین‌المللی الزامی است.

۹- در شرایط مختلف اقلیمی و محیط‌های خورنده ایران، رعایت تمهیدات لازم از نظر دوام و پایایی اعضای فلزی ضروری است.

۱۰- در اجرای پوشش‌های نازک‌کاری و نماسازی باید تمهیدات لازم جهت اتصال آنها به اجزا و قطعات فلزی زیرکار در نظر گرفته شود.

۱۱- کلیه مصالح و اجزا در این سیستم اعم از معماری و سازه‌ای از حیث دوام و مسائل زیست محیطی باید بر مبنای مقررات ملی ساختمان ایران و یا آئین‌نامه‌های معتبر بین‌المللی بکار گرفته شوند.

۱۲- الزامات مربوط به انرژی باید مطابق مبحث نوزدهم مقررات ملی ساختمان ایران با عنوان "صرفه جویی در مصرف انرژی" رعایت شود.

انواع سیستم های سازه ای برای تولید صنعتی ساختمان

۲-۱۸- سازه‌های صدفی

این سیستم سازه‌ای از نوع بتن آرمه و یک طبقه می‌باشد. در این سیستم، سقف به شکل گنبدی بوده که بر روی پایه‌های دیواری بتنی قرار می‌گیرد و پوسته پیوسته‌ای را تشکیل می‌دهد. دهانه گنبد بین ۱۰ تا ۱۴ متر متغیر بوده و ضخامت پوسته بتنی گنبد بین ۱۵ تا ۲۰ سانتی‌متر می‌باشد. پوسته گنبدی شکل به لحاظ تحمل بارهای ثقلی و جانبی وارده، دارای عملکرد سه بعدی بوده و نیازمند محاسبات سازه‌ای پیچیده‌ای است. ضخامت زیاد پوسته به لحاظ سازه‌ای مورد نیاز نیست و سقف‌های گنبدی را می‌توان با ضخامت‌های کمتری به لحاظ تئوری سازه‌ای طراحی نمود لیکن ملاحظات اجرایی، عایق‌بندی حرارتی و همچنین امکان میلگردگذاری در دو لایه (به لحاظ جلوگیری از ترک‌های حرارتی و افت) موجب افزایش ضخامت آن می‌شود.

این سیستم در مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن بررسی شده و کاربرد آن در حیطه الزامات تدوین شده مورد تایید است.

انواع سیستم های سازه ای برای تولید صنعتی ساختمان

۲-۱۹- قاب های خمشی پیش ساخته خاص

۲-۱۹-۱- سیستم ساختمان‌های بتن مسلح پیش‌ساخته با فناوری R-PC

فناوری ساختمانی (سازه‌های) بتن مسلح پیش‌ساخته به روش R-PC، فناوری روز کشور ژاپن است که با تولید داخلی اجزاء اتصالات، میلگردهای پرمقاومت، بتن‌های کارگاهی با مقاومت بالا و پانل‌های سرامیکی مخصوص نما، بطور کامل بومی سازی شده‌است. مزیت بزرگ این فناوری عدم محدودیت در پلان و ارتفاع ساختمان بوده و برای سازه‌های مختلف با هر نوع کاربری قابل استفاده است. در این روش ساخت اتصال قطعات اصلی یعنی ستون‌ها، تیرها و دیوارهای برشی با هر نوع کاربری قابل استفاده است. در این اتصال که میلگردها پیوستگی لازم را بدست می‌آورند، اتصال مابین قطعات پیش‌ساخته ستون‌ها و تیرها و همچنین بخش فوقانی اتصال تیرها با سقف پیش‌تنیده با بتن درجا،

یکپارچگی سازه را تضمین می کند. از مزیت‌های اصلی این فناوری، سرعت اجرای زیاد (یک طبقه در سه روز)، مصرف کمتر مصالح، کنترل کیفیت آسانتر و سازگاری با محیط زیست و تقاضای کارفرماست. زلزله‌های بزرگ رخ داده در ژاپن و بخصوص زلزله ویرانگر کوبه، نشان داد که این نوع ساختمانها بطور کامل در مقابل نیروهای بزرگ زلزله پایدار و سالم باقی مانده‌اند.

۲-۱۹-۲- قاب خمشی ویژه بتن مسلح پیش ساخته با اتصالات دوگانه

یکی از عوامل تعیین‌کننده و گاه محدودکننده در اجرای ساختمان‌های بتنی به ویژه ساختمان‌های پیش ساخته، اتصالات این نوع سازه‌ها می‌باشد. با توجه به اهمیت اتصالات در دستیابی به عملکرد مطلوب و قابل قبول قاب‌های ساختمانی، تلاش می‌شود تا تمامی موانع و محدودیت‌های موجود در شیوه‌های مرسوم اجرای اتصالات مورد ارزیابی قرار گیرد و به شیوه‌های مختلف بهبود و یا اصلاح شود. اتصالات گیردار دوگانه نوعی جدید از اتصالات هیبریدی در سازه‌های بتنی پیش‌ساخته هستند که ضمن بالا بردن اطمینان از عملکرد اتصالات، دستیابی به یک اتصال مناسب را نیز سهولت می‌بخشند، هم‌چنین استفاده از این اتصال میتواند شرایط مربوط به قاب‌های بتنی مسلح با شکل‌پذیری ویژه را تامین نماید. آنچه در این زمینه قابل توجه است این است که، استفاده از این اتصال به تنهائی، اهداف مربوطه را تامین نمی‌نماید و لازم است در کنار این اتصالات، تغییراتی نیز ساختار کلی سازه از جمله سقف‌ها اعمال شود.

