بسمه تعالی

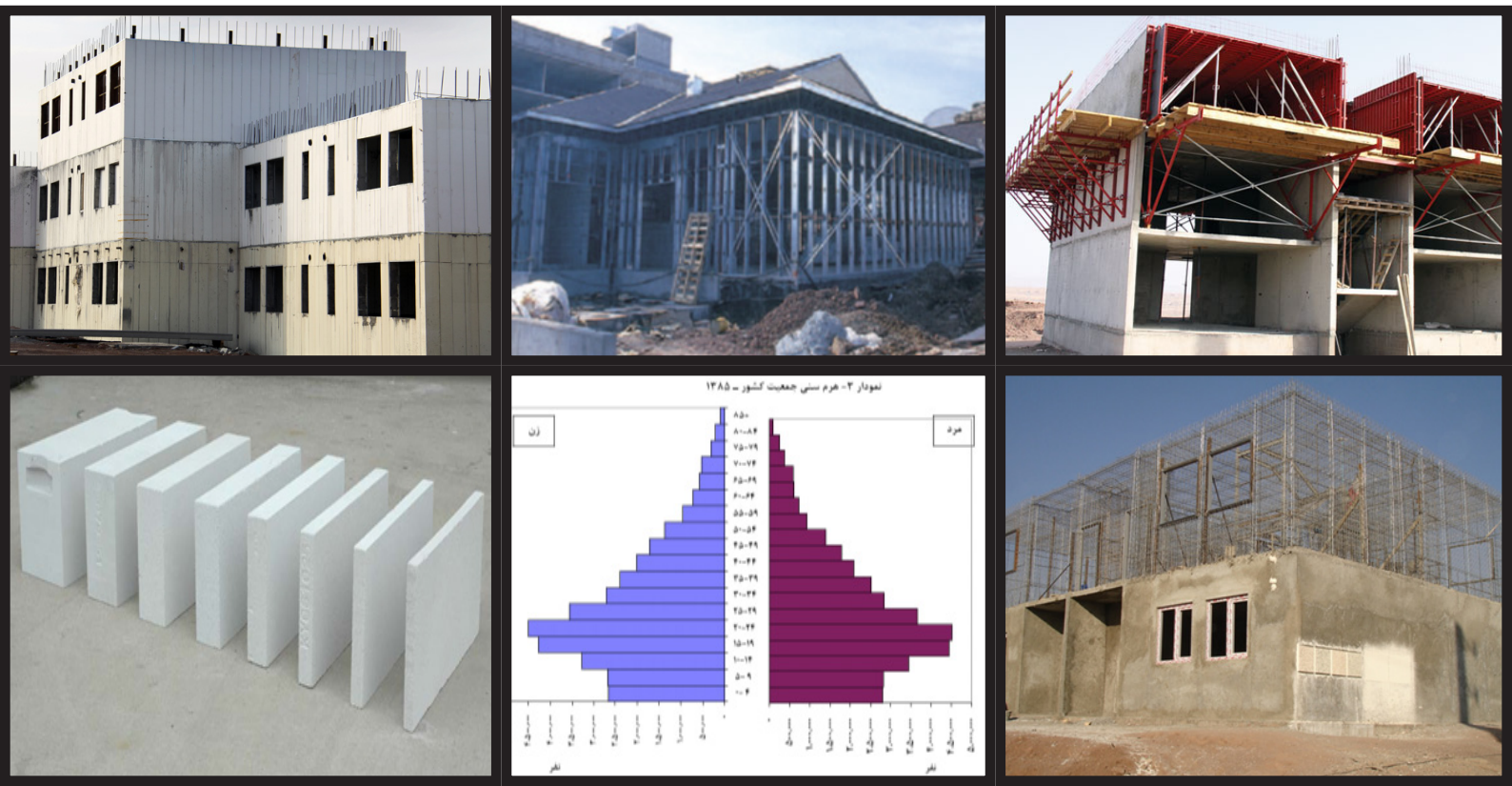
دانشگاه علم و صنعت ایران

فناوری‌های نوین ساختمانی

مدرس:

دکتر غلامرضا ایلاتی

نیمسال دوم سال تحصیلی ۹۱-۹۰



فهرست مطالب

کلیات صنعتی‌سازی ساختمان	۲
مدیریت پروژه	۱۳
بتن سبک گازی	۲۷
پانل‌های سه بعدی	۴۱
قاب فولادی سبک	۵۵
سیستم قالب تونلی	۶۷
سیستم JK	۷۷
قالب عایق ماندگار	۸۱
کاربرد فناوری نانو در صنعت ساختمان	۹۵

فصل اول

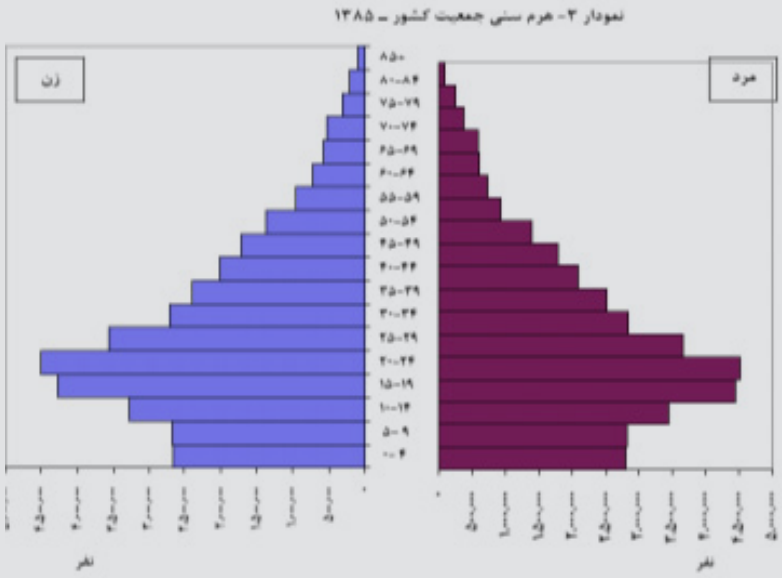
کلیات صنعتی‌سازی ساختمان

گردآورندگان:

فاطمه کریمی

زینب دهقان

مهناز الهی‌زاده



مقدمه

روش شـــکل گیری و توســـعه و نشر علم در تمام دنیا به این صورت است که هر علم نوینی را به دلیل بودجه های تحقیقاتی خیلی زیادی که دارد در صنایع نظامی و فضایی به دست می آورند و بعد از مدت زیادی، آزاد می شوند و در بخـــش هـــای بعدی می آورند، یعنی بخش هایی از علم را نگه می‌دارند و بخش هایی از علم که پس از مدتی کم ارزش می‌شوند را به گروه بعدی انتقال می‌دهند.

صنعت ســـاختمان در رده ی ســـوم قرار دارد که خیلی خوب اســـت، زیرا در نزدیکترین فاصله به صنایع نظامی و فضایی تولید علم اتفاق می‌افتد مثلا سیستم موبایل ۵۰ الی ۷۰ سال پیش در سیستم های فضایی وجود داشته و بعد آزاد می‌شوند و در رده ی پایین اجتماع و عمومی استفاده می شود.

در خودرو ســـازی نیز همینطور اســـت و گردش پولی که در صنعت خودروسازی صورت میگیرد حدود ۵ الی ۲۰ درصدی که عموما برای بخش توسعه آن اختصاص داده می شود، هزینه ی قابل توجهی است.

فرصـــت و هزینـــه ی لازم برای اینکـــه تحقیقاتی را در پیدا کردن مصالح جدید، تغییـــر یا اصلاح آنها انجام دهند، چه در طراحی چه دزر انتخاب مصالحی که میخواهند در طرحشـــان اســـتفاده کنند، فرصت و بودجه ی زیادی به کارگرفته می شود.

در چند دهه اخیر به خصوص در دهه ی ۱۹۹۰ یک سری اتفاقات در صنعت ساختمان در دنیا رخ داد.

در صنایع ســـاختمان و وابســـته به آ ن به دلیل افزایش ارزش افزوده در این صنعت، تقریبا یک رقابت شدیدی به وجود آمد تا این صنعت جایگاهش را عوض کند.

در سالیان قبل صنعت ساختمان در هرجای دنیا به این صورت بوده است میزان قیمت زمین و مصالح و مجموعه‌ی این‌ها که تشکیل دهنده ی ارزش آن است نسبت به صنایع دیگر کم ارزش بوده، به مرور زمان با توجه به افزایش جمعیت و بلند پروازی هایی که بشـــر در رســـیدن به ارتفاعات و ابعاد بزرگتر و ســـبک تر و مقاوت بیشـــتر در زلزله داشته است یک ارزش افزوده ی زیادی را در صنعت در حال جذب است.

بیشترین تولید دانش در بخش سیستم های نوین و مصالح نوین است.

دانش ساختمان هر سال حدود ۵ برابر می شود.

اگر روی مصالح نوین اطلاعات داشـــته باشـــیم می توانیم تمام آنچه را که به عنوان سیستم های طراحی آموختید را روی سیستم های نوین از آن استفاده کنید.

در بازار دو روش مطرح است:

۱ـ روش سنتی

۲ـ روش صنعتی سازی

- روش ســـنتی مطلق در حال حاضر نداریم مگر در روســـتای دورافتاده که از خاک زمین گل درســـت کنند و با استفاده از آن و چوب خانه بسازند.

تعریفی که در صنعتی ســـازی به صورت عموم مطرح اســـت: از یک تا ۱۰۰% یک ســـاختمان به جای اینکه در سایت، یعنی در محل کارگاه ساخته شود، دربیرون کارگاه (یا در یک کارخانه خیلی بزرگ یا خیلی کوچک) ساخته می‌شوند.

-ما صنعتی سازی ۱۰۰% نداریم اما داریم به سمت صنعتی سازی می رویم.

تمام این سیستم‌هایی که در حال یادگیری هستیم و آموزش داده می‌شوند، ما را به سمت صنعتی سازی می‌کشانند. یعنی افزایش نسبت به المان ها(بخش های یک ساختمان)را به کارخانه می‌بریم بعد آن ها را به محل می آوریم.

اما عمده ترین دلیل صنعتی سازی استفاده ی بهینه از زمان است که می توانیم در زمان هایی که شرایط جوی برای کار در کارگاه مناسب نیست، المان‌های ساختمان را در کارخانه بسازیم و هنگامی که شرایط مساعد بود آن ها را برای نصب به سایت منتقل می کنیم.

- هدف ما در ساختمان سازی کم کردن روش سنتی و افزایش صنعتی سازی است.

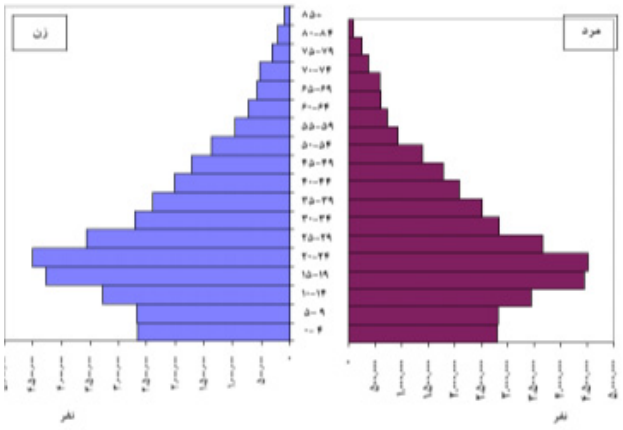
مثلا استفاده از بتن های بزرگ به جای آجرهای کوچک در ساختمان به علت کارایی بیشتر، سرعت اجرای بیشتر و مزایایی از قبیل میزان مقاومت در برابر حرارت و غیره

وضعیت فعلی مسکن در کشور:

مشکل عمده در بخش ساختمان و بویژه مسکن، عدم تعادل عرضه و تقاضا در بازار مسکن است. بر اساس سرشماری سال ۱۳۸۵، کشور با کمبود ۱/۶ میلیون واحد مسکونی نسبت به تعداد خانوار روبرواست و ۱/۵ میلیون واحد مسکونی موجود نیز برای سکونت نامناسب است.

بیشینه هرم سنی جمعیت کشور در حال رسیدن به سن اشتغال و ازدواج بوده و به تبع آن نیاز به مسکن جدید برای این خانوارها ضروری است. برای کنترل وضع موجود و اضافه شدن سالانه ۸۰۰ هزار متقاضی جدید که بر اساس پیش بینی‌ها تا سال ۱۳۹۰ به مرز ۹۳۰ هزار نفر نیز خواهد رسید. با توجه به استهلاک ۳۰ درصدی نسبت به واحدهای جدید الاحداث ضروری است تا ۱۰ سال آینده، سالانه حداقل ۵/۱ میلیون واحد مسکونی ساخته شود. این در حالی است که بر اساس آمار وزارت مسکن بالاترین میزان عرضه مسکن مربوط به سال ۱۳۸۶ و حدود ۸۰۰ هزار واحد مسکونی ـ بدون احتساب واحدهای تخریب شده ـ بوده است.

نمودار ۳- هرم سنی جمعیت کشور ـ ۱۳۸۵



تاریخچه تولید صنعتی:

انقلاب صنعتی، اقتصاد و صنعت دستی را به تولید کارخانه ای و ماشینی تبدیل کرد. این انقلاب با ایجاد ماشین‌ها، قدرت بخار و ساخت آهن و فولاد در قرن ۱۸ آغاز گردید و با اختراع نیروی الکتریکی و ماشین احتراق

داخلی، سوخت نفتی و سنتز شیمیایی، نمود و ظهور بیشتری یافت. در قرن ۱۹ بطور چشمگیری ترقی کرد و اکنون با علم الکترونیک، قدرت اتمی و کامپیوترها به اوج خود رسیده است.

هرکدام از این مراحل رشد صنعت به نوبه خود بهره وری را افزایش داده و کارائی و کیفیت محصولات را بهبود بخشیدند. فرآیند صنعتی سازی به معنای فرآیندی است که با بهبود کیفیت زمان ساخت و استفاده از نیروی کار منجر به افزایش خروجی سیستم و بهینه سازی بهره برداری از تجهیزات، تسهیلات و تکنولوژی می گردد.

تفاوت تولید صنعتی ساختمان و دیگر محصولات صنعتی:

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

پیش نیازهای فرایند صنعتی سازی:

مشخصه های زیر پیش نیازهای موفقیت فرآیند صنعتی سازی هستند:

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

مفاهیم صنعتی سازی ساختمان :

۱- پیش ساخته سازی (Prefabrication)

پیش ساخته سازی به عنوان فرآیند تولیدی تعریف می‌شود که در آن بطور کلی مواد به همدیگر متصل می‌شوند تا جزئی از نصب نهایی را تشکیل دهند.

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

۲- پیش مونتاژ نمودن (Preassembly)

پیش مونتاژ نمودن، فرآیندی است که در آن اجزای پیش ساخته تجهیزات و متعلقات آن در یک مکان دیگر به جز سایت احداث و گاهاً در حین احداث برهم 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 و نقل بالاتر رود و همچنین 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.

۳- مدولاریزاسیون (Modularization)

مدولاریزاسیون اشاره به دو مفهوم بنیادین دارد:

الف) مدولاریزاسیون به مفهوم مدولار و استاندارد نمودن اجزاء و قطعات ساختمانی است به نحوی که به جای تولید یک قطعه در ابعاد و قطعات بسیار متنوع، این تولیدات در محدوده‌ای منطقی و محدود تولید شوند تا امکان دستیابی به تولید انبوه کارخانه‌ای فراهم شود.

تنها در این حالت است که امکان تولید انبوه میسر می شود و پیامد آن صرفه‌های مقیاس خواهد بود که خود باعث کاهش هزینه‌های تولید و قیمت تمام شده می‌گردد.

ب) مدولاریزاسیون به مفهوم تولید سیستم‌های پیچیده مدولار، اشاره به سیستم‌های پیچیده‌ای دارد که در مکانی دور از سایت احداث مونتاژ می‌شوند و سپس به سایت منتقل می‌گردند.

این قطعات در صورت بزرگ بودن، هزینه حمل و نقل و درنتیجه هزینه کل بنا را بالا می‌برند. این کار اغلب به دلیل اشغال زیاد فضا و در نتیجه اتلاف فضا می‌گردد.

روش هایی چون kit of part و on site assembly در کارخانه‌های موقت می‌تواند این موارد را کاهش دهد.

۴- صنعتی سازی (Industrialization)

در یک تعریف جامع، صنعتی سازی به معنای یک پارادایم تولید است که شامل روش‌هایی است که میزان استفاده منابع و نیروی کار را با بهینه‌سازی کاربرد تجهیزات و تکنولوژی در فرآیندها بهبود می‌دهد.

مفهوم صنعتی سازی ساختمان فقط به معنای پیش ساخته سازی نیست، بلکه شامل پیش ساخته سازی، پیش مونتاژ و مدولاریزاسیون و کاربرد فناوری‌های نوین در فرایند ساختمان سازی نیز می‌گردد. (یعنی استفاده از فناوری‌های نوین به روش‌های نوین)

در شـــیوه تولید صنعتی، تولید قطعات ساختمانی براســـاس شیوه و استانداردی واحد و به صورت متمرکز ساخته شده و در نهایت به صورت مکانیزه و صنعتی نیز نصب و اجرا می‌شوند.

بنابراین درباره کارخانه‌هایی صحبت می‌کنیم که هر نوع از قطعات را تولید می‌کنند تا در ساخت و ساز نصب گردد و هدف این شیوه تولید؛ بهبود ایمنی، کیفیت، هزینه و سطوح خروجی است.

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 می‌افزاید.

در تولید تمام صنعتی علاوه بر تولید بخش سازه‌ای ساختمان، بخش نرم و غیر سازه‌ای نیز براساس تولید مدولار در کارخانه تولید می‌شود.

این مســـئله تا حد بســـیاری ضریب خطاهای انســـانی را در هنگام تولید پائین می‌آورد و موجب افزایش کیفیت و ایمنی ساختمان، و سرعت تولید و در نتیجه قیمت تمام شده می‌شود.

در صنعتی ســـازی ســـاختمان؛ هر چیزی مشـــخص است که در کجا بکار برده خواهد شـــد. لذا حجم فعالیت‌های محاسباتی و مهندسی افزایش می‌یابد.

مفهومی که اینجا بکار رفت شامل کلیه مفاهیم 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 :

این دسته بندی توسط دو معیار اندازه و پیچیدگی، از قطعات ساده panel تا مدول module انجام می‌گردد.

نوع اول: پانلهای پش ساخته (Panels)

این نوع از قطعات با کاربردهای مختلف چون دیوار باربر، پارتیشن و اجزای سازه ای بکار می روند.استفاده از مواد نوین چون پلیمرها و کامپوزیت‌ها به عنوان مواد اولیه و سازنده این نوع قطعات رایج است.

نوع دوم: سیستم مدولار (Modular System)

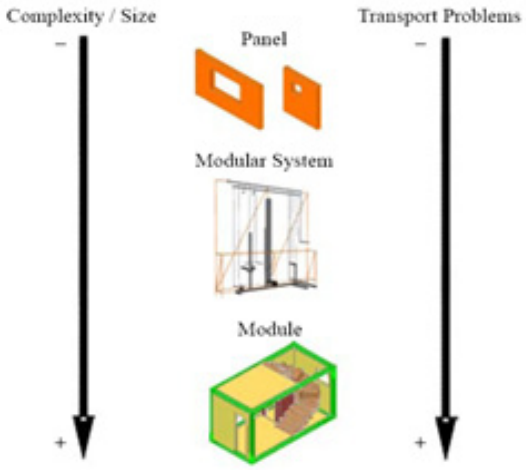
این نوع از قطعات پیش ساخته بین پانل‌های ساده و مدول کامل قرار می‌گیرد. این قطعات ترکیبی از زیرسیستم‌های مونتاژ شده برای ساخت یک سازه پیچیده‌اند.

برای مثال یک پانل به همراه تأسیســـات الکتریکی و آب و فاضلاب در این دســـته قرار می‌گیرد. سیســـتم مدولار می‌تواند بخشی از یک ساختمان باشد و یا بخشی باشد که در تولید مدول کامل استفاده شود.

نوع سوم: مدول (Module)

یک مدول به ترکیبی از چندین سیســـتم مدولار گفته می شـــود. تولید کنندگان مدول‌ها را با سطوح مختلفی از

اتمام کار Finalization تحویل می‌دهند، یک مدول تنها به عنوان سازه یک اتاق می‌تواند بکار رود.

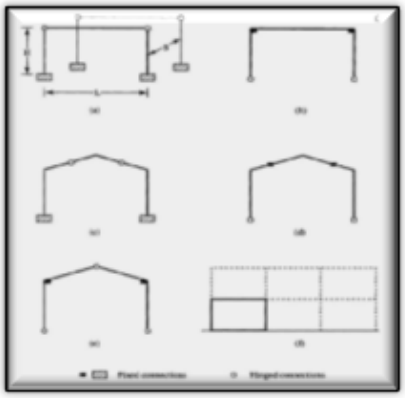


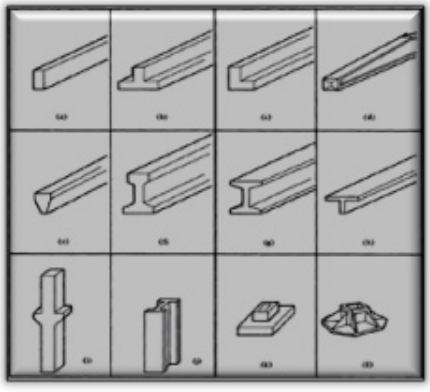
یک دسته بندی دیگر از سیستم های ساخت و ساز در تولید صنعتی :

- سیستم های خطی Linear or Skeleton (beams and columns) Systems
- سیستم های پانلی Planar or Panel Systems
- سیستم های سه بعدی Three-Dimensional or Box Systems

سیستم های خطی :

این سیستم شامل اجزای خطی ساختمان چون تیرها، ستون‌ها، خرپاها و چارچوب‌ها می‌گردد. در شکل زیر نمای شماتیک این سیستم ها آورده شده است. در این سیستم اعضای باربر، قطعات تیر، ستون و سقف هستند. دیوارها اغلب به عنوان نما یا جداکننده بوده، نقش سازه ای ندارند.





سیستم پانلی:

در این سیستم بارهای ثقلی از طریق قطعات سقف به دیوارها منتقل می‌شود. همچنین مقاومت در برابر بارهای جانبی نیز به عهده دیوارهاست که به صورت برشی عمل می‌کنند. این سیستم گسترده ترین استفاده را در میان

سیستم های مختلف صنعتی داراست.
انواع اجزائی که در این دسته قرار می گیرند عبارتند از:

- تخته های کف: Floor Slabs
- ساپورتر های افقی: Vertical Supports
- پارتیشن ها: Partitions
- دیواره ای خارجی: Exterior Walls

سیستم ساختمانی سه بعدی یا جعبه ای:

در این سیستم قطعات پیش ساخته به شکل مکعب مستطیل تو خالی هستند 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 (wall and floor finish)، عایق کاری(thermal insulation)، سیم کشی، کانال‌کشی و تجهیزات الکتریکی(electrical wiring and fixtures)، لوله کشی و مونتاژ تجهیزات(plumbing)، چارچوب های درب و پنجره(door and window frames) و نقاشی درب و دیوار (painted and glazed doors and windows) و حتی نصب کابینت های آشپزخانه ای (kitchen cupboards)، قبل از انتقال مدول کامل به سایت احداث تولید گردد.

عوامل تاثیرگذار بر صنعتی سازی :

در ذیل به برخی از عوامل که تاثیر بازدارنده در استفاده و کاربرد شیوه های تولید صنعتی در صنعت ساخت دارند، اشاره خواهد شد:

نگرش خرد به زنجیره تامین:

سطوح پائین استاندارد سازی و عدم نگرش جامع زنجیره تأمین باعث پیچیدگی نصب و اجرا و مونتاژ می‌گردد.

گستره وسیع مواد بکار رفته:

گستره وسیع مواد بکار رفته در یک فرآیند واحد منجر به استفاده ابزارهای جداگانه برای هر ماده می گردد.

فرایند های وابسته به مواد و مصالح:

در این مسیر جریان فرآیند برای یک فعالیت ممکن است بدلیل تغییر یک یا دو مورد از این المانها تغییر کند.

محیط ساخت و ساز:

محیطی که ساختمان درآن بنا می شود به فعالیت‌های ساخت و ساز و روش‌های اجرا تأثیر گذاشته و امکان پیش مهندسی را دشوار می کند.

عدم وضوح سود ناشی از صنعتی سازی:

هزینه ماشین آلات پیچیده خط تولید، لجستیک و حمل ونقل وسیع، فاکتورهایی چون کاهش هزینه ساخت به دلیل افزایش سرعت تولید و بهره وری نیروی انسانی مورد استفاده را تحت الشعاع قرار می دهد.

زنجیره تامین صنعت ساختمان

زنجیره تامین بر تمام فعالیتهای مرتبط با جریان و تبدیل کالاها از مرحله ماده خام (استخراج) تا تحویل به مصرف کننده نهایی و نیز جریانهای اطلاعاتی مرتبط با آنها مشتمل می‌شود.

مشکلات موجود در زنجیره تامین ساخت و ساز سنتی :

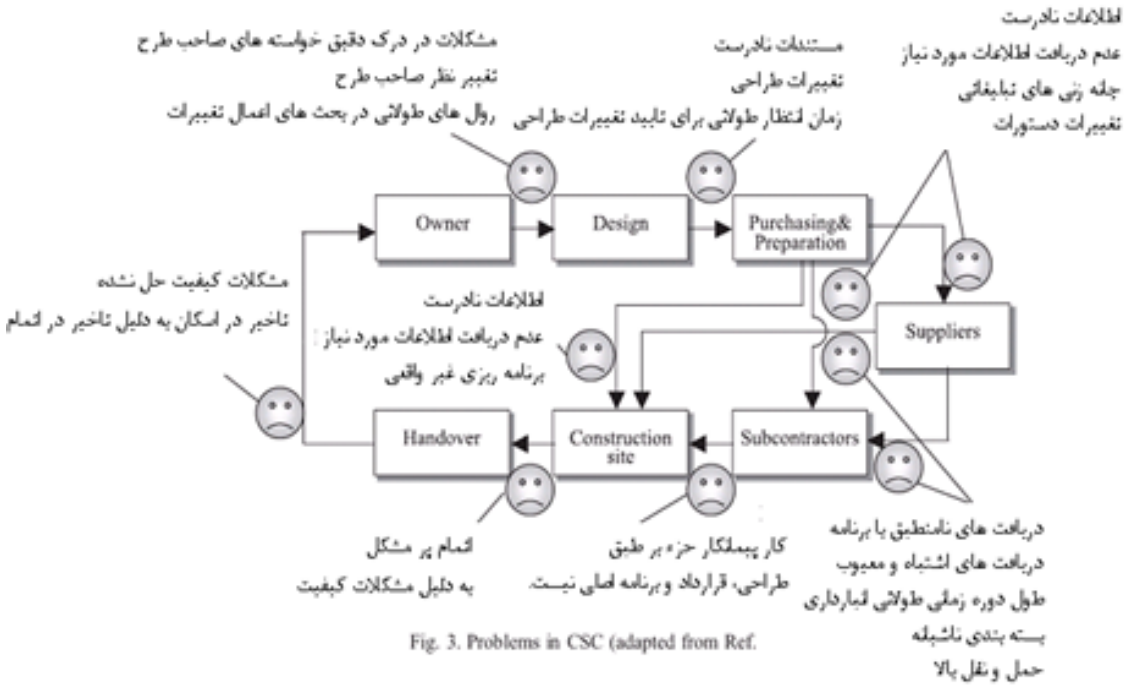


Fig. 3. Problems in CSC (adapted from Ref.