رفتار کلی این گونه از اتصالات در این مرکز مورد بررسی قرار گرفته و شرایط استفاده از آن در سازه‌ها در قالب الزامات مربوطه اشاره‌شده است. بدیهی است استفاده از این اتصال در قاب‌های خمشی با شکل‌پذیری ویژه با رعایت الزامات مذکور مجاز است.

الزامات قاب خمشی ویژه بتن مسلح پیش ساخته با اتصالات دوگانه

شایان ذکر است تائیدیه فنی ارائه شده فقط در مورد مدارک فنی – محاسباتی شرکت در خصوص طراحی این سیستم سازه‌ای بوده و مسائل مربوط به مشخصات مصالح (کابل‌ها، غلاف‌ها، گروت و ...) و کیفیت اجرا را شامل نمی‌شود.

۱- استفاده از این سیستم سازه‌ای به عنوان قاب خمشی ویژه بتن مسلح پیش‌ساخته با اتصالات هیبریدی پس کشیده، در تمام پهنه‌های لرزه‌خیزی کشور مشروط بر رعایت ضوابط زیر مجاز است.

۲- طراحی، ساخت، نصب اعضاء و اتصالات بر اساس آئین‌نامه ACI318-08 به ویژه فصل ۲۱ این آئین‌نامه، آئین‌نامه ACI T1.2-03، ACI T1.1-01 و راهنمای طراحی PCI-04 الزامی است.

۳- قبل از آغاز به طراحی، ساخت و عملیات اجرایی با این سیستم، باید بر اساس آئین‌نامه ACI T1.2-03 نمونه‌هایی از اتصالات با توجه به مصالح موجود در کشور، از جمله بتن، غلاف، کابل و میلگرد ساخته شده و مطابق ضوابط آئین‌نامه ACI T1.1 و یا ACI 374 مورد آزمایش قرار گیرد و صحت عملکرد اتصالات آن به تائید مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن برسد.

۴- طرح لرزه‌ای این سیستم سازه‌ای باید مطابق با استاندارد ۲۸۰۰ یا سایر آیین‌نامه‌های معتبر لرزه‌ای بین‌المللی انجام گیرد.

۵- حداکثر دهانه مجاز ساختمان ۷ متر می‌باشد(دهانه های بزرگتر به صورت موردی باید به تایید مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن رسانده شود.).

۶- توصیه می شود که ساختمان در ارتفاع و پلان منظم باشد.

۷- سازه باید در تمام دهانه‌ها در دو جهت متعامد اصلی ساختمان دارای تیر باشد.

۲-۲۱- سیستم ساختمانی بلوک‌های خشتی مسلح با تکنولوژی HABITECH

این سیستم ساختمانی، متشکل از دیوارهای باربر مسلح و یک سیستم ساختمانی با مصالح بنایی می‌باشد. در این سیستم از بلوک‌های خشت تثبیت شده در ساخت دیوارهای باربر مسلح استفاده می‌شود. این سیستم ساختمانی می‌تواند، به عنوان راه حلی در تامین مسکن روستایی ارزان و مقاوم در نظر گرفته شود. به طور کلی طبق استاندارد ۲۸۰۰ ایران، استفاده از بناهای سنتی و خشتی صرفاً در مناطق دور دست که امکان فراهم آوردن مصالح مقاوم به سادگی میسر نمی‌باشد و با رعایت دستورالعمل‌های فنی ویژه که ایمنی نسبی این بناها را تامین گرداند، مجاز می‌باشد. با توجه به شکل و هندسه بلوک‌ها در این سیستم، ظرفیت‌های مناسبی به منظور مقاوم‌سازی و تامین یکپارچگی در سیستم مشاهده می‌شود. از جمله این ظرفیت‌ها می‌توان به حفرات تعبیه شده در داخل بلوک‌ها به منظور امکان تامین تسلیح و یکپارچه نمودن اعضاء، امکان فقل و بست بلوک‌ها در یکدیگر با استفاده از کام و زبانه‌های تعبیه شده و همچنین امکان ایجاد کلاف‌های افقی با استفاده از بلوک‌های U شکل اشاره نمود. در این سیستم به دلیل استفاده از مصالح در دسترس و همچنین امکان تولید بلوک‌ها در محل اجرای پروژه از سادگی و سهولت لازم اجرایی در کنار مقاومت مورد نیاز در مسکن روستایی می‌باشد. این سیستم ساختمانی در مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن مورد بررسی قرار گرفته و استفاده از آن در محدوده الزامات ارائه شده مجاز است