مطالعات مختلف نشان می دهد که عدم هماهنگی ها در صنعت ساخت بسیار بالاست. برای مثال جدائی طراحی و ساخت، کمبود هماهنگی و یکپارچگی بین رشته های کارکردی، ارتباطات ضعیف و غیره، باعث بروز فاکتورهائی می شـود که بر عملکرد تاثیر می گذارند، مانند میزان پائین بهره وری، تاخیر زمانی، افزایش هزینه، تضادها و نزاع ها.

به منظور حل مشکلات عدیده موجود در زنجیره تامین ساختمان سازی سنتی، سه نکته زیر قابل ذکر است.

نکات مهم ارائه شده توسط محققین و صاحبنظران:

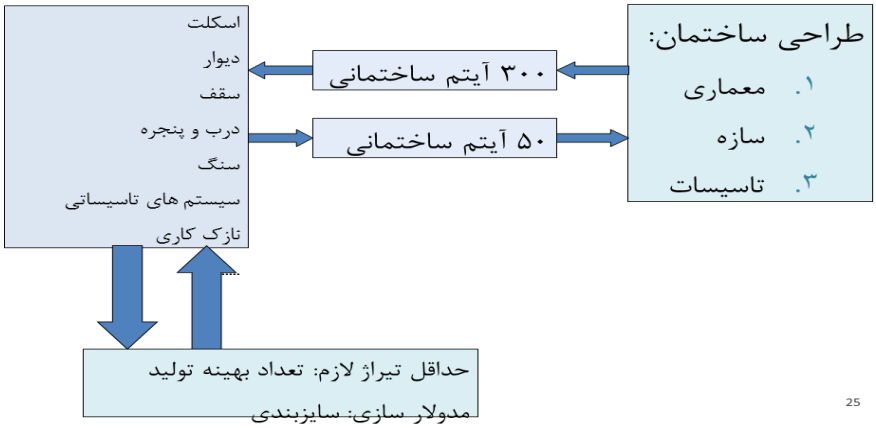
۱- موارد پیشـنهاد شـده از سـوی متخصصان، زنجیره تأمین را راه حل مشکلات سـنتی سازی می‌داند. توسعه هماهنگی بین اجزای زنجیره تامین، عملکرد کلی زنجیره و در نتیجه اتلافات را در همه اشکال کاهش می‌دهد.

۲- اسـتفاده بیشـتر از تولید off-site برای کنترل های مضاعف بر فرایند تولید، حرکت به سمت طراحی و انجام فعالیت‌هـای پیش از احداث اسـت و این امر بطور منطقی به کاهش مشـکلات و ناهماهنگـی های زنجیره تامین می‌شود.

۳- در نهایت مدولار سازی و استاندارد سازی جهت ساخت پذیری بیشتر و کاهش مقدار اصلاحات بر روی مصالح و اجزا یک جهت گیری فرآیندی به سـمت کاهش اتلافات اسـت. این امر مکمل اسـتفاده بیشتر از تولید off-site است که در آن فعالیتهای پر اتلاف از فرایند ساخت و ساز حذف می‌شوند.

مشاهده می‌شود که هر سه نکته فوق از اجزای بنیادین صنعتی‌سازی ساختمان می‌باشند.

فرایند دستیابی به صنعتی سازی :



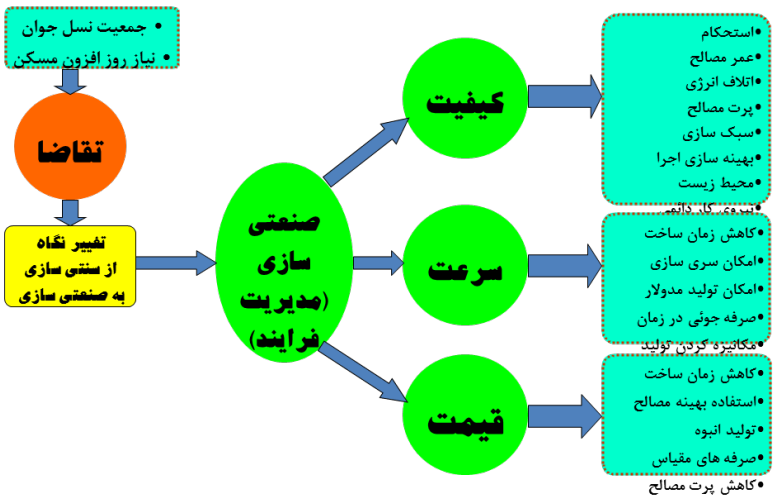
25

زنجیره ایده آل صنعتی سازی ساختمان :

- مدیریت،
- هم جهت نمودن
- هم سرعت نمودن

چرخدنده‌های زنجیره :

مزایای صنعتی سازی ساختمان:



بررسی یکی از مزایا: سرعت

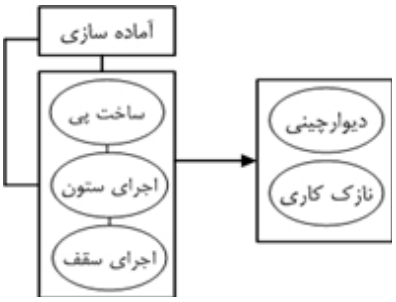
تولید سنتی:

- در تولید سنتی فرآیند تولید یک فرآیند کاملاً سری است.
- سلسله اقدامات اجرایی باید به ترتیب و مرحله به مرحله اجرا شود.
- زنجیره وار بودن این گونه اقدامات:
- روند اجرای پروژه را بسیار کند،
- هزینه های اجرایی از قبیل هزینه نیروی انسانی را افزایش می دهد.
- مشکل عمده دیگر در فرآیند تولید سنتی وجود اقدامات اجرایی بیهوده و غیر ضروری است که بسیاری از آن ناشی از قدیمیبودن مصالح مورد استفاده و شیوه ساخت است.

تولید صنعتی:

در فرآیند تولید صنعتی از آنجا که برخی از مراحل تولید در کارخانه و به صورت موازی انجام می‌شود، نیازی به رعایت سلسله مراتب و زنجیره های تولید سنتی در تولید صنعتی نیست.

بسیاری از مراحل تولید می‌تواند همزمان و به صورت موازی انجام شود و می‌توان تنها این قطعات را برای نصب به محل اجرای پروژه آورد و آنها را به هم متصل نمود.



دو نموداری که ارائه شـــد برای ســـاخت یک واحد مسکونی یک طبقه بود، درحالی که اگر بر تعداد طبقات افزاده شود، تفاوت زمان در دو شیوه سنتی و صنعتی بیشتر به چشم میخورد.

چرا که در تولید صنعتی ساخت قطعات ساختمانی در طبقه بالاتر وابسته به اجرای قطعات در طبقه زیرین نیست در نتیجه تفاوت زمان ساخت در در دو روش سنتی و صنعتی بیشتر میشود.

فصل دوم

مدیریت پروژه

گردآورندگان:

سیاوش قناعت‌پیشه

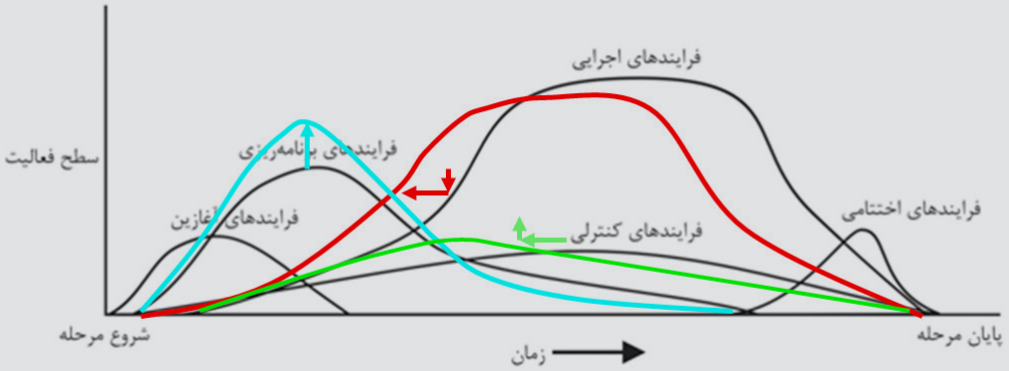
محمد حسنی‌نژاد

سعید رضایی

نوید کریمی‌فرد

امید سرمدبیات

احمد فیضی



پروژه چیست؟

سازمان ها کار انجام می دهند . کار عموماً دربرگیرنده ی عملیات و پروژه است هرچند ممکن است این دو هم پوشانی داشته باشند .

عملیات و پروژه ها در بسیاری ویژگی ها سهیم می باشند؛ برای مثال آنها:

- توسط افراد انجام می شوند.
- با منابع محدود مقید شده اند.
- برنامه ریزی، اجرا و کنترل می شوند.

عملیات ها و پروژه ها در اصل از آنجا متفاوت می باشند که :

- عملیات ها پیوسته و تکراری هستند،
- در حالی که پروژه‌ها موقتی و یکتا می‌باشند .

بنابراین یک پروژه تلاشی موقتی است که به منظورایجاد محصول یا خدمتی یکتا تعهد می شود.

مدیریت پروژه چیست؟

مدیریت پروژه عبارت است از به کارگیری دانش، مهارت ها، ابزارها و تکنیک‌ها برای فعالیت‌های پروژه به منظور تحقق الزامات پروژه .

فرایند های مدیریت پروژه:

مدیریت پروژه با استفاده از فرایندهایی همچون فرایندهای آغازین، برنامه ریزی، اجرایی، کنترلی و اختتامی انجام می پذیرد .

حوزه های دانش مدیریت پروژه:

- مدیریت یکپارچگی پروژه
- مدیریت محدوده پروژه
- مدیریت زمان پروژه
- مدیریت هزینه پروژه
- مدیریت کیفیت پروژه
- مدیریت منابع انسانی پروژه
- مدیریت ارتباطات پروژه
- مدیریت ریسک پروژه
- مدیریت تدارکات پروژه

مدیریت یکپارچگی پروژه

فرایندهای مورد نیاز برای حصول اطمینان از هماهنگی مناسب بین عناصر مختلف پروژه را تشریح می کند . این حوزه ی دانش از فرایندهای تکوین برنامه‌ی پروژه، اجرای برنامه‌ی پروژه و کنترل یکپارچه‌ی تغییرات تشکیل شده است.

مدیریت محدوده‌ی پروژه

فرایندهـــای مـــورد نیاز برای حصول اطمینان از اینکه پروژه بـــرای تکمیل موفقیت آمیز خود دربرگیرنده ی همه ی کارهای موردنیا ز و فقط کارهای موردنیاز می باشـــد را تشـــریح می کند . این حوزه ی دانش از فرایندهای آغاز، برنامه ریزی محدوده، تعریف محدوده، تأیید محدوده و کنترل تغییرات محدوده تشکیل شده است.

مدیریت زمان پروژه

فرایندهـــای موردنیـــاز برای حصول اطمینان از تکمیل به موقع پروژه را تشـــریح مـــی کند . این حوزه ی دانش از فرآیندهای تعریف فعالیت، تعیین توالی فعالیت، برآورد مدت زمان فعالیت، تکوین زمان بندی و کنترل زمان بندی تشکیل شده است.

مدیریت هزینه ی پروژه

فرایندهای موردنیاز برای حصول اطمینان از تکمیل پروژه با بودجه ی مصوب را تشـــریح می کند . این حوزه‌ی دانش از فرایندهای برنامه ریزی منابع، برآورد هزینه، بودجه بندی هزینه و کنترل هزینه تشکیل شده است.

مدیریت کیفیت پروژه

فرایندهای موردنیاز برای حصول اطمینان از برآورده شـــدن نیازهایی که پروژه از بابت آنها تعهد شـــده اســـت را تشـــریح می کند. این حوزه ی دانش از فرایندهای برنامه ریزی کیفیت، تضمین کیفیت و کنترل کیفیت تشـــکیل شده است

مدیریت منابع انسانی پروژه

فرایندهای موردنیاز جهت اثربخش ترین استفاده از افراد درگیر در پروژه را تشریح می کند . این حوزه ی دانش از فرایندهای برنامه ریزی سازمانی، جذب منابع انسانی و توسعه ی تیم تشکیل شده است.

مدیریت ارتباطات پروژه

فرایندهای موردنیاز جهت حصول اطمینان از مناســـب و به موقع بودن تولید، گردآوری، توزیع، ذخیره و تنظیم نهایی اطلاعات پروژه را تشـــریح می کند . این حوزه ی دانش از فرایندهای برنامه ریزی ارتباطات، توزیع اطلاعات، گزارش دهی عملکرد وخاتمه ی اداری تشکیل شده است.

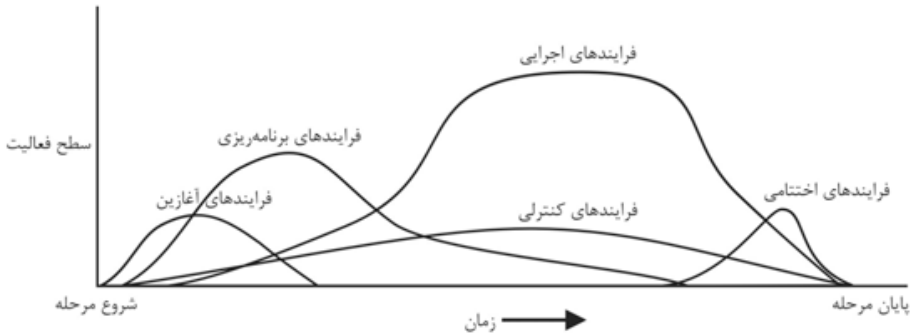
مدیریت ریسک پروژه

فرایندهـــای مربـــوط به شناســـایی،تحلیل و واکنش به ریســـک پروژه را تشـــریح می کند . این حـــوزه ی دانش ازفرایندهای برنامه ریزی مدیریت ریسک، شناسایی ریسک، تحلیل کیفی ریسک، تحلیل کمی ریسک، برنامه ریزی واکنش به ریسک و کنترل و نظارت ریسک تشکیل شده است.

مدیریت تدارکات پروژه

فرایندهای موردنیاز برای دستیابی به کالاها و خدمات از خارج از سازمان اجرایی را تشریح می کند . این حوزه‌ی دانـــش از فرایندهای برنامه ریزی تدارکات، برنامه ریزی درخواســـت، درخواســـت، انتخـــاب منبع، اداره ی پیمان و خاتمه‌ی پیمان تشکیل شده است.

گروه‌های فرآیندی پروژه:



گروه‌های فرایندی / حوزه‌ی دانش	آغازین	برنامه‌ریزی	اجرایی	کنترلی	اختتامی
۴. مدیریت یکپارچگی پروژه		۱-۴ تکوین برنامه‌ی پروژه	۲-۴ اجرای برنامه‌ی پروژه	۳-۴ کنترل یکپارچه‌ی تغییرات	
۵. مدیریت محدوده‌ی پروژه	۱-۵ آغاز	۲-۵ برنامه‌ریزی محدوده ۳-۵ تعریف محدوده		۴-۵ تأیید محدوده ۵-۵ کنترل تغییرات محدوده	
۶. مدیریت زمان پروژه		۱-۶ تعریف فعالیت ۲-۶ تعیین توالی فعالیت ۳-۶ برآورد مدت‌زمان فعالیت ۴-۶ تکوین زمان‌بندی		۵-۶ کنترل زمان‌بندی	
۷. مدیریت هزینه‌ی پروژه		۱-۷ برنامه‌ریزی منابع ۲-۷ برآورد هزینه ۳-۷ بودجه‌بندی هزینه		۴-۷ کنترل هزینه	
۸. مدیریت کیفیت پروژه		۱-۸ تظمین کیفیت	۲-۸ تضمین کیفیت	۳-۸ کنترل کیفیت	
۹. مدیریت منابع انسانی پروژه		۱-۹ برنامه‌ریزی سازمانی ۲-۹ جذب نیروی انسانی	۳-۹ توسعه‌ی تیم		
۱۰. مدیریت ارتباطات پروژه		۱-۱۰ برنامه‌ریزی ارتباطات	۲-۱۰ توزیع اطلاعات	۳-۱۰ گزارش‌دهی عملکرد	۴-۱۰ خاتمه‌ی اداری
۱۱. مدیریت ریسک پروژه		۱-۱۱ برنامه‌ریزی مدیریت ریسک ۲-۱۱ شناسایی ریسک ۳-۱۱ تحلیل کیفی ریسک ۴-۱۱ تحلیل کمی ریسک ۵-۱۱ برنامه‌ریزی واکنش به ریسک		۶-۱۱ کنترل و نظارت ریسک	
۱۲. مدیریت تدارکات پروژه		۱-۱۲ برنامه‌ریزی تدارکات ۲-۱۲ برنامه‌ریزی درخواست	۳-۱۲ درخواست ۴-۱۲ انتخاب منبع ۵-۱۲ اداره‌ی پیمان		۶-۱۲ خاتمه‌ی پیمان

زنجیره تامین Supply chain

مدیریت زنجیره تأمین چیست؟

مدیریت زنجیره تأمین، نتیجه تکاملی مدیریت انبارداری است. در دهه ۶۰، کارشناسان با مطالعه در زمینه رابطه داخلی بین انبارداری و حمل و نقل و نیز یکپارچه‌سازی آنها، قادر به کاهش موجودی خود شدند. حاصل این مطالعات، مدیریت توزیع نام گرفت. بعدها، با اضافه شدن مباحث مدیریت ساخت، تدارکات و سفارش‌ها به مدیریت توزیع، مفهوم لجستیک پدید آمد. زنجیره تأمین، نتیجه به هم پیوستن حلقه‌های عملیاتی مختلف است که در ابتدای آن، عرضه‌کنندگان و در انتهای آن مشتریان قرار دارند.

یک زنجیره تأمین، به جریان مواد، اطلاعات، وجوه و خدمات از کارگاه‌ها و انبارهای تأمین‌کنندگان مواد خام تا مشتریان پایانی اشاره دارد و شامل سازمان‌ها و فرایندهایی می‌شود که کالاها، اطلاعات و خدمات را ایجاد و به مصرف‌کنندگان تحویل می‌دهند. این زنجیره، شامل بسیاری وظایف نظیر: خرید، جریان وجوه، باربری مواد، برنامه‌ریزی و کنترل تولید، کنترل موجودی، لجستیکی، توزیع و تحویل می‌شود.

اهداف نرم‌افزار مدیریت زنجیره تأمین مدرن، کاهش عدم اطمینان و ریسک در زنجیره تأمین است. وجود این نرم‌افزار، به‌طور مثبتی بر سطوح موجودی، زمان چرخه، فرایندهای تجاری و سرویس‌های خدماتی به مشتری، تأثیر می‌گذارد. چنین زنجیره‌ای، فرایندی پویاست که فعالیت‌های همزمان، ارزیابی‌های مستمر از طرفین درگیر، فناوری‌های به‌کار رفته در آن و ساختار سازمانی را شامل می‌شود. این فناوری، امکاناتی را برای مشتریان فراهم می‌آورد تا حق انتخاب گسترده‌ای داشته باشند و به صورتی فزاینده به اطلاعات دسترسی پیدا کنند. هدف این فناوری، ایجاد ارزش برای مصرف‌کننده است. همه این عوامل بر افزایش سودآوری و رقابتی بودن کمک می‌کنند.

۱-زنجیره تأمین بالادست:

این بخش، شامل تأمین‌کنندگان اولیه (که می‌توانند مونتاژ کننده و یا سازنده باشند) و تأمین‌کنندگان آنهاست. همه این مسیرها از مواد سرچشمه می‌گیرند. فعالیت‌های اصلی این بخش، خرید و حمل است.

۲- زنجیره تأمین داخلی:

این بخش، شامل تمام پردازش‌های استفاده شده توسط یک سازمان در تبدیل داده‌های حمل شده به سازمان به‌وسیله تامین‌کنندگان، به خروجی‌ها از زمانی است که مواد وارد سازمان می‌شود تا زمانی که محصول نهایی برای توزیع به خارج سازمان حرکت می‌کند. فعالیت‌های این بخش، شامل حمل مواد، مدیریت موجودی، ساخت و کنترل کیفیت است.

۳- زنجیره تامین پایین دست:

این بخش، شامل تمام فرایندهای درگیر در توزیع و تحویل محصولات به مشتریان نهایی است. به فراوانی مشاهده شده است که زنجیره تامین، با واگذاری محصول یا مصرف آن، پایان می‌پذیرد. فعالیت‌های این بخش شامل بسته‌بندی، انبار و حمل است. این فعالیت‌ها ممکن است با استفاده از چندین توزیع کننده نظیر کل‌فروشان و خرده‌فروشان انجام شوند. این قسمت به همین ترتیب می‌تواند به سمت راست گسترش یابد.

زنجیره تامین در شکل‌ها و اندازه‌های مختلف وجود دارد و ممکن است بسیار پیچیده باشد. زنجیره تامین برای

یک خودرو شامل صدها عرضه کننده، هزاران کارگاه ساخت و مونتاژ، انبارها، دلال‌ها، فروشندگان تجاری مستقیم، عمده‌فروشـــان، مشتریان و وظایف پشـــتیبانی نظیر مهندسی محصول، آژانس‌های خرید، بانک‌ها و شرکت‌های نقل و انتقال است.

گفتنی اســـت کـــه جریان کالا، می‌توانـــد در جهت عکس اتفاق افتد، مثل جریان کالاهای برگشـــتی. لجســـتیک معکوس، شامل فرایند کالاهای عودتی و برگشتی و نحوه برخورد مناسب با این نوع اقلام و تمام عملیات مرتبط با مصرف مجدد کالا و مواد به منظور افزایش بهره‌وری، سوددهی و کارامدی بیشتر سازمان لجستیکی است. لجستیک معکوس، شـــامل تمام فعالیت‌های معکوس زنجیره تامین اســـت. به‌طور کلی لجستیک معکوس را می‌توان این‌گونه تعریف کرد: «انتقال دقیق، بموقع و درســـت مواد، اقلام و کالاهای قابل اســـتفاده و غیرقابل استفاده از انتهایی‌ترین نقطه و آخرین مصرف‌کنند، از طریق زنجیره تامین به واحد مناسب و مورد نظر». به بیانی دیگر، لجستیک معکوس «فرایند حرکت و انتقال کالاها و تولیداتی است که در زنجیره تامین، دارای قابلیت بازگشت هستند».

نباید فراموش کرد که لجستیک معکوس، نیازمند اشتراک مساعی خوب و نزدیک واحدهای تولید، بازاریابی، امور مالی، سیســـتم‌های اطلاعاتی و منابع انسانی برای جلوگیری از تضادها و برخوردهای ناهمگون احتمالی در زنجیره تامین اســـت. در لجســـتیک معکوس، بهبود مســـتمر از طرق مختلفی صورت می‌گیرد که عبارتند از: مصرف مجدد مستقیم که کالاها پس از تمیز شدن، بدون هیچ تغییری به مشتریان بازگردانده می‌شوند؛ بازیافت مواد که در آن، کاربری مواد و کالاها تغییر یافته و به مشتریان عرضه می‌شود؛ تعمیرات؛ بروز کردن مجدد؛ بازسازی و بهینه‌سازی که می‌تواند شامل تمامی موارد بازیافت مواد، تعمیرات و بروز کردن مجدد باشد.

انواع زنجیره تامین

در شـــرکت‌های تولیدی ســـنتی، کالاها پس از تولید، در انبارها و مکان‌هایی دیگر نگهداری می‌شـــدند. این امر، زنجیره تامین را پیچیده‌تر می‌کرد. اگر شـــرکت از مدل تجاری ســـاخت بر مبنای سفارش استفاده کند، هیچ نیازی برای انبارکردن محصولات ســـاخته شـــده نخواهد داشـــت، اما در عین حال به انبار مواد خام و اجزای سازنده، نیاز خواهد داشت. بنابراین، واضح است که زنجیره‌های تامین به ماهیت فعالیت‌های شرکت‌ها وابسته‌اند.

الف- ساخت تجمعی برای ذخیره کردن:

مدل زنجیره تامین ســـاخت تجمعی برای ذخیره کردن، بر تقاضاهای جهت‌دار مشـــتری در زمان واقعی، به‌منظور ذخیره کاری موجودی کالای ســـاخته شـــده، تمرکز دارد. تجمع ذخیره، اغلب از طریق اســـتفاده از یک سیســـتم اطلاعاتی کاملاً یکپارچه انجام می‌شـــود (SCM/ERP). چنین سیســـتمی می‌تواند اطلاعات تقاضاهای زمان واقعی را کـــه برای تعدیل و توســـعه برنامه‌هـــا و نیز برنامه‌های عملیاتی تولید مورد اســـتفاده قـــرار می‌گیرند، جمع‌آوری کرده و اقدام به ذخیره اقلام مورد نیاز مشـــتریان کند. این‌گونه سیســـتم‌ها، فعالیت‌های برنامه‌ریزی توزیع، ساخت، برنامه‌ریـــزی تفصیلی، کنترل موجودی، هماهنگـــی تامین با چندین کانال توزیع، جریـــان اطلاعات صحیح درباره تقاضا، سرمایه‌گذاری، ظرفیت موجودی، برنامه‌ریزی تفصیلی نقل و انتقال و غیره را به‌طور یکپارچه انجام می‌دهند.

ب- ذخیره کردن مستمر:

ایده این مدل، برپایه پرکردن مجدد و مستمر موجودی تخلیه شده از طریق همکاری نزدیک با تامین‌کنندگان و یا واسطه‌ها، استوار است. برای تحقق این مدل، به ارتباطی محکم بین فرایند اجرای سفارش و فرایند تولیدی نیاز

است. این مدل، کاربردی‌ترین مدل برای محیط‌هایی با الگوهای تقاضای ثابت است.

پ- ساخت برای سفارش:

مفهوم این مدل، برپایه سفارش برای مونتاژ بلافاصله پس از دریافت سفارش، استوار است. تحقق این مدل، به مدیریت مفید موجودی‌های اجزاء و تحویل تدارکات مورد نیاز طی زنجیره تامین، نیاز دارد. یک راه‌حل برای غلبه بر این نیاز، استفاده چند منظوره از دستگاه‌ها برای تولید کالاست. یکی از مزیت‌های اصلی این مدل، ادراکی است که هر مشتری می‌تواند از محصول مورد نیاز خود تجسم کند. در این مدل، هر مشتری، کالای خود را سریعاً دریافت می‌کند.

ت- مونتاژ کانالی۱:

این مدل، نتیجه تعدیل جزئی در مدل ساخت برمبنای سفارش است. در این مدل، بخش‌های هر محصول به هنگام حرکت در کانال توزیع، جمع‌آوری و مونتاژ می‌شوند. مثلاً، می‌توان بعضی شرکت‌های رایانه‌ای را نام برد که در زنجیره توزیع بخش‌های رایانه، آنها را خریداری و مونتاژ کرده و سپس به مشتری تحویل می‌دهند. بنابراین، سفارش رایانه‌ای مشتری، تنها باید برای قرار گرفتن در یک وسیله بلکه تحویل به وی جمع شود.

ث- زنجیره تامین جهانی:

زنجیره تامینی که تامین‌کنندگان یا مشتریان را در کشورهای مختلف درگیر خود می‌کند، زنجیره تامین جهانی نامیده می‌شود. دلایل اصلی ورود شرکت‌ها به زنجیره تامین جهانی، عبارتند از: قیمت‌های پایین‌تر مواد، خدمات و نیروی انسانی؛ دسترسی به آن دسته از محصولات و فناوری که در داخل وجود ندارد؛ کیفیت بالای محصولات بازارهای جهانی؛ استراتژی‌های فروش جهانی شرکت؛ تشدید رقابت جهانی و کاهش هزینه شرکت؛ نیاز به توسعه حضور خارجی و بازرگانی بین‌المللی.

برخی مشکلاتی که ممکن است در زنجیره‌های تامین جهانی وجود داشته باشند، عبارتند از: مشکلات حقوقی، دستمزدها و مالیات‌های دادوستد، اختلاف فرهنگی و زبانی، تغییرات سریع در نرخ پول‌های رایج تبادلی و نیز عدم ثبات سیاسی.

مشکلات زنجیره تامین و منابع آنها

در جهان تجارت، نمونه‌های بی‌شماری از شرکت‌هایی وجود دارد که قادر نیستند به سطح تقاضایشان برسند و در نتیجه، متحمل موجودی‌های هزینه‌بر و زیاد پروژه‌ای می‌شوند.

مشکلات زنجیره تامین به‌طور کلی از دو منبع ناشی می‌شوند:

۱- عدم اطمینان:

یکی از منابع اصلی عدم اطمینان زنجیره تامین، پیش‌بینی تقاضاست. پیش‌بینی تقاضا، از چندین عامل نظیر رقابت، قیمت‌ها، شرایط فعلی، توسعه تکنولوژیکی و سطح عمومی تعهد مشتریان، تاثیر می‌پذیرد. دیگر عامل عدم اطمینان زنجیره تامین، زمان‌های تحویل است که خود به عواملی مانند نسبت خرابی ماشین‌ها در فرایند تولید خطی، فشردگی ترافیکی که در حمل و نقل دخالت می‌کند و مشکلات کیفیت مواد که ممکن است به وجود آورنده تأخیرات تولید باشند، وابسته است.

۲- عدم هماهنگی:

این نوع مشـــکلات، هنگامی رخ می‌دهند که: بخشـــی از شـــرکت با دیگر بخش‌های آن ارتباط خوبی ندارد؛ پیغام شـــرکت برای شـــرکای تجاری غیرقابل فهم است؛ بخش‌های شرکت از بعضی مسائل آگاهی ندارند و یا بسیار دیر از آنچه که مورد نیاز و یا آنچه که باید اتفاق بیفتد آگاه می‌شوند.

راه‌حل‌های مشکلات زنجیره تأمین

ســـازمان‌ها راه‌حل‌های زیادی برای مشـــکلات زنجیره تأمین پیدا کرده‌اند. در این قسمت، ابتدا راه‌حل‌ها را مطرح می‌کنیم، سپس در مورد پشتیبانی فناوری اطلاعات راه‌حل‌های ارائه شده، بحث خواهیم کرد.

راه‌حل‌ها: برای رفع مشـــکلات زنجیره تأمین، ســـه دسته فنون وجود دارد. دسته اول، فنونی هستند که با طراحی و عرضه قطعات، عرضه‌کنندگان، مدیریت ارتباطات بین عرضه‌کنندگان و ارتباط ســـازمان با عرضه‌کنندگان ارتباط دارند. دسته دوم، فنونی هستند که باسیستم‌های تولیدی، مدیریت موجودی و مسائل داخلی سازمان ارتباط دارند. دســـته ســـوم، مجموعه تدابیری هستند که در مورد توزیع کنندگان، خریداران، وفاداری خریداران و هماهنگی آنها با سازمان، باید لحاظ شوند.

برخی موارد در این زمینه عبارتند از:

۱- ادغام عمودی

۲- کنترل موجودی

۳- تکنیک‌های مناسب با برنامه‌ریزی تولید

الف- تکنیک‌های تولیدی بموقع

ب- تکنیک‌های برنامه‌ریزی مواد مورد نیاز

پ- عملیات همزمان

۴- استراتژی‌های کاهش عدم اطمینان

در محیط تجاری رقابتی امروزه، کارایی و ثمربخشـــی زنجیره تأمین در بیشـــترین ســـازمان‌ها، بحرانی بوده و به هماهنگی اطلاعاتی بین بخش‌های مختلف ســـازمان، سیستم‌های پشتیبانی اطلاعات و یکپارچه‌سازی سیستم‌های مختلف، وابستگی گسترده‌ای دارد.

پشتیبانی فناوری اطلاعات از زنجیره تأمین و ادغام سیستم‌ها:

مفهوم زنجیره تأمین با رایانه‌ای شـــدن فعالیت‌های آن طی ۵۰ ســـاله اخیر، توســـعه چشمگیری یافته است. مثلاً، پشتیبانی فناوری اطلاعات از سیستم‌های برنامه‌ریزی و تولیدی را می‌توان به عنوان تولید رایانه‌ای یکپارچه نام برد که از طریق انسجام سخت و نرم‌افزاری انواع تکنولوژی‌های GT, CAM, CAD, MRP, JIT و... صورت می‌پذیرد.

به‌طور کلی، چهار گروه نرم‌افزاری از زنجیره تأمین پشتیبانی می‌کنند که عبارتند از:

۱- نرم‌افزارهای برنامه‌ریزی منابع مؤسسه (ERP)

۲- نرم‌افزارهای مدیریت زنجیره تأمین (SCM)

۳- نرم‌افزارهای بهینه‌سازی تولید (OPT)

۴- نرم‌افزارهای تجزیه و تحلیل (ANAL)

۱- نرم‌افزارهای گروه ERP:

این دسته از نرم‌افزارها، براساس سیستم برنامه‌ریزی منابع که قبلاً معروف به سیستم برنامه‌ریزی مواد (MRP) بود، طراحی شـده‌اند. نرم‌افزارهای ERP سعی می‌کنند براساس مفاهیمی از MRP، عملکردها و بخش‌های خارج از حوزه‌های برنامه‌ریزی تولید را یکپارچه و هماهنگ سازند.

۲- نرم‌افزارهای گروه SCM:

ایـن نرم‌افزارهـا، به طـور عمده برهمخوانی بخش تأمین و تقاضا تأکید داشـته و تمامی وظایف کسـب و کار را تعقیب نمی‌کنند. اکثر این نرم‌افزارها، از روش‌های پیش‌بینی پیشرفته برای برنامه‌ریزی تقاضا، از واحد زمانبندی و برنامه‌ریزی تولید برای برنامه‌ریزی تأمین و از ابزارهای تجزیه و تحلیل برای بررسـی همخوانی بین تقاضا و تأمین، استفاده می‌کنند.

۳- نرم‌افزارهای OPT:

از این گروه که بر پایه قوانین اسـتوارند، برای بهینه‌سـازی مبتنی‌بر محدودیت، اسـتفاده می‌شـود. این رویکرد، سـاختمان مـدل یک سیسـتم را دقیقاً با قوانین نه‌گانـه OPT هماهنگ کرده و راه‌حل مناسـب را پیدا می‌کند. نرم‌افزارهـای OPT تقریباً از تمامی روش‌های مدل‌سـازی نظیـر: برنامه‌ریزی خطی، عدد صحیح، بهینه‌سـازی، مدل‌سازی شبکه‌ای و حتی شبیه‌سازی، استفاده می‌کنند.

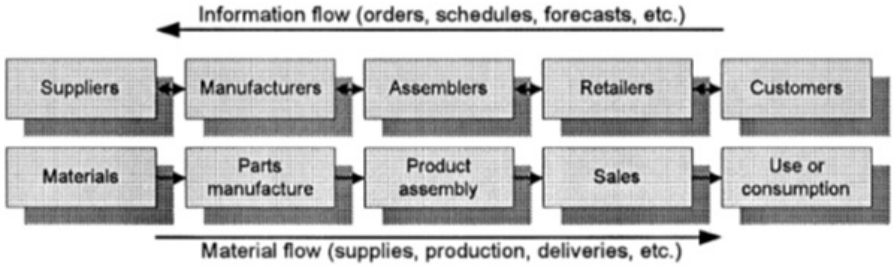
۴- نرم‌افزارهای ANAL:

این نرم‌افزارها تعامل اندکی با دیگر گروه‌های حوزه زنجیره تأمین دارند. از این نرم‌افزارها، برای شناخت و تحلیل پویایی سیستم یا طراحی راهبردی، استفاده می‌شود.

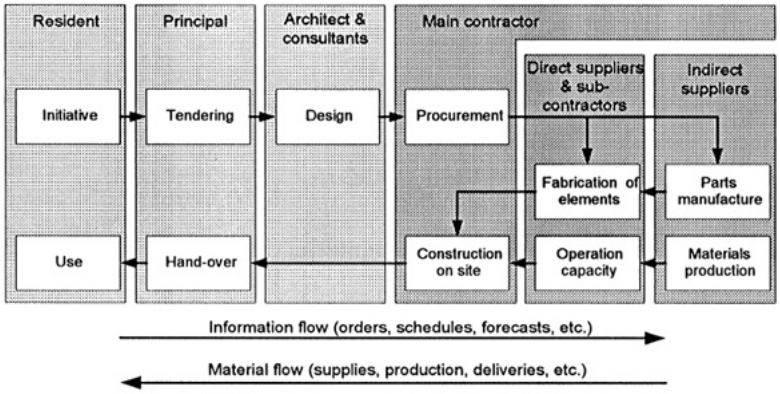
برنامه‌ریزی نیازمندی مواد MRP:

در گذشـته، بیشـتر مراوده‌های تجاری با کاغذ انجام می‌شـدند. هنگامی که رایانه‌ها وارد تجارت شـدند، افراد می‌خواستند فعالیت‌های زنجیره تأمین نیز خودکار شوند. اولین برنامه‌ها در اوایل دهه ۱۹۶۰، فقط بخش کوچکی از زنجیره تأمین مثل سیسـتم‌های مدیریت موجودی و برنامه‌ریزی تفصیلی تولیدی را پشتیبانی می‌کردند. چنین کاربردهایی، در زمینه‌های وظیفه‌ای و مسـتقل از یکدیگر، گسـترش پیدا کردند. این امر باعث انحراف بیشـتر در طول زمان شد و ادغام آنها را مشکل‌تر ساخت. اندکی بعد، مشخص شد بین تعدادی از فعالیت‌های زنجیره تأمین، وابسـتگی لازم وجود دارد. این امر ابتدا در مورد برنامه‌ریزی تفصیلی تولید، مدیریت موجودی و برنامه‌های خرید، روشن شد. در نتیجه، مدل برنامه‌ریزی نیازمندی مواد به وجود آمد. با گذشت زمان، بعضی کاربردهای برنامه‌ریزی نیازمنـدی مواد شکسـت خوردند. یکی از دلایل اصلی این‌گونه شکسـت‌ها این بود کـه عملیات خرید/ موجودی/ برنامه‌ریزی تفصیلی، هم با منابع مالی و هم با منابع نیروی انسانی ارتباط نزدیک دارد، اما این موارد در بسته‌های برنامه‌ریـزی نیازمندی مواد، گنجانده نمی‌شـدند. تشـخیص این شکسـت‌ها منجر به ایجاد نرم‌افـزار و متدولوژی برنامه‌ریزی نیازمندی مواد پیشرفته شد که برنامه‌ریزی منابع تولید (MRPII) نام گرفت.

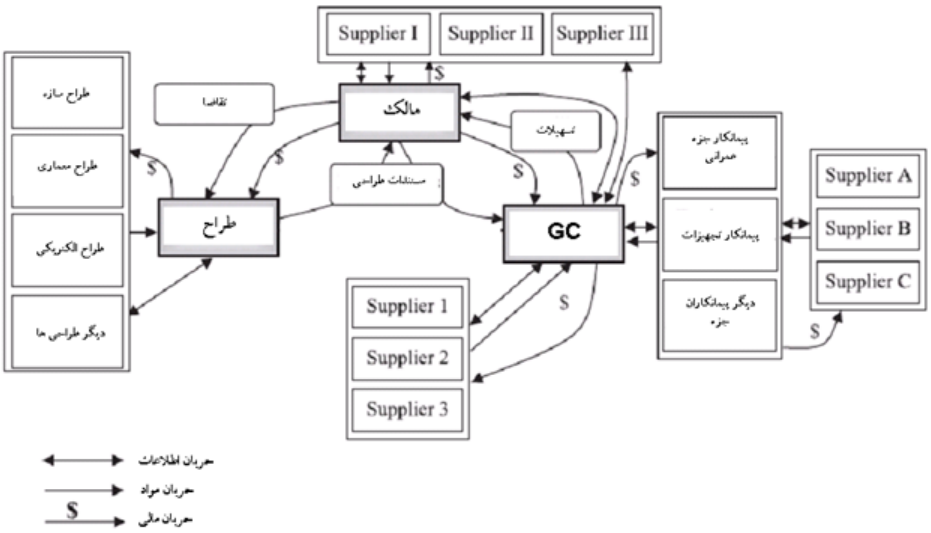
زنجیره تامین در صنایع تولیدی(SCM)



زنجیره تامین صنعت ساختمان(C-SCM)



زنجیره تامین صنعت ساختمان(C-SCM)



ساختار تفکیک (شکست) کارWBS

نمونه‌ای از تفکیک عملیات اجرایی یک ساختمان

ساختار شکست کار	شرح	درصد
۱	**تجهیز کارگاه**	**۳/٤٦٥**
۱/۱	تجهیز کارگاه	۳/۴۶۵
۲	**خاکبرداری**	**۱/۰۰۲**
۲/۱	گودبرداری با ماشین	۰/۷۸۸
۲/۲	خاکبرداری دستی و رگلاژکف	۰/۲۱۴
۳	**فونداسیون**	**۷/۱۲۰**
۳/۱	اجرای بتن مگر	۰/۳۷۶
۳/۲	ساخت و نصب آرماتور	۳/۸۱۰
۳/۳	قالب‌بندی فونداسیون	۰/۶۶۲
۳/۴	بتن‌ریزی فونداسیون	۲/۲۷۲
٤	**اسکلت**	**۱۹/۳۰۷**
۴/۱	اجرای بیس پلیت ستونها	۰/۴۷۷
۴/۲	ساخت و نصب ستونها	۷/۰۴۳
۴/۳	ساخت تیرهای زنبوری و حمال	۵/۵۷۱
۴/۴	ساخت و نصب بادبندها	۳/۵۸۴
۴/۵	ساخت و نصب تیر پله	۰/۶۲۸
۴/۶	اتصالات، جوشکاری و ضد زنگ	۱/۲۰۸
۴/۷	اجرای سقف شیبدار	۰/۷۹۶
٥	**سقف‌سازی**	**۹/٤۲٦**
۵/۱	ساخت تیرچه‌های فلزی	۳/۳۲۶
۵/۲	اجرای سقف همکف	۲/۸۳۷
۵/۳	اجرای سقف اول	۲/۶۲۲
۵/۴	اجرای کنسولها و پله	۰/۶۴۱
٦	**سقف‌کاری**	**۷/۵۰۰**
۶/۱	خاکریزی پی و پشت دیوارها	۰/۴۰۷
۶/۲	اجرای دیوار چینی طبقات	۶/۲۰۵
۶/۳	ساخت و نصب نعل درگاهها	۰/۷۴۱
۶/۴	چهارچوب، فریم پنجره‌ها	۰/۱۴۷

تعیین معیارهای لازم برای وزن دهی:

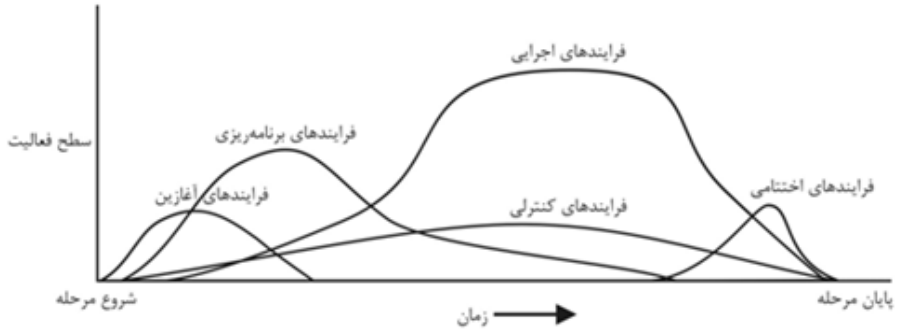
۱- مدت زمان فعالیت
۲- هزینه فعالیت
۳- میزان بحرانی بودن هر فعالیت/ شناوری فعالیت
۴- ضرورت تحقق فعالیت برای انجام پروژه
۵- نیازمندی های منابع
۶- پس نیازهای فعالیت
۷- پیچیدگی های فنی و مهندسی (در ساخت یا طراحی)
۸- صعوبت در تامین
۹- ریسک پذیری فعالیت
۱۰- مدیریت پذیری فعالیت
۱۱- نظرات کارشناسی
۱۲- نظرات مدیریتی
۱۳- موارد زیست محیطی
۱۴- مسائل امنیتی و ایمنی

تغییر WBS ← **منجر به** ← **تغییر Supply Chain**

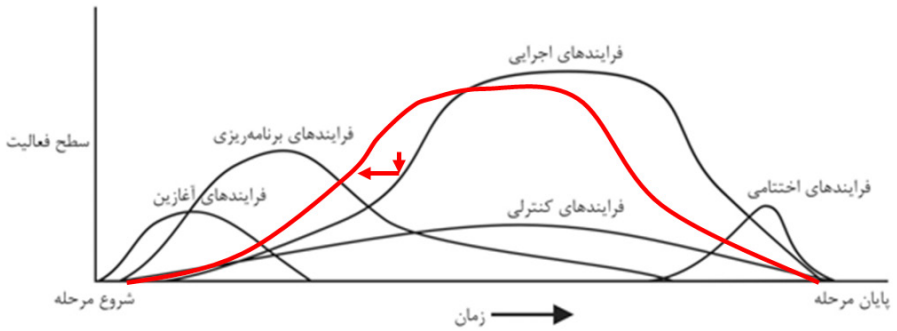
کاهش حجم فعالیت های On site
افزایش حجم فعالیت های Off site
ادغام برخی فعالیت ها در هم
حذف برخی فعالیت ها

تغییر Supply Chain ← **منجر به** ← **تغییر ProjectManagement**

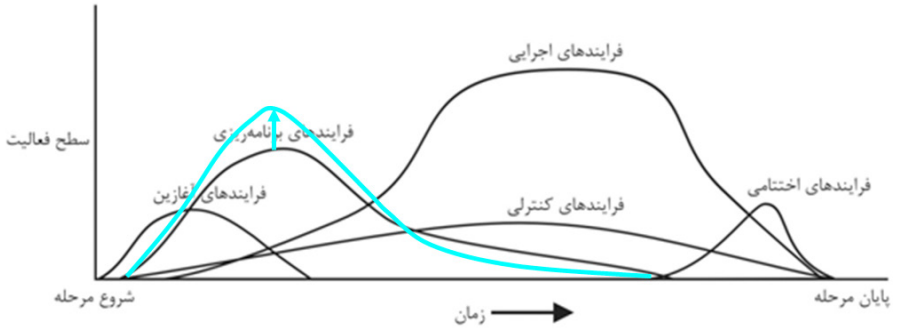
سطح فعالیت فرایند ها در یک زنجیره تامین سنتی



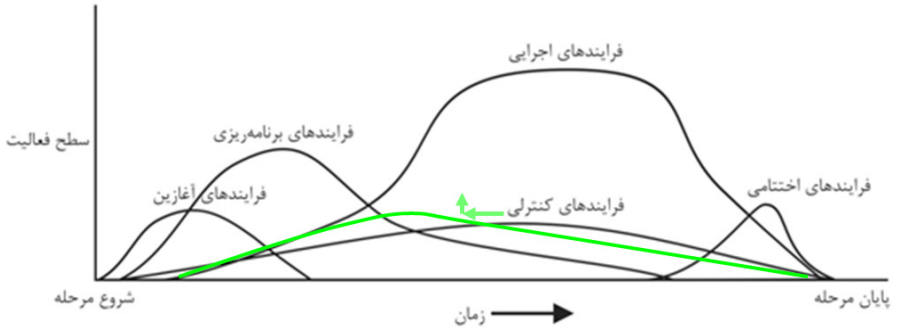
تغییر سطح فعالیت فرایند های اجرائی در یک زنجیره تامین صنعتی



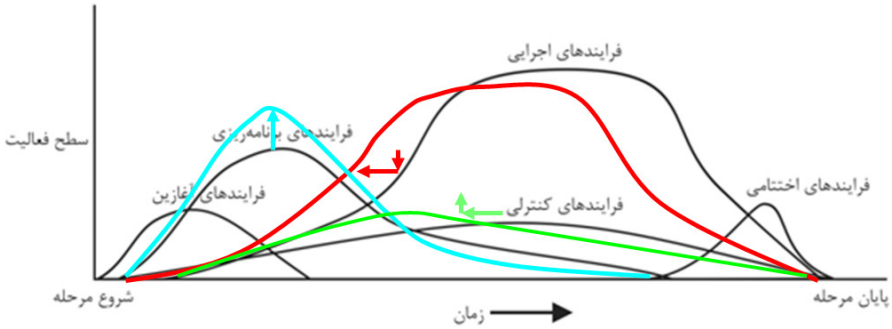
تغییر سطح فعالیت فرایندهای برنامه ریزی در یک زنجیره تامین صنعتی



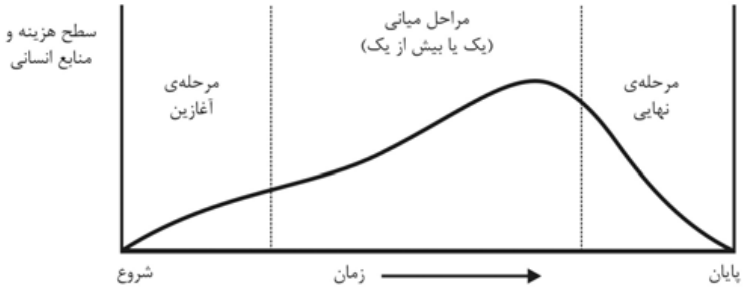
تغییر سطح فعالیت فرایند های کنترلی در یک زنجیره تامین صنعتی



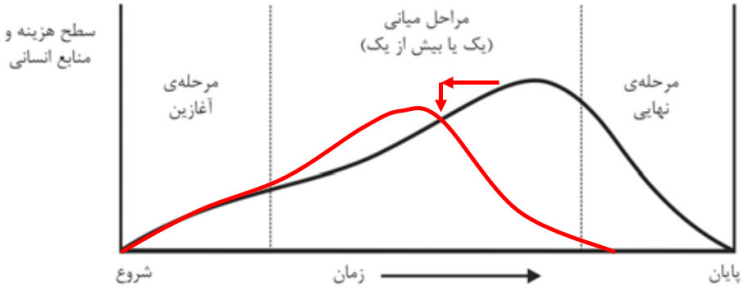
مقایسه کلیه تغییرات سطح فعالیت فرایند ها در یک زنجیره تامین سنتی و صنعتی



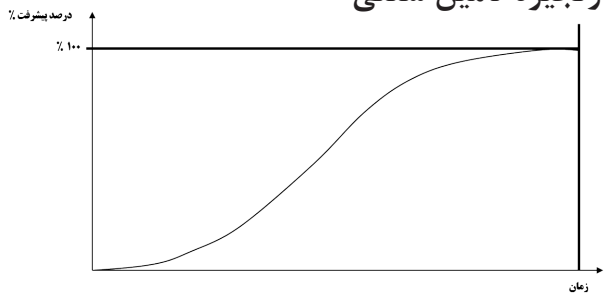
سطح هزینه و منابع انسانی در یک زنجیره تامین سنتی



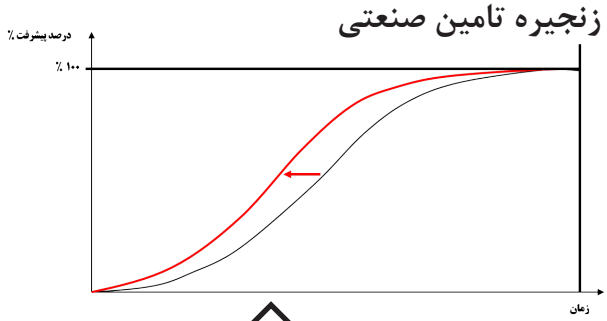
تغییر سطح هزینه و منابع انسانی در یک زنجیره تامین صنعتی



منحنی S-Curve در یک زنجیره تامین سنتی



منحنی S-Curve در یک زنجیره تامین صنعتی



فصل سوم

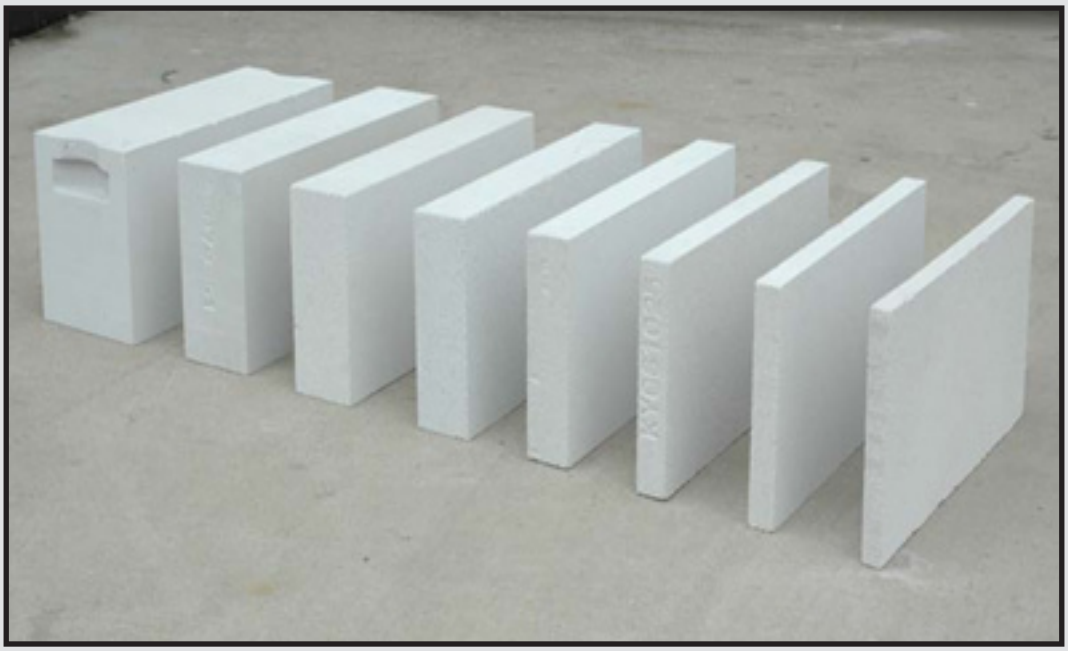
بتن سبک گازی
AAC

گردآورندگان:

سید کاوه موذن جمشیدی

علی صادقی

حسام شفیع‌پور



مشخصات فیزیکی

اصولا بتن‌ها بر حسب چگالی خود به سه دسته‌ی سبک ، نیمه سبک و سنگین تقسیم می‌شوند. بتن‌های با چگالی زیر $1750kg/m^3$ را بتن سبک ، بین $2200kg/m^3$ تا $2600kg/m^3$ را نیمه سبک و بالاتر از $3000kg/m^3$ تا $5000kg/m^3$ را سنگین می‌گوییم که در سازه‌های خاص کاربرد دارند.

بتن های سبک خود به سه دسته ی دانه سبک ، بدون ریزدانه و همراه با مواد شیمیایی تقسیم می‌شوند. بتن های دانه سبک شامل بتن های حاوی مواد معدنی (گدازه های آتش‌فشانی سرد شده) ، بتن های حاوی ضایعات کوره دودی صنایع (استفاده از سرباره‌ها) و نیز مواد مصنوعی (مانند خاک رس ویرلیت) می‌شود.