انواع سیستم های سازه ای برای تولید صنعتی ساختمان

آشنایی با فن آوری های نوین ساختمانی کشور، دارای تاییدیه فنی از مرکزتحقیقات ساختمان ومسکن

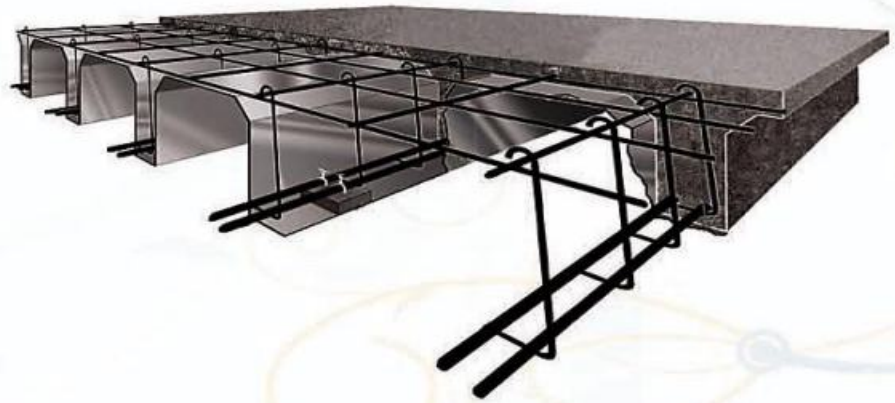
- **سقف ها**

1. سقف بتنی سیاک
2. دال مرکب فولادی بتنی
   - دال مرکب فولادی- بتنی
   - تیرچه های فولادی با جان باز در ترکیب با بتن
3. سقف مجوف بتن مسلح با استفاده ازبلوک های توخالی ماندگار
   - سقف مجوف بتن مسلح با استفاده ازبلوک های توخالی ماندگار ازجنس پلی پروپیلن
   - سقف کوبیاکس
4. سقف بتنی پیش تنیده پس کشیده
5. سقف های مجوف پیش ساخته پیش تنیده(Hollow Core Slabs)
6. سقف دال های نیمه پیش ساخته بتن مسلح Double Tee

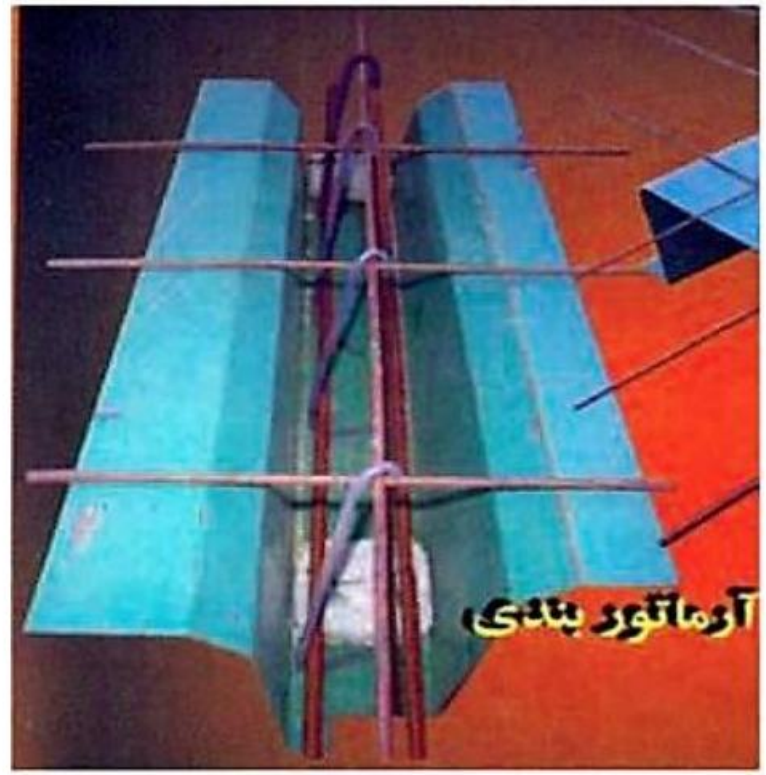
انواع سیستم های سازه ای برای تولید صنعتی ساختمان
سقف ها