نوع دوم بتن‌های سبک ، بتن‌های بدون ریزدانه هستند. در این بتن‌ها ، به دلیل عدم وجود ریزدانه ، فضای بین دانه‌های بزرگ‌تر خالی می‌ماند که باعث سبکی بتن می‌شود.

نوع سوم بتن‌های سبک ، بتن‌های کفی یا فوم بتن‌ها و بتن‌های گازی است که درباره‌ی مورد عخیر بحث و بررسی خواهیم کرد.

بتن گازی اولین بار در سال ۱۹۲۴ توسط یک دانشمند سوئدی تهیه شد. انگیزه از اختراع این ماده این بود که مصالحی داشته باشیم که خواص مثبت چوب مانند عایق بودن ، کار پذیری و سبکی را داشته باشد. ولی معایب آن مانند اشتعال پذیری و پوسیدگی را نداشته باشد.

بتن سبک از **ماسه‌ی سیلیسی ، آهک ، سیمان ، آب و پودر آلومینیوم** تشکیل می‌شود که در ادامه در مورد هر کدام به اختصار توضیحاتی اراده می‌گردد.

ماسه‌ی سیلیسی

ماسه ی سیلیسی ، پایه‌ی بتن گازی و از مهم‌ترین عوامل مقاومت در بتن است که حدود ۷% حجم آن را تشکیل می‌دهد.

در هر ۱ مترمربع بتن سبک ، حدود ۳۵۰ ماسه‌ی سیلیسی به‌کار می‌رود. البته باید به کیفیت ماسه‌ی مصرفی نیز توجه داشت. ماسه‌ی سیلیسی مورد مصرف بایستی دارای درصد خلوص بالای ۸۰ % باشد. همچنین با توجه به این که سیلیس ماده‌ی سختی است و فرآیند خردکردن آن بسیار سخت و هزینه بر است ، قطر دانه های مصرفی نباید از ۴mm تجاوز کند.

پس از تهیه‌ی ماسه‌ی سیلیسی نیاز به خرد کردن آن داریم. زیرا با خرد کردن آن ، سطح تماس مصالح با همدیگر بیش‌تر شده و به عبارتی دیگر نرمی بیشتر می‌گردد. به این منظور ماسه را درون باسمیل قرار می‌دهند. باسمیل‌ها استوانه‌هایی با سطوح داخلی فرسایشی هستند که درون آن‌ها توپ‌هایی فلزی قرار دارد. سیلیس به صورت تَر (همراه با آب) در باسمیل آسیاب شده و قطر دانه های آن به زیر ۱۰۰ میکرون می‌رسد.

آهک

یکی دیگر از مواد تشـکیل دهنده‌ی بتن گازی اسـت که حدود ۱۵% حجم آن را تشـکیل می‌دهد. البته در بتن گازی ما به آهک زنده نیاز داریم که از حرارت دادن سنگ آهک طبق واکنش زیر به دست می‌آید:

$CaCO_3$ + حرارت => $CaO + CO_2$ و CaO= آهک زنده

مهم‌ترین مساله در این فرآیند ، درصد خلوص آهک است. برای به‌دست آوردن آهک زنده ، از روش‌های سختی و یا روش‌های جدید اسـتفاده می‌شـود. ولی حتی در روش‌های جدیدتر که تقریباً مشـابه کوره‌های سیمان است ، هم در ایران خلوص بیش از (۴۰-۴۵) % نداریم. این در حالی اسـت که به آهک زنده با خلوص ۷۰ % نیازمندیم. به همین علت AAC هنوز در ایران رایج نشده است.

از نظر ناخالصی تنها محدودیتی که دارد میزان MgO است که نباید مقدار این ماده در سنگ آهکی که آهک از آن به دست آمده، بیش از ۲ درصد باشد.

نکته‌ی مهم دیگری که در استفاده از آهک باید مدنظر داشت ، این است که اکسید منیزیم آن باید کم‌تر از ۲۰ % باشد. اکسید منیزیم در واکنش‌ها شرکت نمی‌کند و بعد از مدتی متبلور شده و باعث انهدام قطعه می‌شود.

مقدار مصرف این محصول ، ۱۰۰ کیلوگرم در متر مکعب است.

سیمان

۱۲ تا ۱۵ درصد از حجم بتن را سـیمان تشـکیل می‌دهد. سـیمان مورد استفاده در باتن گازی ، همان سیمان معمولی اسـت. ولی در کاربری‌های خاص می‌توان از سـیمان‌های دیگر نیز اسـتفاده کرد. عوامل مهم در انتخاب سیمان، زمان گیرش آن، مقدار قلیایی بودن محیط، درصد سولفات و میزان نرمی آن است. برای هر متر مکعب AAC تقریبا ۱۰۰ کیلوگرم سیمان مورد نیاز است.

آب

از مواد دیگر شـرکت کننده در فرآیند تولید بتن گازی اسـت که باعث انجام واکنش هیدراتاسـیون شـده و نیز دمای حاصله از واکنش را تعدیل می‌کند. به طور کلی نقش آب را در تولید بتن گازی می‌توان به سـه دسـته‌ی زیر تقسیم نمود:

- برای انجام واکنش های هیدراتاسیون آهک و سیمان
- تشکیل سیلیکات کلسیم در اتوکلاو
- تشکیل دوغاب و سیال کردن مخلوط

پودر آلومینیوم

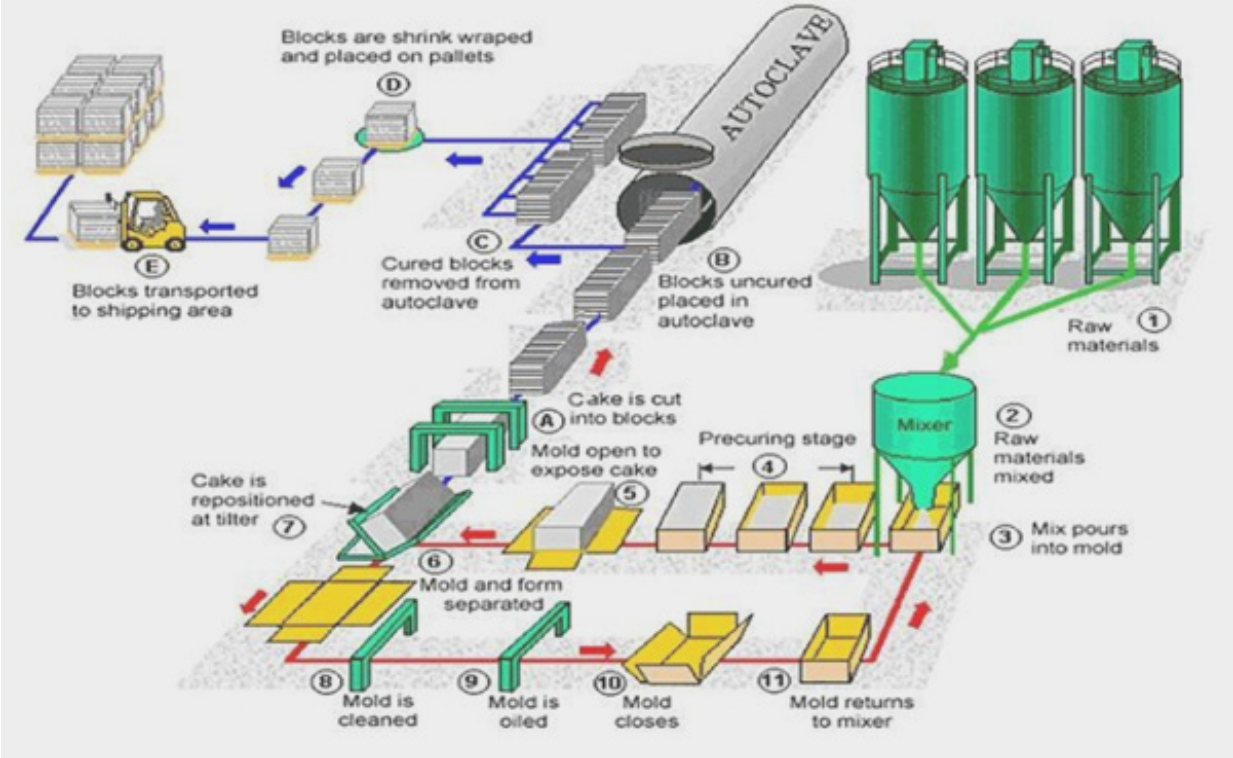
پـودر آلومینیـوم ، مهم‌ترین ماده در تولید بتن گازی اسـت و عامل تخلخل آن می‌باشـد. با این حال این ماده کم‌تر از ۱ % حجمی بتن گازی را تشـکیل می‌دهد. به عبارتی دیگر در هر $1m^3$ بتن گازی ، حدود ۴۰۰g پودر آلومینیوم به کار می‌رود. این ماده عامل اصلی تخلخل AAC است.

فرآیند تولید بتن گازی:

ابتدا مواد به سـیلوها رفته و در آن‌جا فراوری و دپو می‌شـود. سـپس در مرحله‌ی بعد با توجه به نوع کاربری و مقاومت مورد نیاز ، درصد اختلاط تعیین شـده و بر اسـاس آن ، مواد جمع‌آوری شـده وارد میکسر می‌شوند. در

پایان ، پودر آلومینیوم را اضافه کرده و دوغاب حاصله را سـریعاً داخل قالب‌ها می‌ریزند. قالب‌ها دارای عرضی بین ۱,۲ تا ۱,۵ متر و طولی به اندازه‌ی ۶ متر و ضخامت ۷۰ cm می‌باشـند. کم‌تر از نصف حجم قالب را دوغاب ریزی می‌کنند. زیرا که با گذشت زمان و در اثر واکنش پودر آلومینیوم با سایر مواد دوغاب ، افزایش حجم می دهدو بعد از گذشـت ۲ تا ۳ سـاعت (که گیرش اولیه انجام شده اسـت) قالب‌ها را باز می‌کنیم و در دو مرحله برش می‌زنیم. عملیات برش‌زنی به این ترتیب اسـت که سـیم‌هایی با فاصله‌ی تنشـیم شـده قرار داده و بلوک‌ها را از آن‌ها عبور می‌دهیم تا دو برش عمودی و افقی در آن‌ها ایجاد گردد.

پس از پایان عملیات برش‌زنی ، بلوک‌های حاصله وارد اتوکلاو می‌شـوند. اتوکلاو یک محفظه با ورقه‌ی فلزی به ضخامت ۲۰mm است و درون این استوانه ، دما بالغ بر ۱۸۰ درجه‌ی سانتیگراد ، فشار ۱۴ اتمسفر و از بخار آب اشباع می‌باشد. بلوک‌ها در اتوکلاو و با این شرایط طی ۱۲ ساعت به مقاومت ۲۸ روزه رسیده و آماده‌ی بهره‌برداری می‌شوند.



قابل ذکر اسـت که ما در این فرآیند ، صرفاً به دنبال تولید بلوک نیسـتیم. بلکه سـایر محصولات مانند پانل هم در این چرخه تولید می‌شـود. برای تولید پانل ، شـبکه‌ای از آرماتور را در دوغاب قرار می‌دهیم. در این حالت دیگر برش عمودی نخواهیم داشت.

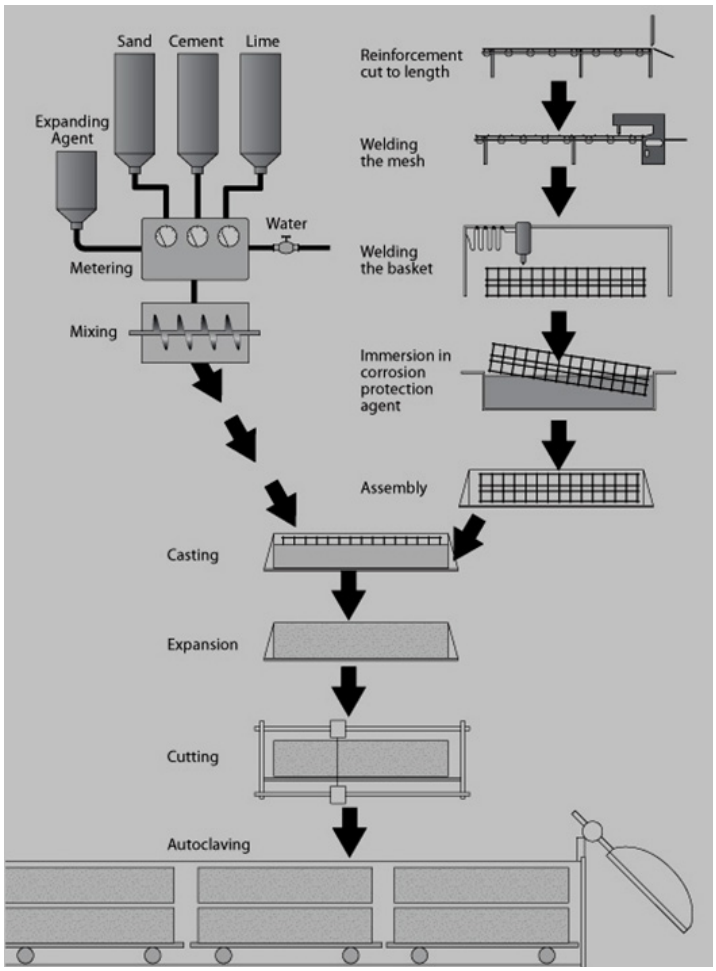
علت افزایش حجم دوغاب:

دیدیم که در اوایل فرآیند تولید ، ما کم‌تر از نصف حجم دوغاب ریزی کردیم و با گذشت مدتی ، دوغاب افزایش حجم داد. دلیل این اتفاق ، واکنش‌های شـیمیایی رخ داده بین مواد اولیه با پودر آلومینیوم اسـت. در ابتدا آهک زنده با آب واکنش می‌دهد که در اثر آن ، آهک هیدراته تولید می‌شـود (همراه با آزاد شـدن حرارت) سپس آهک هیدرانـه بایـد در آلومینیوم واکنش می‌دهد که در اثر آن گاز H_2 آزاد می‌شـود که عامل تخلخل در بتن اسـت و

موجب افزایش حجم می‌گردد. این فرآیند باعث سبک شدن بتن و عایق شدن مصالح تولیدی می‌شود.
در پایان قابل ذکر است که سیلیکات کلسیم هیدراته عامل مقاومت در بتن است.

خط تولید پانل مسلح

تمام اقدامات صورت گرفته در این بخش عینا مانند فرآیند تولید بلوک است تنها قبل از ریختن دوغاب در قالبها، مشهای فولادی که قبلا بر اساس مشخصات محاسباتی تهیه شده در قالب تعبیه می‌شوند. برای تولید این محصول فقط برش طولی انجام می‌شود و برش عمودی در پروسه حذف می‌گردد.



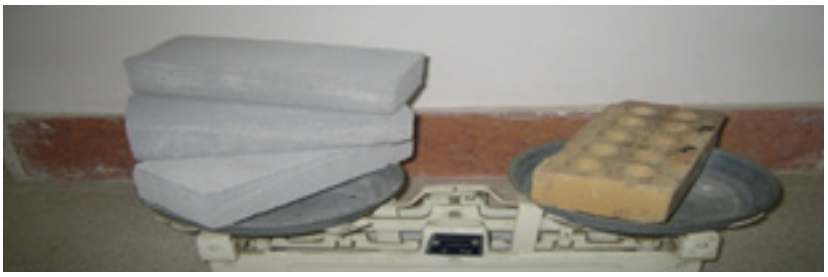
ویژگی های بتن AAC

جرم حجمی:

جرم حجمی بتن AAC ، بسته به درصد اختلاط آن در بازه‌یkg/m^3(۳۰۰-۸۰۰) است. هرچه این عدد پایین‌تر باشد ، نشان‌دهنده‌ی مرغوب‌تر بودن بتن است و در ایران ، بتن AAC تولیدی ، جرم حجمی‌ای بین ۵۰۰ تا ۶۰۰ کیلوگرم بر مترمربع دارد. با مقایسه‌ی جرم حجمی بتن گازی با مصالح رایجی مانند آجر kg/m^3(۱۸۰۰) و سفال kg/m^3(۱۲۰۰) به این نتیجه می‌رسیم که این محصول بسیار سبک است که مزیت هایی را در ساختمان سازی به دنبال دارد.

وزن:

یک مترمکعب بلوک AAC حدود ۵۵۰ تا ۶۰۰ کیلوگرم وزن دارد که حدود یک سوم متر مکعب آجر فشاری وزن دارد.



مقاومت مکانیکی:

بتن گازی مقاومتی برابر با kg/cm^2 ۳۵ یا MPa ۳/۵ دارد. حداقل مقاومت فشاری قابل قبول یک عضو ، MPa ۲/۵ است. بتن گازی مقامتی بالاتر از این مقدار را تامین می‌کند. درضمن بتن گازی ، مقاومت برشی‌ای برابر با ۲۵ تا ۳۳ درصد مقاومت فشاری آن و مقاومت کششی‌ای برابر با ۱۵ تا ۲۵ درصد مقاومت فشاری‌اش دارد.

ابعاد بلوک:

بلوک‌های بتن گازی ، دارای ابعادی به اندازه ی ۶۲,۵ * ۲۵ و ضخامتی به اندازه ی ۷,۵ تا ۵۰ سانتی‌متر هستند که نسبت به بلوک‌های آجری و سفالی بسیار بزرگ‌تر می‌باشند. در نتیجه استفاده از بلوک‌های گازی ، سرعت ساخت عملیات را بالا می‌برد.

انبساط حرارتی بتن گازی ، $m/^oc\ 8\times10^{-6}$ است که از فولاد و بسیاری از مصالح دیگر ، بسیار کم‌تر است.

انبساط ناشی از رطوبت بتن گازی ، ۴ % (۲ % در هنگام بهره‌برداری) است که قابل قبول است.

انقباض ناشی از خشک شدن:

انقباض AAC از اشباع کامل تا خشک شدن برابر ۰,۰۴ درصد است که این عدد برای چگالی ۵۵۰ کیلوگرم بر مترمکعب و شرایط تولید معمولی می‌باشد.

کارپذیری بالا:

از ویژگی‌های مهم بتن گازی ، کارپذیری آن است. یعنی می‌توان از تمام وسایل چون چکش ، دریل و... در آن استفاده کرد.

مقاومت در برابر آتش:

یک ویژگی بسیار مهم بتن گازی ، مقاومت آن در برابر آتش است که در بحث های آینده به طور کامل به آن می‌پردازیم.

جذب آب:

AAC با توجه به ساختار حفره ای خود می‌تواند تا ۶۰ درصد وزنی آن جذب نماید که تا ۴۰ درصد وزنی به صورت نفوذ و پس از آن به صورت موئینگی می‌باشد. مقدار جذب آب می‌تواند از عواملی مانند ساختار حفره ها، اندازه قطعه، هدایت حرارتی مواد، دما و فشار و ... تأثیر پذیرد.

مقاومت در برابر یخ زدگی:

برای هر ماده متخلخل خطر یخ زدگی وقتی وجود دارد که رطوبت موجود در آن ماده از یک مقدار بحرانی بالاتر رود و ماده در معرض سیکل های متوالی یخ زدن و آب شدن قرار گیرد. برای AAC مقدار بحرانی رطوبت حدود ۴۰% حجمی است. در شرایط عادی در هیچ مرحله ای از تولید، عمل آوری و قرار گرفتن AAC در ساختمان، رطوبت آن به این عدد نمی‌رسد. بنابراین AAC مقاومت خوبی در برابر یخ زدگی دارد. به عبارت دیگر، حجم زیاد تخلخل و تعداد حفره های زیاد AAC، اجازه افزایش حجمی ناشی از انبساط آب در تبدیل به یخ را می‌دهد و در نتیجه خسارتی ایجاد نمی‌شود.

در مقایسه‌ی AAC با ملات بایستی به این نکته توجه نمود که نباید این دو محصول را با اعدادی یکسان با یکدیگر مقایسه نمود. مثلا اینگونه نیست که بگوییم که ۱متر مکعب بتن گازی با ۱ متر مکعب سفال چقدر اختلاف وزنی دارند. برای مثال مقاومت حرارتی دیواری به ضخامت ۲۰ سانتی متر که با بتن گازی ساخته می‌شود ، معادل دیوار سفالی‌ای به ضخامت ۴۰ سانتی متر می‌باشد. (حدود ۲ برابر) پس مقایسه بایستی به این صورت بیان شود: ۲ متر مکعب سفال با ۱ متر مکعب بتن گازی چه مقدار اختلاف وزنی دارند؟

بنابراین یک معیار کنترل مهم ، مقاومت حرارتی است. امروزه نیز در ساختمان سازی شهری ، این مورد اهمیت ویژه‌ای پیدا کرده است و یکی از معیار های انتخاب خانه توسط مردم می‌باشد. بنابراین استفاده از مواد عایق در ساختمان سازی که در عین حال سبک نیز باشند ، یک مزیت به شمار می‌آید.

آزمایش های سنجش مقاومت حرارتی AAC

آزمایش‌هایی برای سنجیدن مقاومت حرارتی بتن گازی نیز انجام شده است که در ادامه به بررسی آن‌ها می‌پردازیم:

آزمایش اول:

هدف این آزمایش ، سنجیدن مقاومت حرارتی بتن گازی بود. اجرای آزمایش بدین صورت بود که به مدت ۴ ساعت در یک وجه دیواری به ضخامت ۱۵ سانتیمتر ، حدود ۱۰۰۰ درجه‌ی سانتی‌گراد حرارت ایجاد کردند و در طرف دیگر دیوار ، سنسورهایی را جهت اندازه‌گیری تغییرات دمایی که در همان طرف ، ناشی از گذر این مقدار انرژی از دیوار ایجاد می‌گردد ، تعبیه نمودند. پس از گذشت مدت زمان مورد نظر ، در وجهی از دیوار که سنسورها قرار داشتند ، دما حدود ۵۰ درجه‌ی سانتیگراد افزایش یافت. بنابراین این دیوار قادر بود که ۱۰۰۰ درجه‌ی سانتیگراد را به مدت ۴ ساعت تحمل نماید.

با توجه به آزمایش فوق ، اســتفاده از بتن گازی ســبک برای پروژه‌هایی نظیر پتروشیمی و یا انبارهایی که دارای مواد قابل اشــتعال می‌باشــند مناسب است. زیرا در صورت وقوع آتش‌سوزی در خارج از انبار ، دیوارهای بتن گازی انبار می‌توانند از آتش‌سوزی مواد درون انبار و وقوع فاجعه‌های احتمالی جلوگیری کنند.

آزمایش دوم:

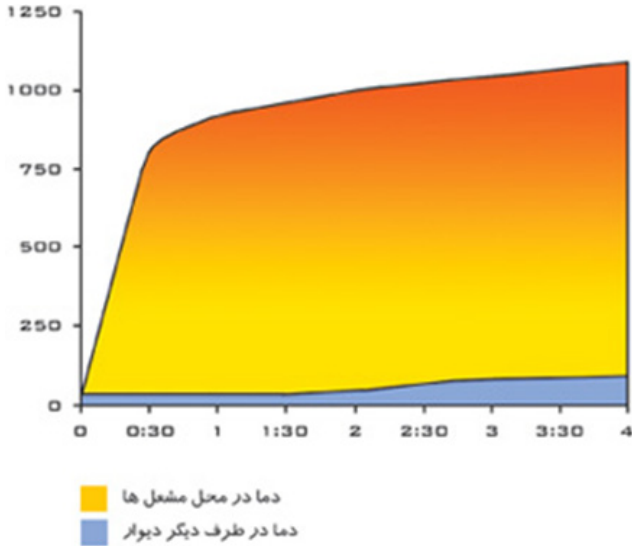
هدف این آزمایش ، بررســی مقاومت این محصول در برابر تغییرات ناگهانی دما در مقایســه با دیگر محصولات معمول در ساختمان‌ســازی می‌باشــد. در هنگام آتش سوزی در ساختمان ، دمای داخل ساختمان به حدود ۶۰۰ تا ۷۰۰ درجه ی ســانتیگراد می‌رســد. این آتش با آبی که دمای آن حدود ۲۰ درجه ی ســانتیگراد است خاموش می‌شود. این تغییرات ناگهانی دما بر روی مصالح ساختمانی ، باعث تخریب مصالح تا حد زیادی می‌شود.

در این آزمایش ۳ نوع دیوار جهت انجام آزمایش مدل شــد. دیوار گچ‌پر ، دیوار ســیمانی و دیوار بتن گازی ، سه نمونه دیوار ساخته شده جهت انجام آزمایش بودند. در یک طرف دیوار ، محیط آتش سوزی را شبیه سازی نمودند. همانند آزمایش فوق ، یک طرف دیوار این‌بار به مدت ۲ ســاعت در مقابل آتش قرار داده شــد. پس از گذشت این مقدار زمان ، در طرف دیگر دیوار ، آب را با فشــار اســتاندارد (فشــار معمول ماشــین‌های آتش‌نشانی) روی دیوار پاشــیدند. مشاهده شــد که دیوارهای ساخته شده با سیمان و گچ‌پر به ســرعت تخریب می‌گردیدند. اما دیوار بتن گازی در برابر این تغییرات ناگهانی درجه‌ی حرارت بســیار مقاوم بود و تنها ترک‌هایی مویی بر ســطح آن مشاهده شد.

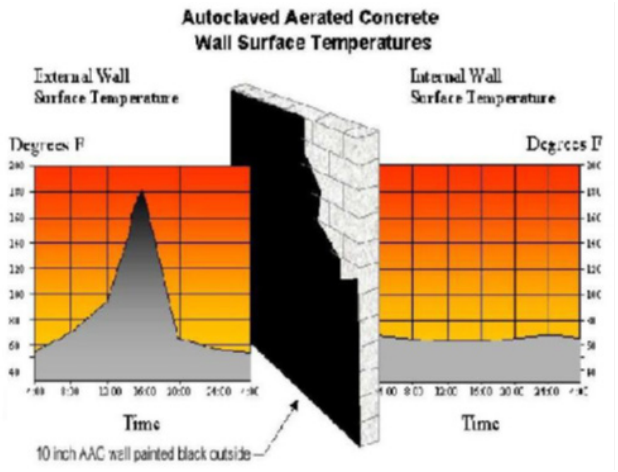
جدول زیر نشان دهنده‌ی مدت زمان مقاومت دیوارهای ساخته شده با بتن گازی با ضخامت‌های مختلف در برابر آتش می‌باشد:

کمترین ضخامت دیوار	۷,۵ cm	۱۰ cm	۱۵ cm
زمان مقاومت در آتش	۳ hr	۴ hr	۵ hr

در نمودار شکل زیر ، دمای دو طرف دیوارهای بتن گازی در حالتی که یک طرف در برابر آتش باشد ، با یکدیگر مقایسه شده است:



همچنین در شکل زیر ، تغییرات دما در یک طرف دیوار بتن گازی (وجه داخلی) در حالتی که طرف دیگر (وجه خارجی) در برابر تغییرات شدید حرارت قرار دارد نشان داده شده است:



بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که بتن سبک گازی یک عایق بسیار مناسب در برابر تغییرات درجه‌ی حرارت می‌باشد و استفاده از آن در دیوارهای خارجی ، یک مزیت جهت صرفه‌جویی انرژی می‌باشد.

مزایای اقتصادی AAC

مزایای اقتصادی ای که این محصول در ساختمان سازی دارد به موارد زیر تقسیم می‌گردد:

۱) کاهش بار مرده‌ی ساختمان به مقدار زیاد:

بار مرده‌ی ساختمان‌ها معمولا بین ۷۵۰ تا ۱۰۰۰کیلوگرم متر مربع می‌باشد.

حال اگر به جای دیوارها ، از بتن گازی استفاده گردد ، با توجه به آنکه وزن مخصوص بتن گازی ۵۰۰ تا ۶۰۰ کیلوگرم بر متر مربع است به میزان حدود ۲۰۰ کیلوگرم بر مترمربع از بار مرده نسبت به حالت استفاده از سفال با ملات از آن می‌کاهد که در کل ۲۰ درصد از بار مرده ی کل کاسته می‌گردد.

نکته: برای رعایت مبحث ۱۹ ، دیوارهای خارجی بایستی ۳۵ سانتیمتر ضخامت داشته باشند. بنابراین در صورت استفاده از بتن گازی در دیوارها به جای سفال با ملات ، از بار مرده‌ی ساختمان بیش از ۲۰۰ کیلوگرم بر مترمربع و همچنین درصد بیشتری از بار مرده‌ی کل کاسته می‌گردد.

۲) کاهش ابعاد اسکلت سازه:

با کاهش بار مرده ، در ساختمان‌های فولادی و بتنی نیز استفاده از مقاطع کوچک تر در اسکلت ساختمان امکان پذیر می‌شود که در نتیجه باعث اقتصادی‌تر شدن پروژه می‌شود.

طبق برآوردهای انجام شده ، استفاده از بتن سبک گازی باعث کاهش استفاده از فولاد به میزان ۳۰ تا ۴۰ درصد می‌گردد.

در بحث سازه‌ای نیز نیروهای برشی زلزله و نیروهای ثقلی ساختمان ، به علت کاهش وزن ساختمان ، کاهش می‌یابند. همچنین در صورت تخریب ساختمان توسط زلزله ، آوار تولید شده توسط بتن گازی سبک نسبت به سفال با ملات ، با توجه به وزن مخصوص آن ها ، خسارت کم تری را ایجاد می‌کند. با توجه به دو عامل گفته

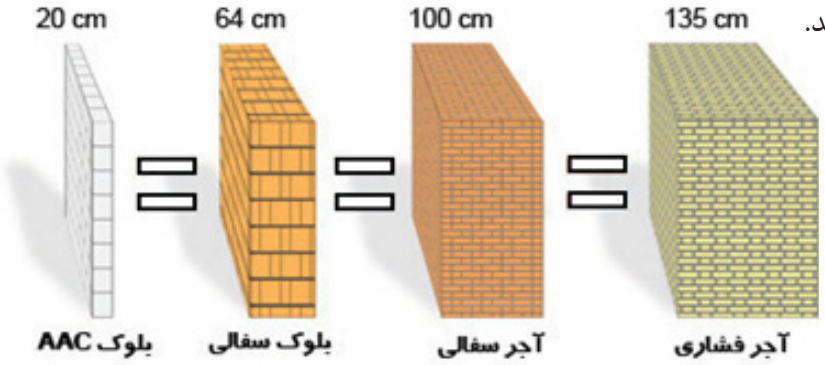
شده ، ایمنی سازه نیز بالا می‌رود.

۳) افزایش سرعت کار و کاهش زمان اتمام پروژه:

از آنجایی که قطعات بلوک‌های AAC بزرگ می‌باشند ، نسبت به دیوارهای سفالی می‌توان عمل دیوار چینی ساختمان را در مدت زمان بسیار کم‌تری انجام داد. در نتیجه سرعت کار در پروژه افزایش می‌یابد.

ضریب انتقال حرارتی

بحث دیگر ، ضریب انتقال حرارتی این محصول است. ضریب انتقال حرارتی (همراه با مقاومت حرارتی) در مباحثی نظیر جلوگیری از اتلاف انرژی کاربرد دارد. ضریب انتقال حرارتی بتن گازی ، ۰,۱۷ وات بر متر کلوین است که نسبت به سفال که ۱,۲ یا آجر که ۱,۷ می‌باشد قابل ملاحضه است. به عنوان مثال ، در صورتی که دیواری ۲۰ سانتی متری با بلوک های AAC داشته باشیم ، از نظر انتقال حرارتی این میزان معادل دیواری با ضخامت ۶۴ سانتیمتر ساخته شده با بلوک سفالی ، ۱۰۰ سانتیمتر دیوار با آجر سفالی و ۱۳۵ سانتیمتر دیوار با آجر فشاری می‌باشد.



صرفه جویی در حمل و نقل

ماشین‌هایی که جهت حمل و نقل مصالح ساختمانی استفاده می‌شوند ، دارای ۲ محدودیت مهم برای حمل مصالح می‌باشند. این دو محدودیت ، ظرفیت حجمی بار و ظرفیت وزنی بار می‌باشند.

در بارگیری مصالح سنتی مانند بلوک های سفالی یا آجر ، پس از پایان بارگیری وسیله‌ی نقلیه ، ماشین از نظر حجمی ظرفیت بارگیری دارد. اما از نظر وزنی دیگر ظرفیت بارگیری ندارد. اما در بتن گازی این مورد برعکس است. خودرو ظرفیت وزنی دارد اما از نظر ظرفیت حجمی ، پر شده است. بنابراین از نظر حمل و نقل از محل تولید به مصرف ، استفاده از بتن گازی صرفه ی اقتصادی دارد.

همچنین در حمل و نقل درون کارگاهی نیز شاهد کاهش هزینه ها هستیم. به عنوان مثال برای جابه‌جایی یک پالت بتن گازی ، به انرژی کم‌تری نسبت به همان میزان سفال نیازمندیم.

تسهیلات اجرایی

دیوارهایی که با سفال یا آجرچیده می‌شوند دارای مشکلاتی هستند. شایع ترین این مشکلات این است که دیوار های ساخته شده با مصالح سنتی شاقولی نیستند. دلیل این امر این است که آجرها و سفال ها کالیبره نیست. به این معنی که نمی‌توان دو تا آجر و سفال را پیدا نمود که با یکدیگر هم اندازه باشند و معمولا در حد ۱ تا ۲ میل با هم اختلاف ابعادی دارند. همچنین وقتی که دو آجر سفالی رو روی هم چیده می‌شوند ، یک بند ملاتی به ضخامت

۱ تا ۲ سانتی متر بین آن ها قرار می‌گیرد.

با توجه به این ۲ عامل فوق ، هنگامی که دیواری ساخته می‌شود ، حتی اگر از نیروی انسانی ماهر و دقیقی استفاده شده باشد ، دیوار در نهایت ناشاقول خواهد بود. به طور معمول در هر ۳ متر ارتفاع دیوار ، دیوار به اندازه ی ۲ سانتی متر ناشاقولی دارد. معمولا با پخش گچ و خاک ، این ناشاقولی جبران می‌شود. باید توجه داشت که این گچ و خاک استفاده شده برای این منظور خود هم وزنی دارد و هم هزینه‌بر است.

اما در بتن گازی ، ملات استفاده نمی‌گردد. به دو دلیل:

۱) ملات خود باعث ناشاقولی دیوار می‌شود. زیرا بتن گازی ، تولید کارخانه‌ای است و تمامی ابعادش کالیبره است. بنابراین اگر از هر جایی از خط تولید یک بلوک بتن گازی برداشته شود ، ابعاد همه‌ی بلوک‌ها هم‌اندازه است. بنابراین از نظر اختلاف ابعادی ، دیوار اجرا شده ناشاقول نمی‌شود. اما اگر ملات به کار رود ، دقت کار را پایین می‌آید و شاید در نهایت حدود ۱ سانتی‌متر ناشاقولی داشته باشیم.

۲) ایراد دیگر ملات ، این است که ملات خود یک پل حرارتی است. در صورت استفاده از ملات در دیوار ساخته شده با بتن گازی قابلیت عایق بودن دیوار کاهش می‌یابد و با مرور زمان ، با پدیدار شدن رگه هایی سیاه رنگ در آن جلوه‌ای نازیبا پیدا می‌کند. دلیل ایجاد این رگه های سیاه رنگ در دیوار ، انتقال حرارت توسط ملات می‌باشد.

به عنوان مثال اگر دیواری سفالی رو به فضای باز داشته باشیم ، بعد از یک سال از عمر دیوار رگه‌هایی مشکی رنگ بر روی دیوار قابل مشاهده است. این مورد در سقف‌های طاق ظربی نیز قابل مشاهده است که ناشی از وجود تیرآهن‌ها در آن می‌باشد. زیرا حرارت از تیرآهن با سرعت بسیار بیشتری نسبت به بلوک و سفال رد می‌شود و در نتیجه با گذر زمان ، خود را در سقف نشان می‌دهد. این مورد در دیوارهای سفالی هم قابل مشاهده است. این خطوط مشکی بیانگر ملات‌ها هستند که حرارت توانسته است از آن ها رد شود.

به دلیل دو عامل فوق ، ملات را در بتن گازی به کار نمی‌برند. به جای آن ، از یک چسب مخصوص خشکی استفاده می‌شود که دارای مقاومتی بسیار بالا است. برای هر مترمربع دیوار ، بسته به ضخامت آن ، به میزان ۲ تا ۴ کیلوگرم از این چسب مصرف می گردد.ضخامتی که از آن در بین هر دو بلوک مصرف می‌شود ، در حد یک لایه‌ی ۱ تا ۲ میلی متر است که چسبندگی‌ای به میزان چسبندگی بین ملات و بلوک ایجاد می‌کند. برای پوشش نما هم می‌توان از آن استفاده کرد (جهت پلاستر و پوشاندن درزهای روی نما) . از این چسب هم برای چیدن دیوار و هم برای پلاستر چسباندن کاشی ها می‌توان استفاده نمود.

مواد اولیه‌ی این چسب عبارتند از: **ماسه‌ی سیلیسی ، سیمان پرتلند خاکستری و متیل سلولوز**

بنابراین قویاً توصیه می شود که از ملات در بتن گازی سبک استفاده نگردد. در صورت حذف ملات ، مصرف سیمان کاهش می یابد و سرعت کار به دلیل بالا بودن ابعاد این محصول میز بالا می رود.

سهولت در اجرای تاسیسات

در دیوار چینی های سنتی ، برای اجرای تاسیسات گاهی ناچاریم که قسمت زیادی از دیوار پیدا شده را تخریب کنیم. (مثلا برای رد شـدن لوله‌ها) ملات‌ها و بلوک‌ها در مقابل تخریب های انجام شـده بسیار حساس‌اند و معمولا مقـداری بیـش از مقدار مورد نیاز از مصالح در حین اجرای تاسیسـات تخریب می‌شـوند و از بین می روند. اما در صورت استفاده از بین گازی می‌توان با وسایل مخصوصی بر روی دیوار ها شیار ایجاد کرد و پس از قرار دادن آیتم مورد نیاز ، روی آن را مجددا با همان چسب خشک پوشش داد. بنابراین هزینه‌های اجرای تاسیسات و پرت مصالح ناشی از اجرای تاسیسات نیز بسیار کم تر می شود.

کاهش آلودگی های زیست محیطی

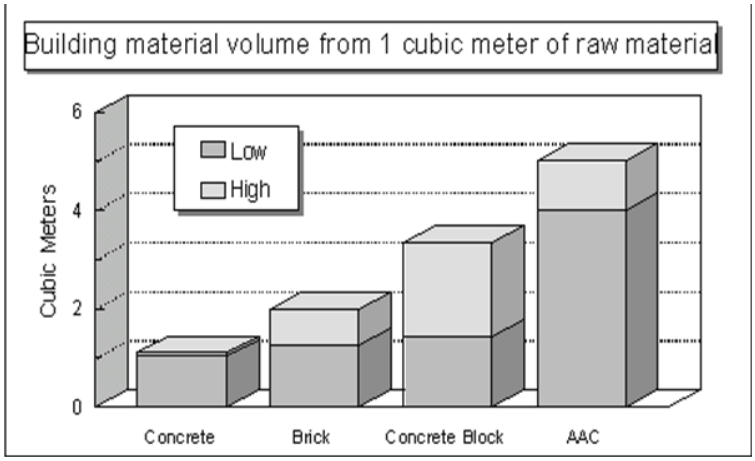
بحث دیگر مسـائل زیسـت‌محیطی این محصول است. مواد اولیه‌ی سفال و آجر ، خاک رس می باشد.خاک رس میلیون‌ها سـال طول می کشـد که در طبیعت تولید شـود و چرخه‌ی تولید زمان‌بری دارد. همچنین این خاک ، یک خاک مناسـب برای بسـتر کشاورزی است. همچنین مصالح ساخته شده با آن وزن زیادی دارند و در نتیجه در سـاختمان‌ها ، بار مرده ی زیادی تولید می کنند. این امر باعث می‌شـود که برای ساخت اسکلت ساختمان‌ها ، از مقاطع بزرگ‌تری استفاده گردد. اما مواد اولیه‌ی بتن گازی عاری از خاک رس است خیلی در صنایع دیگر استفاده ندارد و کشور ما از آن غنی است. وزن کم آن نیز باعث می شود که از مقاطع کوچک تری در اسکلت استفاده کنیم که در نهایت باعث صرفه جویی در مصرف مصالح و کمک به محیط‌زیست می گردد.

بـا توجـه به عایق بودن این محصول ، در صورت اسـتفاده از آن در دریوار هـای خارجی ، مصارف انرژی جهت سرمایش و گرمایش ساختمان کاهش می یابد.

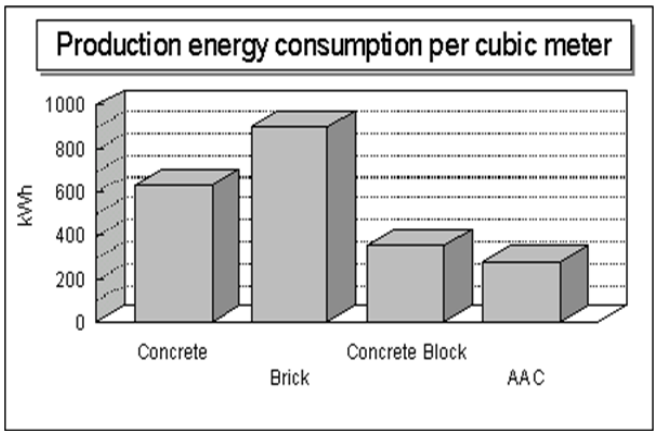
از ضایعات این محصول نیز می توان به عنوان پوکه استفاده نمود. در نتیجه به هنگام اتمام پروژه ، از این محصول هیچ نخاله‌ای باقی نمی‌ماند. از ضایعات دیگر صنایع نیز می‌توان برای تولید این محصول استفاده نمود.

ویژگی ها / نوع	دیوار با آجر فشاری	دیوار با سیستم AAC
سرعت اجرای دیوار برحسب متر مربع در روز توسط یک اکیپ اجرایی	۱۰	۴۰
سرعت اجرای پوشش دیوار برحسب متر مربع در روز توسط یک اکیپ اجرایی	۱۵	۵۵
مقایسه وزن دیوارها بر حسب کیلوگرم بر متر مربع	۴۲۰	۱۴۵
مقایسه وزن ملات مصرفی در دیوار بر حسب کیلوگرم بر متر مربع	۱۳۰	۲۰
ضریب هدایت حرارتی W/MK	۲,۷۷	۰,۱۷
قابلیت عایق صوتی db	۳۵	۴۲,۸
میزان آشنایی جامعه با محصول	زیاد	کم
میزان آلایندگی در مراحل تولید و اجرا	زیاد	متوسط
پرت مصالح	زیاد	متوسط

پرت مصالح مختلف در مقایسه با AAC



انرژی مصرفی جهت تولید این محصول:



معایب

عیب این محصول این است که برای تولید نیاز به سرمایه گذاری بسیار بالایی دارد. امروزه دولت با سیاست هایی نظیر وام و شراکت در برخی هزینه های اولیه ، تا حدی از مشکل تامین سرمایه‌ی آن کاسته است.

عامـــل دیگـــر ، عدم وجود نیروی متخصص کافی برای اجرای این کار می باشـــد. امـــروزه نیز برخی مراکز فنی و حرفه‌ای به تازگی شروع به تربیت نیروی انسانی جهت موارد اجرایی این محصول کرده‌اند.

هزینه ها:

در بحث هزینه هم این محصول با وجود مزیت های فراوان دارای قیمتی گزاف نمی باشد.چنانکه داریم:

آجـــر دارای قیمتـــی برابر با ۸۷۰۰ تومان برای هر متر متکعب می باشـــد چنانکه این مقدار برای ســـفال ۵۹۰۰ و برای بتن سبک گازی ۸۱۰۰ می باشد.در بحث هزینه های مربوط به پوشش(گچ و خاک و نازک کاری) هم سفال دارای هزینه ای برابر ۵۳۰۰ تومان برای هر متر مکعب می باشد در حالی که بتن سبک گازی ۲۹۷۰ تومان هزینه در بر دارد.

در پایان لازم به ذکر است که خط تولید این محصول ۱۴ میلیون یورو هزینه در بردارد که ۷۰%آن توسط دولت وام داده می شود و در ۳۰%مابقی نیز ۴۰%دولت مشارکت در هزینه و سود انجام می دهد.

تولید سالانه خط تولید این محصول ۳۰۰,۰۰۰ مترمکعب است.

فصل چهارم

پانل‌های سه بعدی 3DP

گردآورندگان:

احسان داوودی

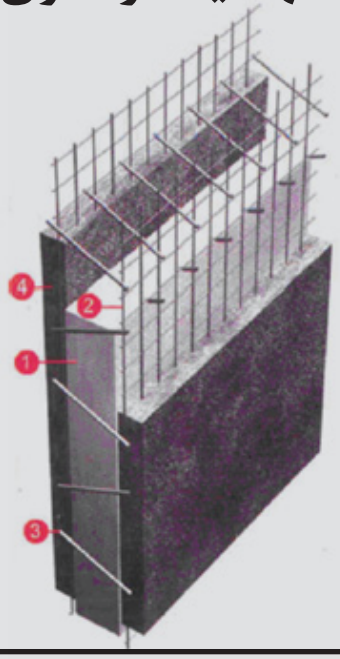
مسعود بایران

فرزان فتوحی

حمید محمدی‌فر

سارا مقوم غفاری

مهشید مرتضوی



سیستم پانل‌های سه بعدی

مقدمه:

سیستم پانل های سه بعدی در انواع عملکردهای معماری استفاده می‌شود که دلیل آن انعطاف پذیری در طراحی و سهولت اجرای آن است. به عنوان مثال سقف های گنبدی و شکل های خاص را می توان با این پانل ها به راحتی اجرا کرد.

استفاده از پانل‌های دیواری با یک لایه پلی‌استایرن در ساختمان‌های تا دو طبقه و پانل‌های دیواری با دو لایه پلی‌استایرن به همراه شناژهای افقی در ساختمان‌های تا چهار طبقه (بدون نیاز به اسکلت) امکان‌پذیر است. پانل‌های مذکور را می‌توان در ساختمان‌های بلندتر از چهار طبقه به عنوان دیوارهای باربر و جداکننده (بسته به ضخامت و نوع پانل) به همراه اسکلت به کار برد.

مقاومت خمشی بر عهده صفحات بتنی و مش‌ها می‌باشد. مقاومت برشی بر عهده اعضای مورب می باشد .

اعضای مورب به مفهوم 3D-Panel تحقق می بخشند. قطر خرپاها در این پنل ها ۳,۵ میلی متر (سه و نیم) است.

جوش های استفاده شده در این سیستم باید یکنواخت و دارای کیفیت خوب باشد و اجرای آن نیز باید به صورت دو سوبه باشد. یکی از روش های تشخیص پانل های دستی و کارخانه ای همین بحث جوش آن است.

کاربرد :

پانل‌های 3D دارای کاربردهای متنوعی می‌باشند که به برخی از آنها در ذیل اشاره می‌گردد:

- استفاده در انبوه‌سازی و مساکن روستایی و عشایری در مناطق کوهستانی و صعب‌العبور
- استفاده در مقاوم‌سازی ساختمان‌ها و سازه‌هایی که در برابر نیروهای زلزله ضعیف بوده و نیاز به تقویت دارند.
- استفاده به عنوان دیوارهای جداکننده و محیطی در ساختمان‌ها، سالن‌های صنعتی، سردخانه‌ها و غیره
- استفاده به عنوان دیوارهای باربر قائم و جانبی‌ها با حذف اسکلت سازه
- استفاده به عنوان پانل‌های باربر در سقف‌ها

از این پانل‌ها برای ساخت انواع ساختمان‌ها نیز استفاده می‌گردد .

ساختمان پانل 3D

۱- هسته عایق (Expanded Poly Styrene)

EPS یک لایه پلی‌استایرن منبسط شده، با مشخصات کیفی مطابق با الزامات استاندارد ملی ایران به شماره ۱۵۸۴، مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران می‌باشد.

۲- شبکه مفتول‌های گالوانیزه

این شبکه که در دو طرف هسته مرکزی قرار می‌گیرد باید با ماشین‌آلات تمام اتوماتیک ساخته شود و از اتصال مفتول‌های طولی و غرضی به صورت جوش مقاومتی به یکدیگر ایجاد می‌شود.

۳- میلگردهای خرپایی یا برشگیرها (Cross Wires)

میلگردهای مورب اتصال دهنده دو شبکه مفتولی می‌باشد که توسط نقطه جوش به دو لایه شبکه جوش متصل

می‌شود به طوری که اتصال آنها در خواص مکانیکی جوش شده خللی ایجاد نکند.

۴- بتن پاشیده شده روی پانل (Shotcrete)

بتنی که با طرح اختلاط مخصوص ساخته می‌شود و اجرای آن توسط پاشش سریع روی سطح پانل با دستگاه بتن پاش (Shotcrete Pump) صورت می‌گیرد.

مراحل تولید و اجرا

پس از تهیه نقشه معماری ساختمان با توجه به پروژه مطروحه، ابتدا محاسبات لازم به عمل آمده و نقشه‌های اجرایی در اختیار خط تولید قرار می‌گیرد. در این نقشه‌ها اندازه، شکل هندسی پانل‌ها و اتصالات مربوطه به دقت محاسبه و طراحی شده و طی مراحل هفتگانه زیر به طور کامل اجرا می‌شوند:

۱- کشش مفتول

ابتدا مفتول‌ها توسط ماشین‌های کشش سرد چندین مرحله کشیده شده و سپس در کوره آنیل به اندازه لازم نرم شده سپس مجدداً بر روی آن دو مرحله کشش انجام می‌شود تا به قطر مورد نظر برسد. این مفتول ماده اولیه ماشین‌های مش و پانل است.

۲- تولید فوم

دانه‌های ریز گرانول پلی‌استایرن (EPS) گریدهای ۱۰۰ تا ۳۰۰ توسط بخار آب با دما و فشار معین در ماشین Batch Pre expander پخته می‌شوند. پس از این مرحله گرانول‌های EPS از طریق لوله‌های ارتباطی و توسط هوا در سیلوهای مخصوصی جهت تخلیه گاز پنتان ذخیره می‌گردند.

پس از اطمینان از تخلیه گاز پنتان از مواد، مجدداً گرانول‌های پلی‌استایرن توسط لوله‌هایی به داخل قالب‌های دستگاه Vacuum Block Molding Machine منتقل و تحت فشار و حرارت تبدیل به بلوک‌های پلی‌استایرن می‌گردند که پس از برش به اندازه‌های لازم جهت مصرف پانل به ماشین تولید پانل داده می‌شود..

*** پلی استایرن‌ها باید کند سوز باشند؛ یعنی در مقابل آتش منقبض می‌شوند و خود را از آتش دور می‌کنند.

*** پلی استایرن با رسیدن به دمای ۳۶۰ درجه آتش می‌گیرد.

*** پلی استایرن هر چقدر دانه‌های ریز تر و متراکم‌تر داشته باشد مطلوب‌تر است.

*** پلی استایرن هر چقدر دانه های ریز تر و متراکم تر داشته باشد مطلوب تر است.

*** دانسیته حداقل پلی استایرن برابر ۱۵ kg/m3 است.

۳- ساخت شبکه مش

مفتول تولید شده از ماشین‌های کشش، توسط ماشین‌های قرقره پرکن در قرقره‌های ماشین مش برای تار مش و در ماشین‌های شاخه‌کن برای پود به اندازه‌های مشخص صاف و بریده می‌شود سپس با جوش مداوم و سریع تارها به پودها نوار مش تولید شده و به دو صورت شیت یا کلاف جمع‌آوری و ماده اولیه ماشین تولید پانل و مش اتصال در قسمت اجرای ساختمان‌های سه بعدی به دست می‌آید.

*** المان‌های به کار رفته در جهت طول پنل که مقاومت خمشی دارند، تار نامیده می شوند. المان‌های عمود بر تارها پودها هستند.

*** **تار:** مفتول طولی به کار رفته در شبکه جوش شده می باشد که در خطوطی به موازات صفحات برشگیرها قرار دارد.

*** **پود:** مفتولی است که عمود بر مفتول های تار در شبکه جوش شده به کار می رود.

*** میلگردها در داخل نازل‌هایی که کاهش قطر می‌دهند، کشیده می‌شوند. در اثر این کشش وارد ناحیه پلاستیک می‌شوند و پس از آن با ورود به hardening range دوباره سخت می‌شوند.

*** بهترین روش برای داشتن کمترین تغییر در سطح مقطع جوش مقاومتی یا نقطه‌ای است، در این نوع جوش ورود و خروج جریان الکتریکی از یک نقطه باعث ممزوج شدن می‌شود؛ در این نوع جوش الکترود وجود ندارد.

*** در محل قطع مش‌ها حتماً باید در امتداد درزها وصله داشته باشیم.

۴-تولید پانل

دو صفحه شبکه مش از کلاف‌های تهیه شده وارد ماشین تولید پانل می‌شود، این ماشین اتصالات عرضی را از داخل فوم رد کرده و دو شبکه مش در طرفین فوم را به همدیگر جوش می‌دهد.

پانل‌های استاندارد با عرض ثابت ۱۲۰ سانتی‌متر تولید می‌شوند و طول آنها برحسب سفارش و محل کاربرد متغیر می‌باشد. همچنین امکان طراحی و تولید پانل با شکل هندسی متفاوت برای کاربردهای خاص نیز وجود دارد.

*** مهترین فعالیت‌های انجام شده در کارخانه‌ها ، وارد کردن اعضای مورب به داخل پلی استایرن و اجرای جوش‌های نقطه‌ای بین اعضای مورب و مش‌های بالا و پایین است.

*** قطر رایج مفتول‌ها بین ۳ تا ۴,۵ است.(سه تا چهار و نیم)

*** در مناطق مرطوب می توان از مفتول‌های گالوانیزه استفاده کرد.

۵- نصب و اجرا

پانل‌های تولید شده با توجه به طراحی و محاسبه برش داده می‌شوند و روی فونداسیون مخصوصی که قبلاً طراحی و اجرا شده نصب می‌شوند. تمام دیوارها و استحکامات ساختمان توسط شبکه‌ای از پانل‌ها اجرا شده و با اتصالات خاص، به هم متصل می‌شوند. پس از کنترل شاقول و تراز پانل‌ها و حفظ موقعیت نصب شده توسط شاتکریت‌های مخصوص بتون پاشی انجام می‌گیرد.

نحوه‌ی اتصال این پانل ها به کف، آرماتور های انتظاری است که بین پلی استایرن و مش قرار می گیرد.