٤-١- سقف سیاک

سقف سیاک، یک شیوه اجرای سقف‌های بتن مسلح تیر و دال یک طرفه می‌باشد. در این شیوه پیش از بتن‌ریزی، قالب‌های فلزی تیرچه‌ها با توجه به ابعاد و فواصل محاسبه شده، در کنار هم قرار می‌گیرند. پیش از بتن‌ریزی لازم است، شمع‌های چوبی یا آهنی اجرا و آرماتورگذاری لازم در تیرچه‌ها و دال انجام شود. این روش، با حذف اجرای بلوک‌های سفالی یا سیمانی پرکننده بین تیرچه ضمن کاهش وزن سقف، نشت شیرابه بتن را از فواصل تیرچه‌ها به حداقل می‌رساند و در نتیجه موجب ارتقاء کیفیت بتن اجرا شده می‌شود. در این روش با اجرای لوله‌های پلیکا پیش از بتن‌ریزی، حفراتی در مقطع عرضی تیر، به منظور فراهم شدن امکان عبور لوله‌های



تاسیساتی و برقی ایجاد می‌شود. به این ترتیب زمینه اجرای تاسیسات در فواصل خالی زیر سقف و مابین تیرچه‌ها فراهم می‌شود و در نتیجه با حذف اجرای تاسیسات روی سقف و زیر سازی‌های مربوطه، ضخامت سقف کاهش می‌یابد. کاهش ضخامت سقف، موجب کاهش وزن تمام شده سقف شده و از طرف دیگر به دلیل عدم تماس لوله‌ها با مصالح ساختمانی موجب افزایش طول عمر لوله‌های تاسیساتی و برقی می‌شود. در این شیوه اجرا لازم است تمهیداتی برای اجرای سقف کاذب گچی یا بتنی به صورت درجا در نظر گرفته شده است.



٤-٢- دال مرکب فولادی - بتنی

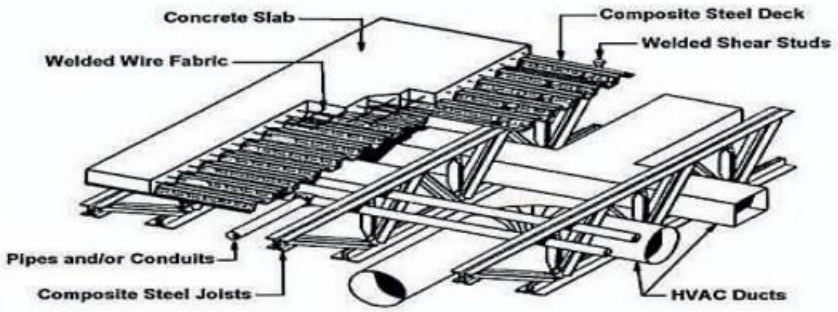
٤-٢-١- دال مرکب فولادی - بتنی

سیستم دال مرکب فولادی-بتنی، یکی از اقتصادی‌ترین روش‌های ساخت سقف شناخته شده‌است. این سقف از مقاطع مختلط دال بتن مسلح بر روی ورق‌های ذوزنقه‌ای که به تیرها و شاهتیرهای فولادی متصل می‌شوند، تشکیل شده است.

عملکرد مختلط دال بتن مسلح فوقانی و ورق فولادی ذوزنقه‌ای تحتانی، نقش به سزائی در تامین صلبیت سقف و رفتار برشی مطلوب آن خواهد داشت.

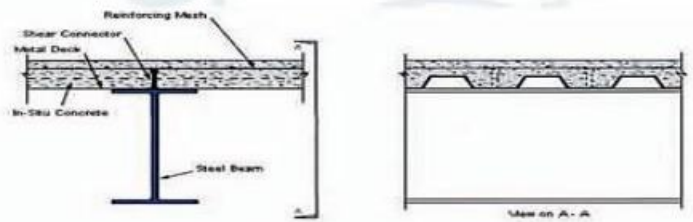
چنانچه در این نوع سقف از تیرچه با جان مشبک استفاده شود، می‌توان تاسیسات مکانیکی و برقی را به آسانی در زیر سقف تعبیه کرد. لذا امکان دسترسی به تاسیسات، در مواقع بروز مشکل و خرابی احتمالی، ممکن خواهد شد.

این سقف‌ها در مقایسه با سقف‌های مرسوم در اسکلت‌های معمولی، از وزن کمتری برخوردار بوده و بویژه با ساختمان‌های ساخته شده از فولاد



سرد نورد شده LSF همخوانی دارد. لذا عمده‌ترین کاربرد این سقف‌ها در سازه‌های فولادی اعم از سرد یا گرم نورد شده می‌باشد.

این سقف در مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن مورد بررسی و ارزیابی قرار گرفته و کاربرد آن در حیطه الزامات ارائه شده، مجاز است.



٤-٢-٢- تیرچه‌های فولادی با جان باز در ترکیب با بتن

سقف‌های تیرچه فولادی با جان باز در ترکیب با بتن، از اجزای اصلی به شرح زیر تشکیل می‌شوند که استفاده از این سیستم در صورت رعایت الزامات تدوین شده در این مرکز بلامانع است:

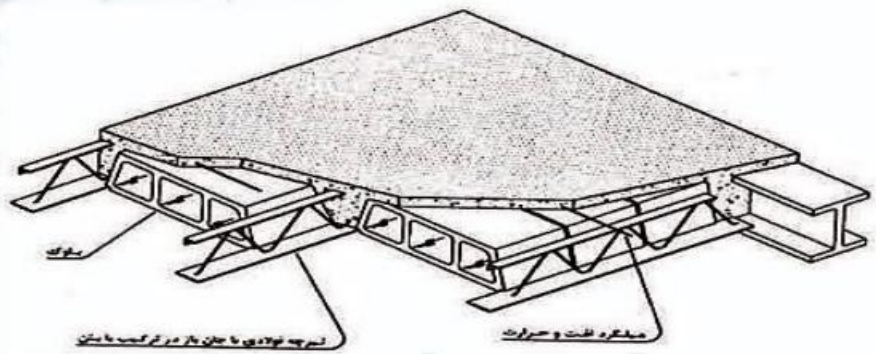
۱- تیرچه فولادی با جان باز
۲- بلوک
۳- میلگرد افت و حرارت
۴- کلاف عرضی
۵- بتن پوششی درجا

تیرچه‌های فولادی با جان باز شامل بال تحتانی، اعضای قطری و بال فوقانی می‌باشند که اعضای پیش ساخته‌ای هستند که به صورت خرپاهای ویژه دو سر ساده‌ای برای توزیع یکنواخت بار سقف به تکیه‌گاه‌ها به کار می‌روند. بال تحتانی تیرچه که از تسمه ساخته شده به عنوان عضو کششی خرپا عمل می‌کند. اعضای قطری تیرچه که از میلگرد می‌باشند به عنوان عضو مورب خرپا عمل نموده و به کمک اعضای فشاری و کششی، ایستایی لازم را برای تحمل بارهای وارده تامین می‌نمایند. بال فوقانی تیرچه، از نبشی، تسمه یا ناودانی ساخته شده و در داخل بتن پوششی قرار می‌گیرد. در سقف حاصله، بال فوقانی و جان تیرچه‌ها در بتن محاط بوده و به صورت یکپارچه به عنوان یک مقطع مرکب T شکل بتن‌آرمه عمل می‌نماید.

از بلوک‌های توخالی سفالی، سیمانی و یا از انواع مصالح سبک مناسب، برای پر کردن فضاهای خالی بین تیرچه‌ها و به عنوان قالب زیرین بتن پوششی درجا استفاده می‌شود بعلاوه قسمت زیرین بلوک معمولاً برای تامین سطحی صاف به منظور انجام نازک‌کاری ساخته می‌شود.

برای مقابله با تنش‌های ناشی از افت و تغییرات دما، میلگردهای افت و حرارت در جهت عمود بر تیرچه‌ها در قسمت بالایی سقف نصب می‌شوند.

برای تامین یکپارچگی سیستم، استفاده از کلاف عرضی در این سقف الزامی است که شامل دو میلگرد به قطر حداقل ۱۲ میلی‌متر است. یک میلگرد روی بال تحتانی و یک میلگرد در زیر یا روی بال فوقانی به موازات هم به صورت عمود بر تیرچه‌ها به آنها جوش می‌شود.



٤-٣- سقف مجوف بتن مسلح با استفاده از بلوک تو خالی ماندگار

٤-٣- ١- سقف مجوف بتن مسلح با استفاده از بلوک تو خالی ماندگار از جنس پلی پروپیلن

سقف‌های بتن مسلح به دلیل نیاز به کنترل تغییر شکل‌ها و ترک‌ها، بسیار مورد توجه و گاه محدود به دهانه‌های کوچک می‌شوند. حال اگر بتوان مقطع سقف‌های بتن مسلح، به‌ویژه دال‌ها، را به نحوی بهبود بخشید که بتواند علاوه بر تأمین ضوابط کنترلی، در دهانه‌های بزرگ نیز مجاز به

استفاده باشد و هم‌چنین در مقایسه با دال‌های مشابه از وزن کمتری برخوردار باشد، می‌توان به شیوه جدیدی در روش اجرای دال‌های بتن مسلح دست یافت.

سقف‌های مجوف بتن مسلح، از دولایه بتن مسلح تشکیل شده است که در بالا و پائین دال و بطور گسترده قرار می‌گیرد و حدفاصل این دو لایه با محصولی به نام U-BOOT ، که از جنس پلی اتیلن می‌باشد، پر شده است. این محصول همانند بلوک‌های سفالی یا پلی استایرنی دارای هندسه‌ای مکعبی اما مجوف می‌باشد که با توجه به نیاز پروژه و محاسبات طراحی، ابعاد مختلفی دارند.

در روند اجرای دال‌های مجوف با استفاده از U-BOOT، پس از آرماتورگذاری لایه زیرین، U-BOOT ها کنارهم روی شبکه آرماتور زیرین قرار گرفته و پس از قرارگیری آرماتورهای برشی میانی و همچنین آرماتوربندی لایه فوقانی، بتن‌روئی ریخته می‌شود. در نهایت مقطع دال به‌صورت I شکل در آمده و عملکرد بهتری نسبت به مقطع مستطیل کامل خواهد داشت.