۶- عملیات شاتکریت (بتن پاشی)

بعد از اتمام قالب‌بندی‌ها و تأسیسات داخلی، عملیات شاتکریت انجام می‌شود. طی این عملیات، ماشین مخصوص شاتکریت، مخلوط بتن را روی تمام سطوح داخلی و خارجی ساختمان می‌پاشد.

***بتن پاشی پس از نصب پنل ها انجام می شود، بنابراین این روش هم به اسم صنعتی و هم نیمه صنعتی مشهور است.

***اگر نسبت آب به سیمان کم باشد، چسبندگی پس از شاتکریت حاصل نمی‌شود . اگر آب به سیمان زیاد باشد، ریزشی می شود و پرت افزایش می یابد.

***پرت شاتکریت در سقف بیشتر است و به ۲۰% می رسد. ولی در دیوارها بین ۵ تا ۱۰% می باشد.

***اگر دمای هوا زیر صفر بود، چه باید کرد؟ ضد یخ معمولاً تا حدود دو درجه زیر صفر مانع یخ زدن آب می‌شود. سیمان برای تکمیل واکنش به یک حداقل دمایی نیاز دارد. در هوای سرد باید از زودگیرکننده بتن یا

سیمان تیپ ۳ استفاده کرد. نرمی این سیمان بیشتر است و بنابراین فعل و انفعالات آن بیشتر است.
***شـــاتکریت روی پنل ها باید تخته ماله ای شود. پس از شاتکریت با دست ضربه میزنیم؛ اگر صدای طبل داد یعنی پلی استایرن زیر آن آسیب دیده است.
***از لحاظ معماری هم می توان با این پنل ها قوس‌ها و گنبدها را اجرا نمود.

۷- نازک کاری

سرانجام مرحله نازک‌کاری شامل گچ‌کاری، سفیدکاری، نصب کلیدها و پریزها، کاشیکاری و تزیینات داخلی و خارجی ساختمان روی دیوارهای پانل انجام شده و بنایی سبک، زیبا و محکم در کوتاه‌ترین زمان، ایجاد می‌شود.
*** از سشوارهای صنعتی برای ایجاد حفره روی پلی استایرن برای عبور تاسیسات، استفاده می‌شود.
*** محل اتصال سقف به دیوارو اتصال مش ها به صورت شناژ است.(طبق نشریه ۳۸۵)

ماشین‌آلات و تجهیزات

با توجه به پروســه شــرح داده شده در بالا از تولید تا مرحله اجرا، به طور کلی می‌توان فرآیند تولید را مشتمل بر ۴ خط در نظرگرفت که هر خط نیز خود شامل چند دستگاه مجزا می‌باشد:

- خط کشش سیم
- خط تولید بلوک‌های فوم پلی‌استایرن
- خط تولید مش‌ها
- خط مونتاژ نهایی پانل‌ها به صورت اتوماتیک

طبقه‌بندی پانل‌ها

بر طبق شــماره اســتاندارد ایران ۷۱۴۳ «پانل‌های ساندویچی ســه بعدی ـ ویژگی‌ها» ، پانل‌های پیش ساخته به دو دســته تقسیم‌بندی می‌شوند، **پانل‌های پیش ســاخته باربر** و **پانل‌های پیش ساخته غیر باربر** (دیوارهای جداکننده).

پانل‌های پیش ساخته باربر

پانل‌های پیش ساخته باربر به دو دسته زیر طبقه‌بندی می‌شوند:

۱- پانل‌های دیواری

از پانل‌هــای بــه عنوان عضو باربر قائم و همچنین عضو مقاوم در برابر بار جانبی اســتفاده می‌شــود. ضخامت لایه پلی‌استایرن بین ۴ تا ۱۰ سانتی‌متر و فاصله دو شبکه جوش شده از یکدیگر معمولاً ۸ الی ۱۴ سانتی‌متر می‌باشد. همچنین قطر اعضای خرپا در این پانل‌ها حداقل ۳/۵ میلی‌متر است.
در مکان‌های خاص از ســازه که مفتول‌های شــبکه پاسخگوی بار وارده نباشد، باید با تعبیه آرماتور، پانل دیوار را تقویت نمود. همچنین دیوارهای برشی دارای بازشو باید به نحوی تقویت گردد که در اطراف بازشوها فولاد تقویتی یا ســطحی حداقل معادل آرماتورهای قطع شــده در هر جهت به صورت شــبکه و یا فولاد متمرکز در همان جهت قرار داده شود.

۲- پانل‌های سقفی

پانل سقفی، در سقف به صورت یک دیافراگم صلب عمل می‌کند. ضخامت لایه پلی‌استایرن بر اساس نحوه کاربرد و طراحی حداقل ۶ سانتی‌متر، فاصله شبکه‌های جوش شده از یکدیگر حداقل ۱۰ سانتی‌متر و قطر مفتول‌های خرپایی حداقل ۳/۵ میلی‌متر می‌باشد.

نکته :

از آنجا که شبکه به کار رفته در پانل دارای مقدار فولاد کمی است باید دال سقف تقویت گردد. این کار به دو صورت انجام می‌گیرد:

الف: با توجه به طول دهانه و بار وارده، لنگر مقاوم محاسبه شده و یک سری آرماتور تقویتی با فواصل معین در پانل تعبیه می‌گردد.

ب: بین هر دو پانل سقفی در عرض، معمولاً ۲۰ سانتی‌متر، عایق پلی‌استایرن حذف شده در میلگردهای تقویتی در آن ناحیه متمرکز می‌شوند. در واقع یک سیستم تیر و دال با فواصل حدود یک متر ایجاد می‌گردد.

پانل‌های پیش ساخته غیربابر (دیوارهای جداکننده)

پانل‌های غیربابر می‌توانند به عنوان اجزای جداکننده ساختمان (تیغه‌ها) به کار برده شوند. این قطعات که با بتن پوشیده می‌شوند باید بار ثقلی خود و همچنین بار جانبی زلزله را براساس بند ۲-۶ استاندارد ملی ایران به شماره ۲۸۰۰ و در دیوارهای خارجی بار ناشی از باد ملحوظ در استاندارد ملی ایران به شماره ۵۱۹ را تحمل نمایند. همچنین این تیغه‌ها هرگاه به عنوان دیوارهای جداکننده پیرامونی مورد استفاده قرار گیرند، باید شرایط ذکر شده در مبحث هفدهم و نوزدهم مقررات ملی ساختمان را رعایت نمایند.

طراحی این تیغه‌ها بستگی به طول و بار وارده دارد.

مشخصات مصالح

۱- فولاد

انواع فولاد مصرفی در سازه‌های پانلی به همراه مشخصات فنی و ضوابط مورد نیاز در ذیل ارائه می‌شود. هر نوع فولاد مصرفی در سازه‌های پانلی باید مطابق استانداردهای معتبر تولید شده و دارای برگه شناسایی کارخانه سازنده باشد.

فولاد مصرفی در سازه‌های پانلی به سه دسته شبکه جوش شده، برشگیر و میلگرد دسته‌بندی می‌شوند. هر یک از این انواع در سازه پانلی عملکردی مشخص دارد که باید مطابق عملکرد مورد انتظار، از ویژگی لازم برخوردار باشد.

- شبکه جوش شده

لازم است فولاد مصرفی در شبکه جوش شده از نوع سرد کشیده شده ساده (بدون آج) باشد.

نشانه‌گذاری

نشانه‌گذاری شبکه جوش شده فولادی به ترتیب زیر می‌باشد:

$$\text{شبکه}\ \frac{Ø_1/Ø_2/S_1/S_2}{L_1/L_2}$$

قطر مفتول تار = $Ø_1$

قطر مفتول پود = $Ø_2$

فاصله محور به محور دو پود متوالی از یکدیگر = S_1

فاصله محور به محور دو تار متوالی از یکدیگر = S_2

طول شبکه (تار) = L_1

عرض شبکه (پود) = L_2

مثال: شبکه جوش شده فولادی به طول ۳۰۰۰ میلی‌متر و عرض ۱۲۰۰ میلی‌متر با مفتول تار به قطر ۳/۵ میلی‌متر و به فاصله ۵۰ میلی‌متر از یکدیگر و مفتول پود به قطر ۲/۵ میلی‌متر و به فاصله ۸۰ میلی‌متر از یکدیگر به شکل زیر نشانه‌گذاری می‌شود:

شبکه $\frac{3.5/2.5/80/50}{3000/1200}$

*** قطر اسمی مفتول‌های شبکه جوش شده از ۲/۵ میلی‌متر می‌باشد. در هر حال برای پانل‌های باربر چگالی عرضی مساحت مفتول‌های تار و پود (نسبت سطح مقطع مفتول بر فاصله آزاد بین مفتول‌ها) نباید کمتر از ۰/۱۲ میلی‌متر اختیار شود.

*** قطر مفتول‌های تار با مفتول‌های پود می‌تواند متفاوت باشد، ولی در هر صورت قطر اسمی مفتول کوچکتر نباید از ۶۰% قطر مفتول دیگر کمتر باشد.

*** ابعاد چشمه (فاصله بین دو تار یا دو پود متوالی) شبکه جوش شده در محدوده ۴۰ تا ۱۰۰ میلی‌متر می‌باشد، که چشمه به ابعاد ۵۰ تا ۸۰ میلی‌متر توصیه می‌شود. ابعاد شبکه برحسب طول ناخالص تعیین می‌شود.

*** تمام شبکه جوش شده در سازه‌های پانلی باید با ماشین‌آلات خودکار ساخته شوند، به طوری که محل تقاطع تارها و پودهای شبکه به روش جوشکاری مقاومتی الکتریکی به هم متصل شوند تا اتصال‌های مقاوم در برابر برش به وجود آید.

*** این مشخصات از آزمایش کشش، مطابق استاندارد ASTM A۳۷۰ و رابطه زیر برای محاسبه درصد کاهش سطح مقطع به دست می‌آیند.

درصد کاهش سطح مقطع = (۱- مساحت اولیه/ کمترین مساحت گسیختگی)×۱۰۰

*** در صورتی که تنش جاری شدن مفتول‌های بکار رفته در شبکه ۴۲۰ مگاپاسکال فراتر رود، باید نظیر کرنش ۰/۰۰۳۵ مبنای محاسبات حد تسلیم در نظر گرفته شود.

*** لازم است مفتول‌های شبکه جوش شده، هنگامی که در دمای متعارف حول یک میله به قطر خود به اندازه ۱۸۰ درجه خم می‌گردند، بدون ترک خوردگی سطح بیرونی به صورت خم شده باقی بمانند.

*** حداقل متوسط مقاومت برشی، بر حسب نیوتن، نباید کمتر از ۲۴۰ برابر سطح اسمی کوچکترین مفتول شبکه، برحسب میلی‌متر مربع، باشد.

*** در مناطق با شرایط محیطی شدید و فوق‌العاده شدید، مطابق تعریف ارائه شده در آیین‌نامه بتن ایران، باید تمهیدات مناسب نظیر استفاده از مفتول‌های گالوانیزه برای ساخت شبکه یا پوشش اپوکسی بر روی سطح تمام شده بتن پاشیدنی، بکار رود. در این حالت لازم است مشخصات مفتول‌های گالوانیزه مطابق استانداردهای

شماره‌های ASTM A644 و ASTM A799 باشد.

*** ترکیب شیمیایی شبکه جوش شده باید مطابق استاندارد ISO 10544 باشد.

*** مقاومت نهایی کششـــی مفتول‌های شبکه جوش شده پس از انجام جوش مقاومتی نباید کمتر از ۹۵ درصد مقاومت نهایی مفتول باشد.

*** می‌توان از مفتول‌های گالوانیزه برای ساخت شبکه جوش استفاده کرد. در این صورت لازم است مشخصات مفتول‌های گالوانیزه با استاندارد ASTM A799 مطابقت داشته باشد.

- برشگیر

ویژگی‌های فولادهای سرد اصلاح شده ساده (بدون آج) بکار رفته در برشگیر پانل به شرح زیر می‌باشد:

*** قطر برشگیر، فاصله برشگیرها در مقطع عرضی و زاویه برشگیر در مقطع طولی باید بر مبنای ظرفیت نیروی برش ناشی از خمش در پانل محاسبه گردد.

*** قطر برشگیر نباید بیش از ۶۰ درصد از قطر مفتول‌های تار یا پود اختلاف داشته باشد.

- میلگرد

میلگردهای مصرفی در ســـازه پانلی از نوع آجدار، مشـــابه میلگردهای مصرفی در بتن‌آرمه بوده که مشخصات آن در آیین نامه بتن ایران درج گردیده است.

۲- هسته عایق

هسته عایق به کار رفته در سازه‌های پانلی باید از جنس پلی‌استایرن قابل انبساط (E.P.S) و مطابق استاندارد ملی ایران به شماره ۱۵۸۴ می باشد.

*** هسته عایق از فوم پلی‌استایرن قابل انبساط تشکیل شده که دارای حداقل چگالی اسمی kg/m315 باشد.

*** هســـته عایق پلی‌استایرن تحت آزمایش استاندارد ASTM E84 باید دارای حداکثر شاخص گسترش شعله ۲۵ و حداکثر شاخص گسترش دود ۴۵۰ باشد.

*** هسته عایق هنگامی که مطابق استاندارد ASTM C236 آزمایش شود، باید دارای حداکثر پتانسیل گرمایی ۶۸ MJ/m^2 باشد.

*** مشخصات فیزیکی و مکانیکی پلی‌استایرن قابل انبساط در جدول شماره ۲-۷ ارائه شده است. در این جدول به استانداردهای DIN اشاره شده است که از استانداردهای اروپایی نظیر EN نیز می‌توان استفاده نمود.

۳- بتن پاشیده

- سیمان

سیمان مصرفی در کارگاه باید دارای مشخصات سیمانی باشد که در تعیین نسبت‌های اختلاط به کار رفته است، مگر آن که بعد از انجام آزمایش‌های لازم به تأیید دستگاه نظارت برسد.

چرا عیار حداقل، که ۳۵۰ kg/m^3 است، عیار بالایی انتخاب شده است؟ برای جبران عدم ویبراتاسیون

- سنگ دانه

سنگ‌دانه‌های مصرفی در بتن پاشیده باید دارای چنان کیفیتی باشند که بتوان با آنها بتنی مقاوم و پایا ساخت. از آنجا که ســـنگ‌دانه‌های درشـــت‌تر از حد مجاز می‌توانند باعث بســـته شـــدن لوله یا نازل شوند، لازم است این

سنگ‌دانه‌ها با غربال جدا شده و از دانه‌بندی خارج شوند.
بزرگترین اندازه اسمی سنگ‌دانه‌ها نباید از هیچ یک از مقادیر زیر بیشتر باشد.

- یک پنجم ضخامت بتن پاشیده
- سه چهارم بعد چشمه شبکه یا فاصله آزاد بین میلگردها
- سه چهارم ضخامت پوشش روی میلگرد یا مفتول پانل

سنگ‌دانه‌های مصرفی در بتن پاشیده باید سخت و پایا باشند و مواد زیان‌آور موجود آنها نباید از مقادیر حداکثر مجاز ذکر شده در آیین‌نامه بتن ایران تجاوز کند.
حداکثر سنگ‌دانه‌های پولکی و سوزنی در سنگ‌دانه‌ها نباید از مقادیر مجاز آیین نامه بتن ایران تجاوز کند.
در صورتی که در بتن پاشیده از سنگ‌دانه‌های سبک استفاده شود، این سنگ‌دانه‌ها باید مطابق مشخصات سنگ‌دانه‌ها در بتن ASTM C۳۳۰ باشند.
به طورکلی برای سبک سازی بتن پاشیده می‌توان از دانه‌های سبک منبسط شده یا گلوله شده از خاک رس، دیاتومه، خاکستر بادی و غیره استفاده کرد. همچنین سبک‌دانه‌های طبیعی همچون پومیس و توف و یا سبک‌دانه‌های اسفنجی، پلی‌استایرن و مواد غیر آلی دانه‌ای برای تولید بتن پاشیده سبک می‌توانند مورد استفاده قرار گیرند.

- آب

مشخصات آب مصرفی در بتن پاشیده، حداکثر مقادیر مجاز مواد زیان‌آور و روش‌های آزمایش آن باید مطابق آیین‌نامه بتن ایران باشد.
آب عمل آوری در بتن پاشیده‌ای که به عنوان نمای معماری استفاده می‌شود، باید عاری از موادی باشد که باعث لک شدن و آلودگی سطح بتن شود.

- مواد افزودنی

ماده افزودنی ماده‌ای است به غیر از سیمان، سنگ‌دانه و آب که به صورت پودر یا مایع، به عنوان یکی از مواد تشکیل‌دهنده بتن و برای اصلاح خواص آن، کمی قبل و یا در حین اختلاط به آن افزوده می‌شود. افزودنی‌ها می‌توانند برای بهبود بخشیدن به برخی خصوصیات بتن پاشیدنی مورد استفاده قرار گیرند.
استفاده از مواد افزودنی تسریع کننده در بتن پاشی پانل‌ها، بخصوص در شرایطی که گیرش سریع یا افزایش سریع مقاومت مدنظر باشد، می‌تواند به کار رود.
در بتن پاشیده که در معرض دوره‌های یخ زدن و آب شدن قرار دارند می‌توان از مواد افزودنی حباب‌ساز استفاده کرد. از آنجا که مقدار قابل توجهی از این مواد در مرحله پاشش از دست می‌رود، لازم است با افزایش مواد افزودنی کمبود آن جبران شود. ماده حباب ساز همچنین باعث کارآیی بیشتر مخلوط بتن و کاهش مصالح برگشتی می‌شود.
افزودنی‌های کندگیر کننده معمولاً در بتن پاشیده به کار نمی‌روند، اما در صورت استفاده لازم است مطابق با نوع استاندارد «مشخصات مواد افزودنی شیمیایی، دت ۴۰۱» باشد.
استفاده از پوزولان‌ها می‌تواند علاوه بر افزایش مقاومت و کارآیی بتن، قابلیت پمپ مخلوط را هم افزایش دهد و باعث کاهش میزان مصالح برگشتی شود. پوزولان‌ها باید با استانداردهای مربوط در آیین‌نامه بتن ایران یا هر استاندارد دیگری که قبلاً به تأیید دستگاه نظارت رسیده، مطابقت داشته باشد.

- عمل‌آوری

عمل آوری بتن پاشـــیده نظیر سازه‌های بتن آرمه بر اساس آیین‌نامه بتن ایران صورت می‌گیرد. با توجه به نسبت زیاد ســطح به حجم بتن در سیســتم‌های پانل سه بعدی، لازم است تمهیدات ویژه برای جلوگیری از خشک شدن سطحی بتن صورت پذیرد.

- مبانی تعیین نسبت‌های اختلاط بتن پاشیده

تعیین نسبت‌های اختلاط مصالح تشکیل دهنده بتن پاشیده باید با شرایط زیر مطابقت داشته باشد.

- مقاومت مشــخصه بتن پاشــیده مورد نظر تأمین گردد. در هر حال مقاومت مشخصه بتن پاشیده، مربوط به آزمونه‌های استوانه‌ای استاندارد، نباید کمتر از ۱۸ مگاپاسکال اختیار شود.
- کارآیی و روانی بتن پاشیده باید به اندازه‌ای باشد که بتن پاشیده به سهولت و با تراکم کافی روی سطوح قائم و افقی چسبیده، به خوبی میلگردها و شبکه جوش شده را در بر گیرد و مصالح بازگشتی آن به حداقل برسد. کارآیی بتن پاشیده باید دارای اسلامپ ۴۰ تا ۸۵ میلی‌متر باشد.
- بتن پاشیده باید از پایایی لازم برخوردار بوده و الزامات ویژه شرایط محیطی را برآورده نماید.

در تعیین نسبت‌های اختلاط بتن پاشیدنی باید توجه داشت که قسمتی از مخلوط در اثر گمانه کردن سنگ‌دانه‌ها و مصالح بازگشــتی از دســت می‌رود. بنابراین باید با کنترل دقیق و انجام آزمایش‌های لازم در مراحل مختلف بتن پاشی، طرح اختلاط مناسبی برای ترکیب اولیه بتن پاشیده به دست آید.

حدود متداول نســبت آب به ســیمان مخلوط بتن پاشیده ۰/۳۵ تا ۰/۵ و نسبت متداول سنگ‌دانه به سیمان ۳/۵ تا ۴/۵ می‌باشد.

به منظور حصول کارآیی مطلوب بتن پاشــیده توصیه می‌شــود از سنگ‌دانه‌های اشباع با سطح خشک در مخلوط استفاده شود.

*** در صورت نبود اطلاعات کافی در مورد نوع و مشــخصات مصالح مصرفی، می‌توان از طرح اختلاط وزنی با نسبت آب، سیمان، سنگ‌دانه به صورت ۲۰۰، ۴۰۰ و ۱۷۵۰ کیلوگرم استفاده کرد.

مزایای نسبی پانل‌های سه بعدی

ســاخت ساختمان با استفاده از پانل‌های سه بعدی دارای مزیت‌ها متنوعی می‌باشد که در ذیل به آنها اشاره شده است.

۱- سبکی

از آنجا که بخش زیادی از پانل ســاندویچی مورد اســتفاده در این سیســتم را یونولیت تشــکیل می‌دهد، وزن مخصوص نهایی آن نسبت به مصالح سنتی بسیار کمتر خواهد بود، که این نیز به کمتر شدن وزن کلی ساختمان منجر می‌شود. همچنین سبک وزنی این قطعات امکان نصب و جابجایی آنها را نیز آسان می‌نماید.

۲- عایق بودن (کاهش تبادل انرژی حرارتی و صوتی)

به دلیل اســتفاده از یونولیت، تبادل حرارتی و صوتی ســاختمان کاهش می‌یابد؛ چــرا که ضریب انتقال حرارتی پانل‌ها نســبت به دیوارهای سنتی بسیار پایین می‌باشــد. همچنین این مواد (بسته به گرید مورد استفاده) در برابر

آتش سوزی نیز مقاوم می‌باشند.
***۵سانتیمتر کاور برای یونولیت معادل ۹۰ دقیقه آتش سوزی است و ۶ ساتنیمتر ۱۲۰ دقیقه .

۳- صرفه‌جویی در مصرف فولاد

از آنجایی که سیستم مذکور به ساختمان به عنوان یک BOX نگاه می‌کند، لذا بخشی از تیرها و ستون‌های متداول در ساختمان‌های سنتی، حذف خواهد گردید که در مصرف فولادهای ساختمانی صرفه‌جویی می‌گردد. همچنین به دلیل کمتر شدن وزن ساختمان، فونداسیون‌ها نیز طبعاً کوچکتر خواهند شد.

۴- عدم نیاز به نیروی متخصص

نصب پانل‌ها (در دیوار و سقف) به شناژها و بخش‌های مختلف ساختمان، به صورت دوختن مش‌های دو طرف پانل ساندویچی به یکدیگر و به شناژها در کف به وسیله آرماتور و شبکه مش‌های آماده است؛ لذا نیاز به مهندسین و نیروی انسانی متخصص کاهش پیدا می‌کند.

۵- امکان تهیه مواد اولیه در داخل کشور

مواد اولیه مصرفی این سیستم غالباً در ایران تولید می‌شود. یونولیت نسوز در مجتمع پتروشیمی تبریز (به صورت محدود) تولید می‌گردد. همچنین تولید مفتول جهت لایه‌های مش دو طرف پانل نیز در داخل کشور انجام می‌گیرد.

۶- افزایش زیربنا

دیوار در این ساختمان‌ها به دلیل ضخامت کم، فضای کمتری را اشغال خواهند نمود و زیربنای مفید ساختمان افزایش خواهد یافت.

۷- مقاوم در برابر زلزله

با توجه به آزمایش‌های انجام گرفته، مقاومت در برابر زلزله با استفاده از این پانل‌ها به میزان زیادی افزایش پیدا می‌نماید چراکه بارها روی دیوار می آید و روی آن پخش می شود.

۸- سرعت و سهولت اجرا

ساخت این قبیل ساختمان‌ها سرعت و سهولت بیشتری داشته و سرمایه صرف شده زودتر باز خواهد گشت.
همچنین به دلیل صرفه‌جویی در مصرف انرژی در دراز مدت، ساخت این قبیل ساختمان‌ها توجیه اقتصادی بودن سیستم می‌باشد. از طرفی حذف اسکلت سازه و استفاده از سیستم به عنوان باربر جانبی و قائم سقف‌ها و دیوارها، به میزان چشم‌گیری در اقتصادی شدن ساختمان تأثیر خواهد داشت.

۹- اجرای راحت تأسیسات مکانیکی و برقی

در این سیستم امکان عبور دادن لوله‌های آب و فاضلاب و برق و تلفن به سادگی از زیر شبکه پانل‌ها و نصب چهارچوب درب‌ها و کلاف فلزی پنجره‌ها قبل از بتن پاشی امکان‌پذیر می‌باشد که به طور کلی اجرای تأسیسات ساختمان با کمترین هزینه میسر می‌باشد.
در جدول ذیل برخی ویژگی‌های پانل‌های سه بعدی با مواد رایج ساختمان سازی مقایسه شده است:

خصوصیات	دیوار ۱۰cm پانل 3D	دیوار ۲۰cm سفالی	دیوار ۲۲cm آجری	دیوار ۲۰cm سبک
وزن kg/m^2	۱۴۰	۲۴۵	۴۲۰	۱۶۰
ضریب انتقال حرارتی $w/m^2.k$	۰/۵۷	۱/۸۱	۲/۷۵	۲/۸۲
قابلیت عایق صوت db	۷۰	۲۸	۳۵	۴۲/۸
سرعت اجرا (یک شیفت کاری) m^2	۱۲۰	۴۰	۲۸	۶۰
نیاز به گچ و خاک	–	✓	✓	✓
نیاز به نعل درگاه	✓	✓	✓	✓
قابلیت تحمل بار جانبی	✓	–	–	–
قابلیت استفاده در مقاوم سازی	✓	–	–	–

معایب سیستم

با وجود مزایای ذکر شده در بالا این سیستم دارای معایب و نقایصی هم می‌باشد که در این بخش به آنها اشاره می‌گردد.

۱- محدودیت از نظر معماری

ایده اصلی ساختمان سازی در این سیستم همانند ساختمان‌های قدیمی، معروف به دیوار باربر است. در این سیستم وزن سقف هر طبقه ساختمان روی مجموعه دیوارهای همان طبقه تقسیم می‌گردد (دیوارهای خارجی و داخلی). لذا در طراحی ساختمان پراکندگی دیوار در کل سطح باید حتی‌المقدور یکنواخت باشد. این امر در طراحی ساختمان الزامات و محدودیت‌هایی را موجب می‌گردد.

همچنین از آنجا که پانل‌های مذکور در سقف حداکثر تا دهانه ۶ متر آن هم با کمک تقویت‌های موردی جوابگو هستند، امکان ایجاد فضاهای وسیع‌تر از دهانه ۶ متر، بدون ستون‌های لازم، امکان‌پذیر نیست که این خود در موارد بسیاری طراح را مجبور به تغییر سیستم یا ترکیب آن با دیگر سیستم‌های ساختمانی خواهد کرد. در ضمن چون تمام دیوارها در این سیستم جزء عناصر سازه‌ای مدل می‌شوند، امکان تغییرات پس از اتمام ساختمان وجود نخواهد داشت.

۲- فقدان فرهنگ ساخت و ساز با این سیستم

این سیستم در ایران بسیار نو بوده و سابقه چندانی ندارد، لذا نسبت به سیستم‌های شناخته شده قبلی، نیاز به آموزش و فرهنگ سازی در جامعه دارد، که این خود می‌تواند جزء معایب سیستم محسوب گردد:

اولاً: طراحان (مهندسان معمار و سازه) که طی سال‌های اخیر به طراحی با سیستم تیر و ستون (فلزی یا بتنی) عادت کرده‌اند، تغییر عادت مزبور نیاز به فرهنگ سازی مجدد داشته و زمان‌بر است.