آن‌چه جزء مزایای این دال شمرده می‌شود، عدم حضور تیر در دال حاصله می‌باشد که البته با توجه به نیاز طراحی، ممکن است تمهیدات خاصی جهت تأمین تیرهای پنهان انجام شود.

همچنین از آن‌جا که در برخی از پروژه‌های بزرگ، لزوم درنظرگرفتن فواصل زیاد ستون‌ها و امکان تعبیر دهانه بزرگ برای تأمین پارکینگ در ساختمان وجود دارد، می‌توان این سقف را به عنوان گزینه مناسبی برای اجرا در چنین پروژه‌هائی معرفی کرد.

در مورد این سقف‌ها آنچه مورد اهمیت است امکان اجرای تأسیسات، نحوه دسترسی به آن‌ها و بهره‌گیری از فضای مجوف بلوک‌ها است که بنا به نیاز پروژه و نظر طراح تأمین می‌شود.

این سقف در زمینه‌های انرژی، حریق، آکوستیک و سازه در مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن بررسی شده و در حیطه الزامات مربوطه مورد تأیید می‌باشد.

٤-٣-٢- سیستم سقف کوبیاکس (Cobiax)

سقف‌های بتن‌مسلح به دلیل نیاز به کنترل تغییرشکل‌ها و ترک‌ها، بسیار مورد توجه و گاه محدود به دهانه‌های کوچک می‌شوند. حال اگر بتوان مقطع سقف‌های بتن‌مسلح، به ویژه دال‌ها را به نحوی بهبود بخشید که بتواند علاوه بر تامین ضوابط کنترلی، در مقایسه با دال‌های مشابه از وزن کمتری برخودار باشند، می‌توان به شیوه جدیدی در روش اجرای دال‌های بتن مسلح دست یافت.

با توجه به آنکه در دال‌های بتنی دو طرفه، معمولاً از نظر تحمل نیروی برشی مشکلی وجود ندارد، اصول طراحی این نوع سقف، بر مبنای حذف قسمتی از بتن میانی و ایفای عملکرد دال دو طرفه می‌باشد به نحوی که یک دال بتنی حاوی حفره‌های ناشی از حضور گوی‌های کروی توخالی فراهم می‌شود. سقف‌های مجوف بتن مسلح کوبیاکس (Cobiax)، از دولایه بتن مسلح تشکیل شده است که در بالا و پایین دال و بطور گسترده قرار می‌گیرد و حد فاصل این دو لایه با گوی‌های کروی شکل از جنس پلی پروپیلن پر می‌شود. که با توجه به نیاز پروژه و محاسبات طراحی، ابعاد مختلفی دارند.

در روند اجرای سیستم سقف کوبیاکس، ابتدا پس از آرماتورگذاری لایه زیرین، قفسه‌هایی از گوی‌های کروی شکل با فاصله کنار هم روی شبکه آرماتور زیرین قرار گرفته و پس از آرماتوربندی لایه فوقانی، بتن روئی

ریخته می‌شود. در نهایت مقطع دال به صورت I شکل با جان با ضخامت متغیر در می‌آید.

این نوع سقف در زمینه‌های سازه، انرژی، حریق و آکوستیک در مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن بررسی شده و کاربرد آن در حیطه الزامات تدوین شده مورد تأیید می‌باشد.

٤-٤- سقف‌های بتنی پیش‌تنیده پس‌کشیده

پیش‌تنیده نمودن مقاطع از دیرباز در پل‌ها و اسکله‌ها کاربرد داشته و در سال‌های اخیر استفاده از آن در سقف‌های دال تخت، با دهانه‌های بلند و خصوصاً در سقف پارکینگ‌های طبقاتی و عموماً اعضایی که تحت اثر خمش می‌باشند، توسعه یافته است. در سقف‌های بتنی پیش‌تنیده، با بوجود آوردن نیروی اضافی فشاری در بتن، قسمتی از تنش‌های کششی بتن خنثی شده و در نتیجه سطح مقطع فشاری بتن افزایش می‌یابد. پیش‌تنیدگی به دو روش عمده پیش‌کشیدن (Pre Tension) و پس‌کشیدن (Post Tension) انجام می‌شود. در سقف‌های بتنی پیش‌تنیده پس‌کشیده، نیروی پیش‌تنیدگی در بتن، توسط کشش کابل‌ها بعد از ریختن بتن و رسیدن بتن به مقاومت لازم، ایجاد می‌شود. این روش به صورت کارگاهی یا کارخانه‌ای قابل انجام است و با مخفف (PT) شناخته می‌شود. در اجرای سقف‌های PT، ابتدا غلاف‌های فلزی جای‌گذاری می‌شوند. سپس، کابل‌ها درون غلاف‌ها قرار گرفته و پس از بتن‌ریزی و رسیدن بتن به مقاومت لازم، (میزانی ذکر شده در مدارک محاسباتی طرح) کشیده می‌شوند. در مرحله بعد به منظور محافظت کابل‌ها در برابر خوردگی و زنگ‌زدگی، گروت یا دوغاب سیمانی مخصوص و یا مواد پلیمری مانند انواع مناسب قیر یا گریس به درون غلاف‌ها تزریق می‌شود.

در این سقف‌ها، به دلیل افزایش سطح مقطع موثر فشاری بتن، ضخامت دال کاهش یافته و علاوه بر کاهش وزن امکان اجرای دهانه‌های بلند فراهم می‌شود از سوی دیگر با پیش‌تنیده نمودن مقطع و کاهش و یا حذف عمق ناحیه کششی بتن، ترک‌خوردگی و توسعه آن در مقطع بتنی، کاهش و یا حذف شده و در نتیجه دوام مجموعه و مقاومت آن در محیط‌های خورنده افزایش می‌یابد. در این سیستم به دلیل کاهش ضخامت سقف، علاوه بر کنترل تنش‌های خمشی و برشی و تغییرشکل‌ها، کنترل برش پانچ در محل اتصال دال به ستون نیز حائز اهمیت می‌باشد. در این سقف‌ها به منظور دست‌یافتن به یک طرح بهینه از لحاظ مقدار مصالح، وزن و هزینه، از بتن و فولادهای با مقاومت بالا استفاده می‌شود. در سقف‌های پیش‌تنیده پس کشیده حداقل ردهٔ بتن باید C30 باشد.

در زمان اجرا، کنترل کیفیت مواردی نظیر، محل و نحوه جایگذاری کابل‌ها، میزان نیروی پس‌کشیدگی در کابل‌ها، سن و مقاومت بتن در زمان پس‌کشیدگی، کفایت تزریق گروت در غلاف‌ها بسیار حائز اهمیت می‌باشد.

تخریب این سیستم سقف به دلیل وجود میلگردهای پیش‌تنیده بسیار پر خطر بوده و باید با روش‌های خاص توسط تیم فنی آموزش دیده، صورت گیرد.

٤-٤- سقف‌های بتنی پیش‌تنیده پس‌کشیده (ادامه)

از نکات حائز اهمیت در اعضای پیش‌تنیده پس‌کشیده، مسئله افت و وادادگی کابل‌ها به دلایلی نظیر، کاهش اصطکاک بین کابل و غلاف، لغزش مهار انتهایی و فرو رفتن گوه‌گیرداری در ابتدا و انتهای کابل، کهولت کرنش (Relaxation) و شل‌شدگی فولاد، جمع‌شدگی بتن یا خزش و انقباض یا آب رفتگی بتن به مرور زمان می‌باشد که لازم است به دقت محاسبه شده و مورد توجه قرار گیرد.

از دیگر مواردی که در اعضای پیش‌تنیده باید به آن توجه نمود دقت عملی است که باید در هنگام تخریب به عمل آید. تخریب این سیستم سقف به دلیل وجود میلگردهای پیش‌تنیده بسیار پر خطر بوده و باید با روش‌های خاص توسط تیم فنی آموزش دیده، صورت گیرد.

این سیستم در مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن، مورد ارزیابی قرار گرفته و کاربرد آن، در حیطه الزامات ارائه شده، مجاز می‌باشد.

انواع سیستم های سازه ای برای تولید صنعتی ساختمان

٤-٥- سقف‌های مجوف پیش‌ساخته پیش‌تنیده Hollow Core Slabs

سقف‌های مجوف پیش‌ساخته یا Hollow core slabs از سیستم‌های سقف شناخته شده در دنیا می‌باشند. این سقف‌ها به دو صورت با استفاده از بتن مسلح معمولی و یا بتن مسلح پیش‌تنیده در کارخانه تولید و به محل اجرای پروژه انتقال داده می‌شوند. در مقطع طولی این سقف‌ها به منظور کاهش بار مرده سقف حفراتی طولی تعبیه شده است. از مزایای این سیستم مشابه دیگر انواع سقف‌های پیش‌ساخته کاهش زمان اجرا و افزایش سرعت پیشرفت پروژه می‌باشد. به منظور اتصال مناسب این قطعات به یکدیگر ضمن تامین کلید برشی لازم است قلاب‌های مناسب تعبیه شده و در محل به طور مناسب بتن‌ریزی یا گروت ریزی شود.

دال‌های مجوف پیش‌تنیده ضمن دارا بودن مزیت‌هایی نظیر افزایش طول دهانه باربری یا کاهش ارتفاع مقطع در دهانه‌های مساوی و استفاده بهینه‌تر از مقطع بتنی، دارای ملاحظات اجرایی و کیفی متعددی هستند که لزوم استفاده از یک تیم متخصص را در زمان تولید این قطعات، همچنین انتقال و اجرای آنها به کارگاه الزامی مینماید. از نکات شایان توجه در اجرای سقف‌های مجوف پیش‌ساخته، اتصال برشی این قطعات به سیستم باربر جانبی می‌باشد و لازم است با تعبیه میلگردهای قلابی و انجام محاسبات و کنترل‌های مربوطه طراحی شود. این سقف‌ها در مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن مورد بررسی قرار گرفته و استفاده از آن در محدوده الزامات ارائه شده مجاز است.