ثانیاً: نیروی انسانی اجرایی نیز با این سیستم آشنایی نداشته و نیاز به آموزش و شناخت نسبت به نقاط حساس و نکات مثبت و منفی سیستم مزبور دارند.

ثالثاً: محاسبه سازه‌ای ساختمان، نیاز به آزمایش‌های متعدد و تعیین ضرایب جدید و احتمالاً تهیه نرم‌افزار جدید (مثل sap ۹۰ و...) جهت محاسبات سازه‌ای خواهد داشت.

۲- اتکا به سیمان به عنوان ماده اصلی

سیستم ساختمانی پانل‌های پیش ساخته متکی به ایجاد ساختمان به وسیله پانل‌ها و سپس پاشیدن بتن در دو طرف آن است. از آنجایی که در این روش میزان پرت بتن کمی بالاست (به خصوص زیر سقف) می‌توان چنین نتیجه‌گیری کرد که عنصر اصلی سازه‌ای در این سیستم بتن است، بدین معنی که این سیستم متکی به تولید سیمان در کشور می‌باشد. گسترش این سیستم مصرف سیمان را بالا برده و قیمت تمام شده ساختمان متغیری از قیمت سیمان در کشور خواهد گردید.

۳- عدم امکان ویبراسیون بتن

از آنجا که بتن مصرفی به وسیله پمپ به دو طرف پانل‌ها پاشیده شود، امکان ویبره کردن بتن وجود ندارد، لذا امکان ایجاد خلل و فرج در بتن مصرف شده (کرمو شدن بتن) بسیار زیاد است: این امر در مورد پاشیدن زیر سقف‌ها تشدید می‌گردد، در ضمن پس از پاشیدن بتن، کارگران باید بلافاصله بتن پاشیده شده را تخته ماله نمایند که این نیاز به مهارت و همچنین نظارت کامل دارد.

۴- تأثیر حیوانات جونده و حشرات

موش و دیگر حیوانات جونده علاقه وافری به جویدن یونولیت دارند، این امر می‌تواند هم از نظر بهداشتی و هم از نظر عایق‌سازی به ساختمان لطمه بزند. لذا تحقیقات در مورد افزودن موادی به یونولیت مصرفی در پانل‌ها که جوندگان از جویدن آن دوری نمایند و در ضمن برای انسان نیز مخاطره‌آمیز نباشد، ضروری به نظر می‌رسد.

۵- عدم امکان اجرای کامل در دیوارهای جنب همسایه (درز انبساط)

عملکرد پانل‌ها از نظر سازه‌ای، بر مبنای مقاومت بتن پاشیده شده در دو طرف پانل است. به طوری که اگر یک سمت از پانل مزبور بتن پاشی نگردد، پانل عملکرد سازه‌ای نخواهد داشت. لذا در موقعیت‌هایی که پانل باید در جوار دیوار همسایه (درز انبساط‌ها) نصب گردد، به طوری که امکان ورود کارگر و دستگاه‌ها جهت پاشیدن بتن وجود نداشته باشد، باید از پاشیدن یک لایه از بتن صرف‌نظر گردد؛ در این صورت دیوار مزبور دیگر عملکرد فضایی از نظر سازه را نخواهد داشت در واقع این سیستم تنها برای ساختمان‌های منفرد و با طول حداکثر ۶۰ متر و با فاصله حداقل ۴ متر از ساختمان همجوار می‌تواند در نظر گرفته شود.

پیشنهاد می‌شود در موارد استفاده در جوار دیوار همسایه، لایه یونولیت حذف گردیده و با اجرای قالب‌بندی، تمام دیوار با استفاده از شبکه مفتولی همین سیستم، بتن‌ریزی گردیده و تمام ضوابط بتن‌ریزی معمولی در آن مراعات گردد (مثل دانه‌بندی، ویبراسیون و غیره....).

بررسی و اظهار نظر در مورد قابلیت‌های سیستم

عملکرد این گونه پانل‌ها برای تحمل بارهای ثقلی در ساختمان‌های با کاربری مسکونی، اداری، آموزشی و کلاً ساختمان‌های متعارف با ارتفاع کم که بارهای ثقلی در حد سبک را تحمل می‌کنند، مناسب می‌باشد. از لحاظ سازه‌ای استفاده از این پانل‌ها برای تحمل بارهای ثقلی جهت ساختمان‌های کوتاه با استفاده از بتن با مقاومت

۲۸ روزه برابـر با $175kg/cm^2$ بلامانع خواهد بود. البته بـرای مقابله با خوردگی در محیط‌های با خورندگی بالاتر، استفاده از بتن‌های با مقاومت بالاتر تا حد $300kg/cm^2$ اجتناب‌ناپذیر خواهد بود. در مناطقی از سقف که احتمال بروز تنش‌های بالاتر وجود داشته باشد، می‌بایستی از آرماتورگذاری تقویتی اضافی استفاده شود.

بر اساس نتایج گزارش، عملکرد سازه‌ای سقف‌های ساخته شده از پانل‌های پیش ساخته فوق، عملکرد دیافراگمی مناسـبی را از خـود ارائه می‌دهنـد و باعث پخش یکنواخت نیروهای حاصل از بارهـای جانبی نظیر زلزله و باد در سازه می‌شوند. لازم به ذکر است که عملکرد دیافراگم صلب منوط به ایجاد قفل و بست‌های مناسب بین مدول‌های مختلف سقف می‌باشد.

نتایج گزارش نشـان می‌دهد که دیوارهای پانل و همچنین سقف‌ها، از لحاظ تبادل حرارتی با دیوار مشابه آجری تبادل حرارتی کمتری را نشـان می‌دهند، به طوری که صرفه‌جویی قابل توجهی از لحاظ سـوخت قابل استحصال می‌باشد.

منابع :

- آشنایی با مصالح ساختمانی/ مهندس سیدعلی خداوردی ، انتشارات گستران علم
- آرشیو مطالعاتی شرکت پایست عمران
- کتاب فناوری های نوین ساختمانی – مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن
- نشریه شماره ۳۸۵ – دستورالعمل طراحی، ساخت و اجرای سیستم های پانل های سه بعدی
- آرشیو مطالعاتی سازمان گسترش و نوسازی صنایع ایران
- جزوه استاد محترم جناب آقای دکتر ایلاتی
- کتاب فناوری های نوین ساختمانی – دکتر محمود گلابچی – انتشارات دانشگاه تهران

سایتهای مورد استفاده:

- www.tridipanel.org
- www.3Dpanelmethod.com
- www.techspot.com
- www.epco-panel.com

فصل پنجم

قاب فولادی سبک
LSF

گردآورندگان:

مصطفی صافحیان

داریوش میزرایی

سید محمدعلی عارف

زهرا قنبری

پروین دخت‌اسدی

مقدمه

تأمین مسکن مورد نیاز افراد جامعه به عنوان یکی از ضروری ترین نیازهای بشر از اساسی ترین وظایف دولت‌ها به شمار می‌رود. رشد سریع جمعیت جوان کشور و سرعت کم در تولید انبوه واحد های مسکونی مورد نیاز کشور طی سال های گذشته سبب شده کمبود مسکن به عنوان یکی از معضلات اساسی کشور حادتر از هر زمان دیگر مسئولین و دست اندرکاران بخش مسکن را به چاره اندیشی وادار نماید. بر اساس سرشماری نفوس و مسکن در سال ۱۳۸۵ بالغ بر ۱۷,۴میلیون خانوار در سطح کشور سرشماری شده اند، در حالیکه تعداد ۱۵,۹ میلیون دستگاه واحد مسکونی به ثبت رسیده است. همچنین با توجه به هرم سنی جمعیت کشور، حدود ۳۰% از جمعیت کشور در گروه سنی ۱۵ تا ۲۵ سال قرار دارد که معادل ۲۵ میلیون نفر از جمعیت کل کشور می‌باشد که در آستانه ازدواج و تشکیل خانواده قرار دارند که این مسئله شکاف میان عرضه و تقاضا در بخش مسکن را افزایش خواهد داد. از سوی دیگر افزایش مهاجرت از روستاها به شهرها طی سال های اخیر و کاهش جمعیت روستاها به نفع شهرها سبب کوچک شدن بعد خانوار و تغییر الگوی مورد انتظار خانواده ها برای انتخاب مسکن شده است . به این ترتیب برآورده نشدن اهداف کمی مسکن در برنامه چهارم توسعه، افزایش تعداد خانواده ها، کاهش بعد خانوار و هجوم جمعیت جوان دهه ی اول انقلاب از جمله مهمترین مواردی است که کمبود مسکن را به مشکلی اساسی تبدیل نموده به طوری که تولید سالانه ۱,۵میلیون واحد مسکونی اجتناب ناپذیر می باشد. به منظور تأمین بخشی از مسکن مورد نیاز جامعه که روش های سنتی ساخت به دلیل ظرفیت محدود قادر به تولید آن نمی باشد استفاده از روش های نوین در راستای صنعتی نمودن ساخت و ساز الزامی است .

سیستم قاب فولادی سبک (Light Steel Framing)یکی از سیستم های جدیدی است که در بازار طی ۵۰-۶۰سال اخیر وارد شده ولی شاید بتوان گفت عمرش از این هم بیشتر است اگر بیاییم و جای چوب و فولاد را با هم عوض بکنیم.

هزینه‌های یک ساختمان علاوه بر هزینه‌های ساخت، به هزینه‌های تا پایان عمر بهره برداری از ساختمان هم اطلاق می‌شود. برای ساختمان‌های مسکونی عددی همانند ۲۰سال را به عنوان عمر مفید مد نظر می گیرند. در مورد یک بیمارستان عدد۳۰سال و در مورد یک سد عدد ۵۰ سال.همانطور که می دانید در سال ۶ماه رادیاتور

روشن است و ۳ماه هم کولر .هزینه یک ماهه این مصارف به دست می آید و بعد به روش های آماری به یک دوره بیست ساله بسط داده می شود.این چنین قیمت تمام شده بهره برداری را در دوره ۲۰ساله بدست می آورند.این مسئله می تواند در مورد لوله های یک ساختمان هم مطرح باشد.ممکن است یک نفر از لوله های قدیمی استفاده کند ولی یکی دیگر از لوله های پنج لایه.به تبع ممکن است دو برابر هزینه بپردازد ولی شما ببینید هزینه تعمیر در دو سال چقدر است؟پس باید به این مسائل توجه کرد.

به طور کلی در سیستم ساختمانی قاب فلزی سبک، سازه ما متشکل از یکسری المان هایی است که با روش سرد نورد شده(اصطلاحا cold formگفته می شود) ساخته میشوند.نورد سرد از سیستم خودرو سازی وارد بازار شده.در سیستم خودرو شما با سیستم پرس و بریدن آشنا هستید .نورد سرد هم یکی از همان سیستم هاست .مثلا گارد ریل های کنار خیابان با روش کلد فرم تهیه می شوند.شما یکسری غلتک دارید.یک ورقی را وارد می کنید و آن را تا می کنید.همانند یک ورق کاغذ که به خودی خود مقاومت چندانی ندارد ولی شاید اگر هشت تا تایش بزنید بتواند یک وزنه را هم روی خودش تحمل کند. یعنی میزان هزینه شما عوض نشده مثلا یک برگ کاغذ خریده اید . صرفا با تغییر شکل در این کاغذ توانسته اید ظرفیت باربری این کاغذ را افزایش دهید.

روش صنعتی این کار ، همین روش کلد فرم یا سرد نورد شده است.در سیستم LSF مقاطع خارج شونده، مقاطع C شکل و U شکل هستند.در بازار به اصطلاح به این مقاطع Cشکل استاد(studیا ستونک) و به مقاطع Uشکل هم رانر(runner)گفته می‌شود. در کارگاه شما این اصطلاحات همانند فرغون و کمچه زیاد می شنوید. در سیستم LSF ، انتقال بارهای ثقلی (بارهای مرده و زنده عمودی به طرف زمین) توسط استادها انجام می‌شود ولی انتقال بارهای جانبی(بارهای باد و زلزله)توسط بادبند یا یکسری دیوارهای برشی بتنی صورت می‌گیرد. سیستم سازه ای LSF را می‌توان همانند یک چهار پایه تصور کرد که به جای چهار تا پایه مثلا ۴۰تا پایه دارد.در یک صندلی که چهار تا پایه دارد اگر یکی از این پایه ها قطع شود یا به هر شکلی از بین برود سازه دچار نابودی(collapse)می شود ولی اگر از چهل تا پایه یکی از آن ها حذف بشود ساختمان همچنان پایدار می ماند.

این در حقیقت فلسفه استفاده از استاد ها یا ستونک ها است. در ساختمانهای LSF بمنظور باربری جانبی سازه در دو امتداد اصلی متعامد، ازدهانه های باربر جانبی استفاده میشود که Load Bearing Wall نام دارد. دهانه های باربر به چهار روش ایجاد می‌شوند :

۱- سیستم دهانه های مهاربندی با اعضای قطری
۲- سیستم دیوار برشی با ورق فولادی نازک
۳- سیستم دیوار باربر با پوشش OSB
۴- دیوار برشی بتن آرمه.

که مهاربندی با اعضای قطری برای ساختمان‌های تا ۲ طبقه مسکونی و سیستم باربرجانبی دیوار برشی بتن آرمه تا ۵ طبقه مجاز می‌باشد.

مزایای سازه ای ، اقتصادی و اجرایی سیستم LSF

- در سیستم LSF به صورت قابل توجهی کاهش در مصرف فولاد و سیمان مصرفی داریم. به طور معمول ما در هر متر مربع ساختمان بسته به اندازه دهانه ها و غیره در حدود۰,۳تا ۰,۵متر مکعب بتن با عیار ۳۰۰ کیلوگرم بر متر مکعب مصرف می کنیم. یعنی برای هر متر مربع ساختمان حداقل ۹۰ کیلوگرم سیمان . اگر

در سال یک میلیون واحد مسکونی ۱۰۰متری بخواهیم بسازیم می‌شود ۱۰۰میلیون متر مربع یعنی حدود ۹۰۰ میلیون کیلو سیمان مصرف می‌کند. در حالی که این ۹۰ کیلو در سیستم LSF به زیر ۲۰ کیلو کاهش پیدا می‌کند زیرا در سیستم LSF ما در فونداسیون به علت ضخامت بسیار کم ، مصرف سیمان بسیار کمی داریم و در طبقات دیگر کلا مصرف سیمان نداریم. کاهش در مصرف فولاد هم همین طور. اگر یک ساختمان ۳طبقه یا ۶طبقه را به صورت اسکلت فلزی طراحی بکنید از فولاد در حدود ۴۰تا۵۰ کیلو در متر مربع زیر بنا استفاده می‌شود. در حالی که در سیستم گالوانیزه LSF این عدد بین ۲۵کیلو تا ۳۰کیلو است. یعنی یک صرفه جویی ۲۵تا۳۰درصد دوباره در مصرف فولاد دارید. این را اگر در یک میلیون واحد۱۰۰متری ضرب کنید ما می توانیم مقدار بسیار زیادی از تولید فولاد را کم کنیم و باعث ایجاد آلودگی ها و مصرف منابع ملی مان نشویم یا اینکه همین را در صنعت دیگری استفاده کنیم.

- کاهش نیروی انسانی دوباره در این سیستم یک چیز مشهودی است.در گذشته، برنامه بودجه یک عددهایی را داده بود که به ازای هر صد متر مربع زیربنا در سال چند نفر مشغول بکار می شوند .این عدد چیزی در حدود ۳ معروف بود.این عدد در سیستم های LSFچیزی در حدود۱تا۱,۲کاهش پیدا کرد. باز اگر این عدد۳ نفر را در یک نیم میلیون ضرب کنید ما در سال چیزی در حدود ۴۵میلیون نفر به روش سنتی آدم لازم داریم که فقط در بخش ساختمان کار کنند.در حالی که اگر جمعیت ما ۷۰یا۸۰ میلیون هم باشد و جمعیت خانم ها و افراد سن بالا و افراد کمتر از ۲۰سال را کم کنیم ما اصلا این همه جمعیت نداریم.یعنی باید از خارج کشور نیروی کار وارد بکنیم.به همین علت است که مثلا کشورهای ترک و کره ای وارد شده اند.این یک الزام است، مگر اینکه ما بتوانیم در روش های صنعتی باعث کاهش نیروی انسانی لازم بشویم.
- یکی از دلایل اولیه استفاده از این سیستم این است که ما عموما نیازی به وسایل و تجهیزات سنگین مثل جرثقیل نداریم. یعنی کل قطعاتی که شما می خواهید نصب کنید در نهایت حدودا ۱۰۰کیلو است که می‌توان با ۳ نفر کارگر این را حمل کرد. مثلا اگر در محلی دارید ساختمان می سازید که امکان آمدن جرثقیل یا تراک میکسر را ندارید(مثلا دارید یک ویلایی می سازید) می توانید از این سیستم استفاده کنید. در حقیقت سبکی این سازه به خاطر ضخامت های کم ورق های گالوانیزه (۱تا۱,۲میلی متر)است.
- عمر مفید این سیستم ۵۰سال پیش بینی می‌شود. یعنی منابع ملی فولاد و بتنی که در این سیستم استفاده می کنید حداقل ۵۰سال به شما سرویس میدهد (فکر کنید اگر بخواهید یک ساختمان را هر ۲۰سال یک بار بکوبید و دوباره بسازید چه حجم ضایعاتی باقی می ماند که باید این ها را دوباره در یک جایی دپو کرد.) دلیل عمر زیاد این سیستم اینست که ما در این سیستم در تمامی اعضا از آهن گالوانیزه استفاده می کنیم. اگر شما آهنی را بخواهید رنگ بکنید ممکن است ضخامت رنگی که می زنید کافی نباشد، احتمال ریختن رنگ در اثر جابجایی تحت زلزله وجود دارد.معمولا تمام زوایا را نمی توانید رنگ کنید.همین محل ها، نقطه هایی می شوند برای شروع خوردگی در سازه ، ولی وقتی یک ورق را به کارخانه می برند و در حوضچه» روی» تمام سطح آن ۱۲۰تا۱۶۰میکرون پوشیده می شود اتوماتیک در برابر یک عامل مخرب مثلا خوردگی، مقاومت سیستم ساختمانی شما افزایش می یابد.
- سهولت در نصب تاسیسات برقی و مکانیکی را در عکس می بینید.همچنین امکان دسترسی به تاسیسات جهت تعمیر، ترمیم و یا تعویض برخی قطعات به سادگی امکان پذیر بوده و به عنوان یکی دیگر از مزایای سیستم LSF که منجر به افزایش عمر مفید ساختمان نیز خواهد شد، محسوب می گردد. ایجاد تغییرات

حین اجرا در نقشه های تاسیسات، معمولاً به سادگی انجام می شود.

- کاهش ۶۰ درصدی در وزن مرده این ساختمان کاملا یک امر بدیهی است.خود سازه ۲۰تا۳۰درصد کاهش می یابد.ما اصلا در طبقات بتن مصرف نمی کنیم به جز بتنی که در کف سازی و چسباندن کاشی و سرامیک داریم.در مقایسه این سیستم با یک سیستم بتنی، حداقل ۶۰درصد کاهش وزن دارید. وزن کم این سیستم باعث می شود به عنوان گزینه ای مناسب برای مناطق با مقاومت خاک کم، تلقی شود.
- از لحاظ معماری ، شما با افزایش فضای مفید داخلی مواجه هستید.در سیستم LSFضخامت دیوارها به ۱۰سانتی و ۱۵ سانتی تمام می شود.
- صرفه جویی در مصرف انرژی به دلیل اینکه فضای داخل دیوارهایتان خالی است . می توانید انواع عایق ها را در دیوارها استفاده بکنید.یعنی کاملا دست شما باز است که هیچی نگذارید(یعنی عایق ۱۰سانتی هوا داشته باشید)، پشم سنگ بگذارید، پلی یورتان تزریق بکنید، بتن سبک بگذارید و انواع مختلف عایق های دیگر.در سیستم آجر و بلوک ، شما چنین فضایی را برای گذاشتن عایق ندارید.
- موضوع دیگر ، زمان بازگشت سرمایه است.هر چه زودتر پروژه شما تمام شود می توانید یک پروژه دیگر را شروع کنید.
- یک مزیت بسیار مهم در سیستم LSF اینست که فضای اطراف بادبند ها را با بلوک و سفال پر نمی کنیم.در سیستم های سنتی این فضا را پر می کنند و این امر مانع عملکرد صحیح بادبندها می شود.
- به طور کلی هزینه تمام شده ساخت یک ساختمان به چند مورد تقسیم می شود:هزینه های فنداسیون و اسکلت، سفت کاری و نازک کاری.در مقایسه هزینه ساخت دو سیستم با هم می بایست هزینه های مربوط به نازک کاری را در نظر نگیریم چرا که نازک کاری به مواردی مثل نوع شیر آلات ، در و پنجره ها و مواردی از این دست برمی گردد که در یک سیستم سنتی و یک سیست صنعتی با هم تفاوتی ندارند.در هر دو بستگی به انتخاب کارفرما دارد.با توجه به این موضوع، سیستمLSF نسبت به سیستم های سنتی در موارد کاربردی که در ادامه توضیح داده خواهد شد به صرفه تر است.زیرا همانطور که گفته شد مصرف فولاد و بتن در این سیستم بسیار کمتر از سیستم های سنتی است، ضمنا در این سیستم هم، چیزی به نام سفت کاری نداریم بدین خاطر که تیغه چینی نداریم.

موارد کاربرد سیستمLSF

همواره انتخاب مناسب ترین سیستم در کارهای مختلف یکی از وظایف یک مهندس بوده وهست.شاید با LSF

بتوان هزاران کار را انجام داد ولی چند کار هست که از همه سیستم‌های دیگر به صرفه تر است. این موارد در ادامه بیان خواهند شد:

- همانطور که قبلا هم ذکر شد برای مجتمع های ویلایی در بالای کوه و تپه و جایی که دسترسی به آن منطقه نباشد یا مشکل باشد، استفاده از این سیستم گزینه خوبی است.
- در ساختمان های اداری مصرف فولاد تا حدود ۴ طبقه عدد بهینه ای است.
- در وسط بیابان که برق و آب و جوش و موتور پمپ بتن و ... وجود ندارد این روش دوباره گزینه خیلی خوبی است.
- بـه دلیـل امکان مونتاژ و دمونتاژ کردن این سیسـتم، می توان از آن به عنوان قسـمت هـای تجهیز کارگاه استفاده کرد.زیرا پس از پایان پروژه ، به جای اینکه اتاق ها و... را خراب و مواد زاید را در یک جایی دپو کرد، این ساختمان را می توان برچید و با خود برد.
- گاها به یکسری مراکز درمانی یا آموزشی موقت نیاز دارید.
- به دلیل سـریع الاحداث بودن، می توان در مواقع بروز حوادث طبیعی همانند سـیل یا زلزله از این سیستم استفاده کرد.
- در ساختمان های قدیمی ممکن است بخواهید در بالای ساختمان یک طبقه دیگر احداث کنید(اصطلاحا به این کار «اضافه اشـکوب»می گویند.) اگر ایزوگام و آسـفالت روی سقف را بردارید می توان به جای آن از این سیسـتم که سبک است استفاده کرد.ضمنا اگر بام به صورت شیبدار با زاویه بیشتر از ۱۰درصد ساخته شود، طبق مبحث ۶ مقررات ملی سـاختمان ، بار زنده بام صفر در نظر گرفته می شـود .به این ترتیب بدون نیاز به اقدام خاصی می توان یک طبقه به سـاختمان اضافه کرد.این کار بیشـتر در دانشگاه ها و بیمارستان ها انجام می شـود.ضمنا به کمک LSF، مشـکلات کثیف کاری بنایی سنتی که اغلب موجب بروز مشکل و نارضایتی ساکنین واحدهای زیرین می گردد از بین می رود.همچنین پس از اجرای نما، نمای طبقه اضافه شده با سایر طبقات زیرین کاملا یکسان و یکدست خواهد شد.

اجرای اضافه اشکوب

- همانطور نیز که قبلا هم گفته شد می توان از پنل های LSFبه عنوان دیوار های جداکننده داخلی یا خارجی اسـتفاده کرد(به شـرطی که نقش سازه ای نداشته باشد.)این امر نه تنها باعث اجرای راحت تر نعل درگاهی ها می شود بلکه به شدت وزن سازه را کم می کند و به تبع آن، ابعاد مقاطع تیر و ستون ها کاهش می یابد یعنی در هزینه های اسکلت هم صرفه جویی می شود.

جداکننده های خارجی

جداکننده های داخلی

مراحل کار از تولید تا اجرا

۱. در کارخانه ورق های گالوانیزه وارد یکسری غلتک ها می شوند .از طرف دیگر به صورت مقاطع مختلف خارج می شوند.

غلتک ها در حال خم کردن ورق ها

رول ورق گالوانیزه

۲. قطعات کوچک با توجه به نقشه ها بهم دیگر متصل می شوند و یک قاب را تشکیل می دهند.محل بازشوها و بقیه مشخصات در این مرحله پیش بینی می شوند.

۳. سپس قاب ها به محل پروژه منتقل می گردند.

۴. در محل کارگاه بر اساس شماره هر قاب، قاب ها در کنار هم مثل یک پازل چیده می شوند.یکی از دلایل اجرای سریع این سیستم همین است.مثلا برای کار گذاشتن یک درب در سیستم های سنتی ، بنّا باید آجرهای اطراف را بچیند.یکی بیاید و درب را بگذارد.بعد یک جوشکار بیاید و بالای درب را یک نعل درگاهی بگذارد و...یعنی برای یک نصب درب ، کلی وقت تلف میشود و ضمنا دقت لازمه را هم ندارد. در حالی که چون این کارها در کارخانه انجام می شود دقت و سرعت بالا می رود.نهایتا درگاه درب با۲میل درز بیشتر اجرا می شود و بعد در محل درز، تزریق پلی یورتان انجام می شود.

۵. اتصال این قالب ها به صورت پیچ و سوراخ نیست.در اسکلت پیچ و مهره ای، سوراخ هایی که در کارخانه ساخته می شوند ممکن است دقیقا روبروی هم نیفتند و ضمنا نیاز به گرفتن مهره از یک طرف و بستن پیچ دارد ولی در این سیستم، تمامی اتصالات توسط دریل و با یکسری پیچ های مخصوص انجام می شود.این پیچ

ها در سرشان مته هایی دارند که پیچیده می شوند .در یک لحظه هم ورق را سوراخ می کنند و هم کار تمام می شود.(اصطلاحا به این پیچ ها self screw یا پیچ های اتوماتیک گفته می شود.)

۶. همزمان با تولید قاب ها در کارخانه، فونداسیون ساختمان در کارگاه اجرا می شود.(پس از گودبرداری و تسطیح و رگلاژ زمین و ریختن بتن مگر، ابتدا شبکه آرماتورهای بافته شده در روی زمین قرار داده می شود. سپس قالب بندی و بتن ریزی فونداسیون انجام می شود.)ضمنا از آنجایی که این سیستم به صورت دیوار باربر عمل می کند، معمولا پی این سیستم از نوع پی های نواری است.