الزامات سقف‌های مجوف پیش‌ساخته پیش‌تنیده Hollow Core Slabs

۱- سقف‌های ساخته شده از دال‌های هالوکور (Hollow Core Slabs) از انواع بتن‌آرمه معمولی و بتن‌آرمه پیش‌تنیده از سیستم‌های شناخته شده در سراسر دنیا بوده و جزو سقف‌های نیمه‌سنگین تا سنگین محسوب می‌شوند.

۲- استفاده از این نوع سقف تنها در ساختمان‌های با اسکلت بتن مسلح مجاز است.

۳- بارگذاری ثقلی و لرزه‌ای سیستم سازه‌ای حاصله به ترتیب باید بر اساس آخرین ویرایش مبحث ششم مقررات ملی ساختمان ایران با عنوان بارهای وارد بر ساختمان و استاندارد ۲۸۰۰ ایران اعمال شود.

۴- طراحی، ساخت و اجرای دال‌های هالوکور از نوع بتن‌آرمه معمولی باید بر مبنای آخرین ویرایش دستورالعمل طراحی PCI (Manual for the Design of Hollow Core Slabs)، ضمن در نظر گرفتن ضوابط مبحث نهم مقررات ملی ساختمان ایران با عنوان طرح و اجرای ساختمان‌های بتن‌آرمه انجام شود.

۵- بررسی صلبیت دیافراگم سقف‌های هالوکور باید براساس بند ۲-۹ و پیوست شماره ۶ استاندارد ۲۸۰۰ ایران صورت گرفته و تمهیدات لازم برای تامین یکپارچگی سقف و صلبیت براساس ضوابط دستورالعمل PCI درنظر گرفته شود.

انواع سیستم های سازه ای برای تولید صنعتی ساختمان
سقف ها

٤-٦- سقف دالهای نیمه پیش‌ساخته بتن مسلح Double Tee با بتن رویه

دالهای نیمه پیش‌ساخته بتن مسلح Double Tee همانطور که از نام آنها مشخص است و در شکل نیز ملاحظه می‌شود از یک جفت تیر T شکل تشکیل شده‌اند. این سقف‌ها به صورت پیش‌ساخته در کارخانه تولید شده و به محل اجرای پروژه انتقال می‌یابند. استفاده از این دال‌های نیمه پیش‌ساخته به علت حذف مراحل مربوط به قالبندی و دوره انتظار به مقاومت رسیدن بتن، می تواند موجب افزایش سرعت اجرای سقف شود. رفتار سیستم سقف دالهای نیمه پیشساخته بتن مسلح Double tee مشابه سقف‌های دال یک طرفه بوده و از این رو از نظر سازه‌ای دارای عملکرد شناخته شده می‌باشند. اما مشابه دیگر سیستم‌ها پیش‌ساخته لازم است در اتصال این قطعات به سیستم باربر جانبی و همچنین به یکدیگر تمهیدات لازم اندیشیده شود. از این رو به منظور تامین صلبیت و همچنین رفتار یکپارچه در این سیستم لازم است بتن رویه اجرا شود. این سقف‌ها در مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن مورد بررسی قرار گرفته و استفاده از آن در محدوده الزامات ارائه شده مجاز است.

الزامات سقف دالهای نیمه پیش‌ساخته بتن مسلح Double Tee با بتن رویه

۱- رفتار سیستم سقف دال‌های نیمه پیش‌ساخته بتن مسلح Double Tee مشابه سقف‌های دال یک طرفه می‌باشد. در طراحی و اجرای این سیستم باید، صلبیت و یکپارچگی سقف با ارائه محاسبات کافی صرفاً به کمک اجرای بتن رویه تامین شود.

۲- در این سیستم، به منظور تامین یکپارچگی در دیافراگم سقف و همچنین تحمل عکس‌العمل ناشی از تیرچه‌ها، می‌بایست در پیرامون سقف، تیرهای پیرامونی طراحی و اجرا شوند. همچنین در محل اتصال دال نیمه پیش‌ساخته به تیر پیرامونی، لازم است، میلگردهای تامین‌کننده یکپارچگی اعضا به طور مناسب طراحی و اجرا شوند.

منابع

۱.کتاب فناوری های نوین ساختمان ویرایش پنجم مرکز تحقیقات ساختمان مسکن

۲.مبحث یازدهم مقرارت ملی ساختمان (طراحی و اجرایی صنعتی ساختمان ها)

۳.جزوه دوره اموزشی روش های ساخت و فناوری نوین اجرا ساختمان
مرکز تحقیقات ساختمان مسکن در سازمان نظام مهندسی استان هرمزگان