قالب بندی فنداسیون

آرماتورهای فنداسیون

برای اتصال قاب ها به پی هم، باید پیچ هایی به نام رول بولت در داخل فونداسیون پیش بینی شوند که بعد از قرار دادن قاب ها در محل های مورد نظر ، قاب ها را به پی متصل کنند.بسته به ابعاد ساختمان ، تعداد و فاصله این پیچها طراحی می شوند.هر چه ساختمان باریک تر و بلند تر باشد، تعداد این پیچ ها افزایش می یابد. در تصویر زیر، محل رول بولت ها با دایره نشان داده شده است. اگر ساختمان ما مرتفع بشود می بایستی از یکسری اتصالات به نام hold up و hold down استفاده گردد.

رول بلت

اتصال قاب و پی توسط رول بلت

۷. پس از پایان یافتن نصب قاب ها، کارهای لوله کشی آب و برق و شوفاژ وبقیه تاسیسات انجام می شود.(برای عبور این تاسیسات، سوراخ هایی در استاد ها و تیر های درون سقف پیش بینی شده است.)

۸. بعد از قرار دادن عایق های مورد نظر در داخل دیوار ها،

۹. در طرفین این فریم ها، تخته های گچی به نام «گچ برگ» متصل می شوند.در نما هم علاوه بر امکان استفاده از انواع مختلف پانل های نما ، مصالح سنتی نما نیز قابل استفاده اند، منتها به روش دیوار خشک(dry wall)

یعنی به شیوه های اتصالی پیچی و کشویی و با استفاده از چسب و آجرهای پلاک.
نمونه هایی از اجرای نازک کاری های متنوع را در این سیستم در شکل های زیر مشاهده می کنید.

نما خارجی از پنل های چوبی

ورق های MDF

Cement board

نما آجری سنتی

سقف شیبدار

نصب گچ برگ در دیوارهای داخلی

۱۰. در این سیستم حتی پله هم پیش ساخته اجرا می شود.امکان گذاشتن آسانسور در این سیستم وجود دارد.
۱۱. در این روش امکان نصب تابلوهای مختلف و حتی سنگین تر از آن، روشویی های دیواری (wall hang) نیز وجود دارد که وزن هر کدام درحدود ۱۰۰-۱۵۰کیلوگرم است.برای نصب تابلو، اگر پیش بینی هیچ چیزی نشده باشد می توان با حرکت یک آهنربا روی دیوار، محل استاد ها را که به فاصله ۶۰ سانتی هم قرار دارند پیدا کرد و در آن محل ها اقدام به میخ کوبی کرد ولی معمولا در محل هایی که احتمالا قرار است وسیله ای دور تا دور همانند کابینت نصب شود یک سری تسمه های افقی نیز در ارتفاعات مختلف به موازات رانرها پیش بینی می شوند که مشکلی هم از نظر نصب چنین وسایلی در دیوار ها وجود نداشته باشد.
۱۲. سقف ها در این سیستم می توانند شیبدار باشند یا نباشند. سیستم سقف هم از مقاطعی مشابه با مقاطع استفاده شده در دیوار ها ساخته می شود.تیرهای سقف به صورت خورجینی(balloon)اجرا می شوند.روی قابها ، تیری(track) قرار داده می شود که تیرچه ها بر روی آن یا درون آن قرار داده می شوند .

تیرچه ها درون track

تیرچه ها روی track

ضمنا می توان از قبل در جان تیرچه ها، سوراخ هایی برای عبور تاسیسات از کف تعبیه کرد.امکان اجرای سقف طبقات به صورت های صلب و نیمه صلب وجود دارد یعنی می توان از بتن در سقف استفاده کرد و یا به صورت ترکیبی از ورقهای پرگیتت و بتن سبک و تسمه های افقی به صورت ضربدری، بدون نیاز به آرماتوربندی ، سقف را بنا کرد.

بتن ریزی سقف

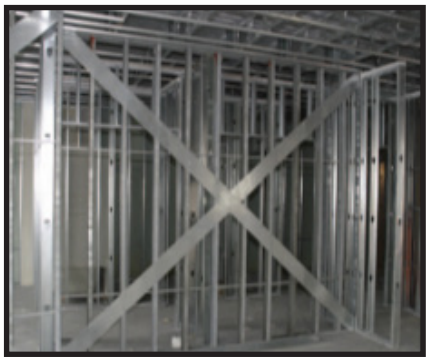
ممکن این سوال پیش بیاید که با توجه به وزن کم این قاب ها ، هزینه بیشتری را در حمل ونقل می پردازیم یعنی از تمام ظرفیت باربری مثلا یک تریلر استفاده نمی کنیم.جواب این سوال اینست که اگر مسافت حمل طولانی

باشـــد پروفیل ها را به صورت ســـرهم نشـــده منتقل می کنند و بعد در خود کارگاه ، به سرعت یک سوله نصب می شود و پروفیل ها در کارگاه تبدیل به قاب می شوند ولی اگر پروژه آنقدر بزرگ نباشد که احداث یک سوله اقتصادی باشد یا مسافت انتقال خیلی زیاد نباشد، این قاب ها در همان کارخانه تولید و فرستاده می شوند.

معایب سیستم LSF

- یکی از معایب این سیستم ، به مسائل فرهنگی برمی گردد .معمولا ما ایرانی ها عادت کرده ایم که دیوارهای ما توپر باشد و صدای توخالی بودن ندهد.در این سیستم چون که از مصالح آجری یا بتنی استفاده نشده است این احساس ناخوشایند به استفاده کنندگان از این سیستم داده می شود که این ساختمان مقاومت کافی را در برابر زلزله یا بارهای دیگر ندارد.
- اجرای ســـاختمان های بلند مرتبه در این سیســـتم، با مشـــکل مواجه اســـت. در مناطق با خطر نســـبی کم، متوسط و زیاد (مطابق آیین نامه ۲۸۰۰) استفاده از این سیستم سازه ای بعنوان قاب ساختمانی ساده بهمراه دیوار برشـــی بتن آرمه حداکثر در ۵ طبقه یا ارتفاع ۱۸ متر بلامانع اســـت و در مناطق با خطر نســـبی کم، متوســـط و زیاد (مطابق آیین نامه ۲۸۰۰) اســـتفاده از این سیستم سازه ای تا حداکثر ۲ طبقه یا ارتفاع ۷,۲۰ متر از تراز پایه، با اجرای مهاربندی قطری بلامانع اســـت و همچنین بکارگیری این سیســـتم در مناطق لرزه خیز با خطر نسبی بسیار زیاد (مطابق آیین نامه) ۲۸۰۰ مجاز نیست.صرفا زمانی که نقش LSF به عنوان عضو باربر سازه نباشد همانند دیوارهای خارجی ساختمان یا دیوارهای داخلی ، محدودیتی در ارتفاع وجود ندارد.

مهاربند افقی



مهاربند جانبی

- مواد تشکیل دهنده LSF بار حریق ندارند ولی پروفیلهای سرد نورد شده مقاومت کمی در برابر حریق دارند و بایستی بخوبی محافظت گردند، که یکی از دلایل کاربرد گچ به عنوان پوشش داخلی رسیدن به این هدف است.

فصل ششم

سیستم قالب تونلی

گردآورندگان:

محمدرضا رافعی

سید محمدحسین شامخی

اشکان غلامی

امیرمسعود معمارنژاد

حمزه فراهانی

معرفی کلی سیستم

یکی از روش‌های مورد استفاده برای اجرای ساختمان‌های با سیستم باربر دیوار و سقف بتنی است. نام تونلی به دلیل شکل قالب‌های فلزی همزمان دیوارها و سقف‌ها است.

در سیستم تونلی، دیوارها و سقف‌های بتن مسلح به صورت هم‌زمان آرماتوربندی، قالب‌بندی و بتن ریزی می‌شوند. این روش ضمن بالا بردن 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 فضاها هستند. برای قالب‌بندی یا قالب‌برداری نیازی به خرد کردن قالب‌ها و تبدیل آنها به ابعاد کوچک نیست و با همان ابعاد اولیه و به صورت یکپارچه از فضا خارج می‌شوند. جدارهایی که با استفاده از این روش اجرا می‌شوند جدارهای اصلی داخلی و بعضی جدارهای خارجی (جانبی) هستند.

در ساختمانهای با سیستم تونلی، در برخی موارد برای افزایش سهولت و سرعت اجرا، اجزای غیر سازه‌ای مانند دیوارهای جداکننده، پله‌ها و پانل‌های نما به صورت پیش‌ساخته در نظر گرفته می‌شوند و بعد از تکمیل سازه اصلی به آن متصل می‌شود. در کشورهایی نظیر مجارستان، رومانی، ترکیه و چین با اصلاح مدیریت اجرا و با استفاده از فناوری‌های روز برای بهینه‌سازی روانی بتن، تسریع گیرش و افزایش مقاومت آن، سرعت اجرا را با استفاده از این روش به طور چشم‌گیری افزایش داده‌اند. هم‌اکنون با استفاده از روش تونلی، انبوه‌سازان با برنامه‌ریزیِ اجرای یک طبقه در دو روز، مجتمع‌های مسکونیِ بزرگ را می‌سازند.

معرفی اجزاء تشکیل دهنده سیستم

۱)شالوده بتن مسلح

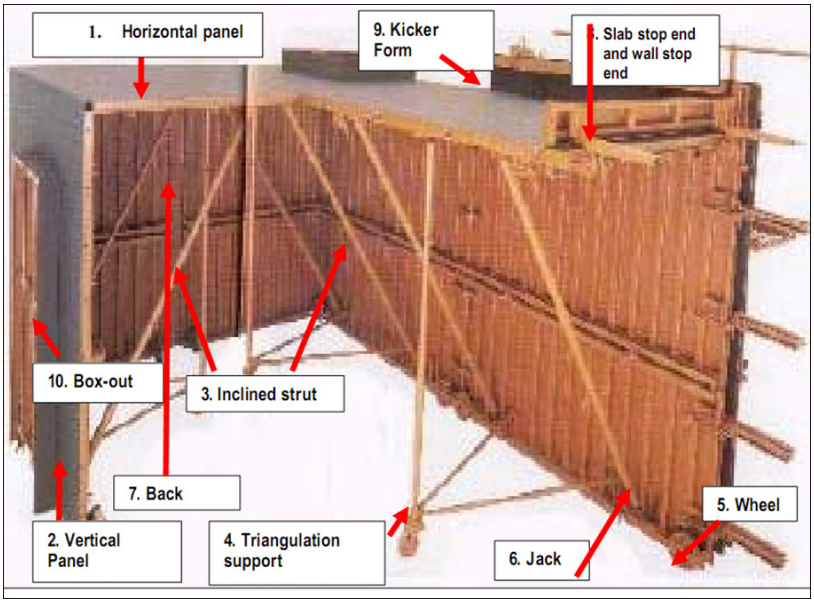
شالوده سیستم تونلی معمولاً نواری و به صورت شالوده دیوار است. این نوع شالوده یک تکیه‌گاه سرتاسری برای دیوارهای باربر سازه فراهم می‌کند. در صورتی که احداث سازه بر روی خاک‌های مساله‌دار صورت می‌گیرد، راه حل مناسب می‌تواند استفاده از شالوده گسترده یا شالوده‌های عمیق مانند شمع‌ها باشد.

۲)دیوارها و سقفهای بتن درجا

در روش اجرای تونلی، دیوارها و سقف‌های هر طبقه به صورت هم زمان بتن ریزی می‌شود. برای این منظور لازم است قالب‌های خاصی با اندازه‌های تیپ و مدولار طراحی و ساخته شود. در این روش ابتدا آرماتوربندی و جاگذاری مدارهای برقی دیوارها انجام می‌شود و همزمان با این اقدامات قالب‌بندی بازشوهای مورد نیاز برای تاسیسات و در و پنجره اجرا می‌شود. سپس با استفاده از قالب‌های ⊐ شکل به صورت پشت به پشت (⊐⊏)، دوطرف دیوار را قالب بندی می‌کنند و با قرار گرفتن قالب‌های متوالی در کنارهم بدون قالب واسط سقفی (⊐⊐⊐⊐) یا همراه با آن (⊐⊐⊐⊐) مجموعه قالب‌های دیوار و سقف را تشکیل می‌دهند. در صورت سه تکه بودن قالب، با تغییر تکه وسط می‌توان به راحتی دهانه‌های مختلف را پوشش داد.

قالب‌ها از ورق‌های ۳ و ۴ میلیمتری فولادی ساخته می‌شوند و با مقاطع قوطی شکل در فواصل حدود ۱۵ تا ۲۰ سانتیمتری از یکدیگر تقویت می‌شوند. چرخ‌های زیر لبه تحتانی این قالب‌ها، حرکت آنها را برای قرارگیری در محل موردنظر و باز کردن قالب تسهیل می‌کند.

جک‌های زیر قالب که به صورت عمودی یا مایل قرار دارند، برای قرارگیری مناسب، تنظیم و تثبیت زاویه قالب، ایجاد خیز اولیه در سقف (در صورت لزوم) و جلوگیری از تغییر شکل‌های احتمالی قالب بر اثر لرزش به کار می‌روند.



۳) رابط دوطرف قالب یا تای بولت (Tie Bolt)

این قطعه به صورت یک پیچ و مهره بزرگ، دو قالب مجاور را در قسمت‌های افقی قالب و از طریق حفره‌های تعبیه شده در قالب به هم وصل می‌کند. وجود این قطعه سبب می‌شود قالب در جای خود تثبیت شود و نیروی هیدرواستاتیکی بتن سبب ایجاد قوس در دیواره نشود. وجود این قطعه‌ها در زمان اجرا سبب می‌شود حفره‌هایی در دیوار بتنی باقی بماند. بخش میله‌ای (پیچی) این قطعه را می‌توان در یک غلاف پلیمری (برای مثال لوله PVC) قرار داد تا مستقیماً با بتن در تماس نباشد و آزادسازی آن آسان‌تر باشد. سوراخ‌های به جای مانده برای نصب نما به جدار بتنی و نیز اجرای سکو (پلت فرم) موقت طبقه فوقانی مورد استفاده قرار می‌گیرد.

۴) رامکا

تنظیم قالب برای قرارگیری در محل مناسب و قابلیت تغییر اندازه اندک آن برای باز شدن و خروج آن از محل نیاز به قطعه‌ای به نام رامکا دارد. رامکا در حقیقت پایه‌ای بتنی برای دیوارها است تا نیاز به امتداد یافتن قالب دیوار تا کف نباشد و قسمت تحتانی قالب برای تنظیم آن آزاد باشد. آزاد بودن قسمت تحتانی قالب این امکان را فراهم می‌سازد که رامکا همانند قالبی در این قسمت مانع از خروج بتن شود.

۵) قالب لبه

لبه‌های خارجی دیوارها و دال کف به وسیله هیچکدام از قالب‌های بزرگ پوشیده نمی‌شود، لذا برای قالب‌بندی این بخش، از قالب‌های ساده و تختی استفاده می‌شود که به دوقالب بزرگ که پشت به پشت نسبت به هم قرار دارند (در دیوار) و یا روی کف قالب (در سقف) وصل می‌شود تا لبه‌های دیوارها و سقف برای بتن ریزی مسدود شود. این قالب‌ها اولین قسمت‌هایی هستند که پس از عمل آوری بتن، باز می‌شوند.

۶) بازشدگی‌ها در دیوارها و سقف‌ها

بازشدگی در دیوار و سقف با پیش‌بینی قالب‌بندی در دیوار و سقف ایجاد می‌شود. قالب‌بندی می‌تواند فلزی یا

چوبی باشـــد. لازم اســـت تمهیدات لازم برای تثبیت قالب اطراف بازشدگی در محلِ پیش‌بینی شده، در نظر گرفته شود.

۷) دیوارهای خارجی

تعدادی از دیوارهای خارجی در سیســـتم تونلی برای ایجاد مسیر خروج قالب‌ها، با بتن مسلح اجرا نمی‌شوند. این دیوارها که بخش بزرگی از نمای ساختمان را تشکیل می‌دهند پس از اجرای اسکلت، با انواع دیگری از مصالح قابل اجرا است. دیوارهای خارجی که با بتن مسلح اجرا شده‌اند نیز می‌توانند به صورت نمایان باقی بمانند و یا با مصالح و فرآورده‌های پوششی مختلف، نماسازی شوند.

اتصـــال دیوارهـــای خارجی به لبه‌های دیوارهای بتنیِ داخلی و کف و ســـقف می‌تواند از طریق اتصال به ورق‌های فلزیِ انتظارِ کارگذاشته شده در بتن آنها باشد و یا با میخ‌کوبی در بتن (هیلتی کوبی) اتصال برقرار شود. همچنین اتصال دیوارهای پوششیِ نما بر روی دیوار بتنی می‌تواند توسط میلگردهای درگیر در حفره‌های باقی‌مانده از رابط دوطرف قالب (تای بولت) تامین یا تقویت شود. در این حالت یک سر میلگرد که در وجه داخلی دیوار قرار می‌گیرد با جوش دادن قطعه‌ای به آن درگیر می‌شود و سر دیگر آن به صورت خم در نمای پوششی قرار می‌گیرد.

۸) پله‌ها

مجریان سیستم تونلی، با توجه به نیاز به بالا بردن سرعت و سهولت اجرا در این سیستم، پله‌های پیش‌ساخته را ترجیح می‌دهند. در اجرای دیوارهای اطراف جعبه پله (Stair Box) ، پلیت‌های انتظاری در نظر گرفته می‌شود که بعداً با جوش دادن یک نبشی سرتاسری، تکیه‌گاهی برای یک انتهای هر رمپ پله ایجاد می‌کند.

ویژگیهای فنی مصالح مورد استفاده

۱) سیمان

در مورد سیمان مصرفی رعایت کلیه ضوابط مبحث ۵ و ۹ مقررات ملی ساختمان اجباری است.

۲) سنگدانه

حداکثر اندازه ســـنگ‌های مورد استفاده باید بر اســـاس حداقل ضخامت اعضا و فاصله میلگردها، مطابق با ضوابط مبحث ۹ مقررات ملی انتخاب شود.

روش اجرا

۱) روش اجرای دیوارها و سقف‌ها

در قالب‌بندی دیوارهای سیستم تونلی از رامکا به عنوان تکیه‌گاه قالب استفاده می‌شود. برای اجرای رامکا از قالب‌های نواری به ارتفاع حدود ۱۰ سانتی‌متر استفاده می‌شود. پس از عمل آوری بتن رامکا و باز کردن قالب‌ها، آرماتوربندی دیوارها در امتداد میلگردهای انتظار خارج شده از رامکا انجام می‌شود. آرماتوربندی به صورت درجا در محل نصب و یا به صورت پیش‌بافته بر روی زمین انجام و سپس به محل نصب منتقل می‌شود.

برای تثبیت فاصله شبکه آرماتوربندی با جداره قالب‌ها و حفظ حداقل پوشش بتن، از فاصله گذاری‌های پلاستیکی به فواصل مشخص بر روی میلگردها استفاده می‌شود. محل‌های بازشو مانند درگاه‌ها، با قالب‌بندی فلزی و بازشوهای کوچک تاسیساتی بوسیله قالب‌بندی چوبی یا پلی استایرن پر می‌شود تا بتن وارد فضای مورد نظر نشود.

تاسیسات مکانیکی در سقف کاذب و لغازهای کنار دیوار اجرا می‌شود. عبور لوله‌های تاسیسات از دیوارها، از سوراخ‌هایی که پیش از بتن‌ریزی در آنها پیش‌بینی شده انجام می‌شود. این لوله‌ها به صورت روکار از سقف کاذب تا محل مصرف اجرا می‌شوند.

بعضی از مجریان برای سهولت کار و سرعت اجرا، رامکای هر طبقه را با سقف و دیوار طبقه پایین قالب‌بندی و به صورت یک‌جا بتن ریزی می‌کنند. برای تسهیل اقدامات بتن ریزی می‌توان از روان کننده و فوق روان کننده استفاده کرد. در حال حاضر کاربرد بتن خود متراکم یک گزینه مطرح در این زمینه محسوب می‌شود. ویبره کردن بتن بوسیله ویبراتور شلنگی و لرزاندن قالب انجام می‌شود. با این روش می‌توان یک سطح کاملاً صاف و هموار بتنی ایجاد کرد تا امکان نازک کاری بدون زیرسازی و صرفاً با یک لایه اندود نازک یا کاغذ دیواری یا رنگ فراهم شود.

برای تسهیل در جابه جایی قالب‌ها از یک سکّو (پلت فرم) در جلوی قالب طبقات استفاده می‌شود تا ورود و خروج قالب از روی سکو انجام شود. علاوه بر آن سکوها محلی برای استقرار کارگران در زمان قالب‌برداری است.

خارج کردن قالب‌ها توسط جرثقیل و با همکاری نیروی انسانی با ابزار دیلم انجام می‌شود. در قالب بندی جعبه پله در این سیستم برعکس سایر فضاها نیاز به قالب بندی سقف نیست لذا از قالب‌های بزرگ و تخت جهت قالب‌بندی کلیه دیوارهای جعبه پله استفاده می‌شود و پس از عمل آوری بتن این قالب‌ها از بالای جعبه خارج می‌شوند. اجرای پله‌ها پس از اجرای کامل اسکلت انجام می‌شود.

سیستم سازه‌ای تونلی معمولاً به سه روش اجرا می‌شود که عبارتند از :

۱- استفاده از قالب‌بندی کامل و همزمان دیوارها و سقف‌ها

۲- استفاده از قالب‌های موسوم به میز پرنده

۳- استفاده از پیش‌دال‌ها یا دال‌های پیش‌ساخته برای سیستم سقف

بررسی رفتار سازه‌ای سیستم تونلی

عناصر باربر اصلی در ساختمان‌های با سیستم تونلی، دیوارهای باربر (دیوارهای برشی) و دال‌های تخت نسبتاً نازک (در مقایسه با ساختمان‌های بتن مسلح متعارف) هستند. در این ساختمان‌ها، نقش دیوارهای سازه‌ای به عنوان عناصر اصلی مقاوم در برابر بارهای جانبی و نیز اعضای اصلی (در ترکیب با دال سقف) برای تحمل و انتقال بارهای قائم (به علت فقدان تیرها و ستون‌ها) بسیار حائز اهمیت است.

در سازه‌های با سیستم تونلی، بارهای ثقلی و جانبی توسط سیستم دیوار و دال به طور یکنواخت به شالوده منتقل می‌شوند و سعی می‌شود تا حد امکان از انتقال بارها توسط اعضای پیش ساخته مانند پله‌های بتن مسلح یا پانل‌های نما جلوگیری شود. برای جلوگیری از تمرکز تنش‌های موضعی و نیز به حداقل رساندن اثر پیچش، توصیه می‌شود پیوستگی دیوارهای برشی سازه‌ای در سرتاسر ارتفاع ساختمان حفظ شود که از دیدگاه معماری موجب محدود شدن فضاهای داخلی شده و از نقاط ضعف این سیستم‌ها محسوب می‌شود.

قالب‌بندی یکپارچه و بتن ریزی هم زمان دیوارها و دال‌های سقف، عملکرد لرزه‌ای سیستم‌های تونلی را بهبود می‌بخشد و موجب پیوستگی افقی و عمودی اجزای سازه به یکدیگر می‌شود. این پیوستگی و یکنواختی سبب می‌شود که تشکیل لولاهای پلاستیک در اعضا و نواحی بحرانی سازه نظیر اتصالات دیوارها به سقف‌ها یا اطراف بازشوهای دیوارها به تعویق افتد و این سیستم عملکرد لرزه‌ای مناسبی از خود نشان دهد.

در ساختمان‌های با سیستم تونلی که در معرض زلزله‌های مهم گذشته قرارگرفته‌اند در مقایسه با انواع دیگر ساختمان‌های بتن مسلح این مناطق که متحمل آسیب‌های شدید سازه‌ای شده‌اند، مواردی از خرابی یا آسیب‌های سازه‌ای عمده گزارش نشده است.

در زلزله‌های گذشته، نقطه ضعفی که این ساختمان‌ها از خود نشان داده‌اند به پانل‌ها و پله‌های پیش ساخته آن‌ها مربوط می‌شود که این قسمت‌ها هم از عناصر سازه‌ای نیست و با تدابیری می‌توان رفتار لرزه‌ای آنها را بهبود بخشید.

یکی از مواردی که به نظر می‌رسد می‌تواند عملکرد مناسب لرزه‌ای سازه با سیستم تونلی را تهدید کند اجرای نامناسب رامکا است. بهتر است رامکا به جای ملات ، با بتن ساخته شود و همزمان با بتن ریزی دیوار و سقف پایینی بتن ریزی شود.

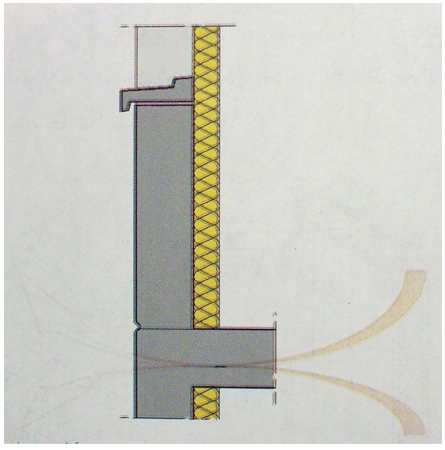
از آنجا که سیستم سازهای تونلی نامعینی زیادی دارد، انتظار می‌رود رفتار لرزه‌ای قابل قبولی از خود نشان دهد. نتایج حاصل از تحلیل‌های انجام شده نشان می‌دهد که حداقل مقدار ضریب رفتار برای ساختمانی پنج طبقه با سیستم تونلی، عدد ۴ است. با مقایسه حداقل ضریب رفتار به دست آمده در پژوهش‌ها با ضریب رفتار پیشنهاد شده در ویرایش سوم استاندارد ۲۸۰۰ ایران، برای سیستم سازه‌ای دیوارهای باربر با سیستم مقاوم جانبی دیوارهای برشی بتن مسلح (برای دیوارهای برشی بتن مسلح معمولی یا با شکل پذیری کم $R=5$ ، برای شکل پذیری متوسط $R=6$ و برای حالت ویژه یا شکل پذیری بالا $R=7$) ، به نظر می‌رسد استفاده از ضریب رفتار استاندارد ۲۸۰۰ ایران (با ملاحظه سطح شکل پذیری) برای محاسبه نیروهای طراحی سازه‌های با سیستم تونلی، نسبتاً واقع گرایانه است.

بررسی عملکرد حرارتی سیستم

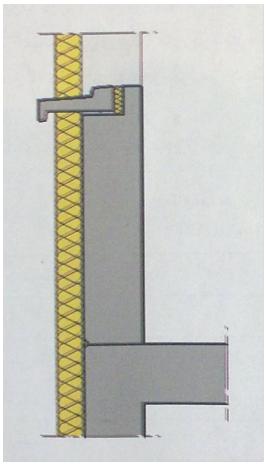
بتن و خصوصاً بتن مسلح جزو مصالحی است که بیشترین میزان انتقال حرارت را دارد. ضریب هدایت حرارت بتن حدوداً ۷۵ درصد بیشتر از سفال و حداقل سه برابر بیشتر از گچ است.

نوع جدار	مقاومت حرارتی	ضریب انتقال حرارت
شیشه تک جداره ۶ میلیمتری	۰/۰۰۶	۵/۸۰
بتن توپر به ضخامت ۱۰ سانتیمتر	۰/۰۶	۴/۴۰
بتن توپر به ضخامت ۲۰ سانتیمتر	۰/۱۱	۳/۵۲
شیشه دوجداره ساده پر شده با هوا	۰/۱۶	۳/۰۳
دیوار بلوک سفالی ۲۰ سانتیمتری	۰/۳۰	۲/۱۳

لذا از طرفی باید عایق‌کاری حرارتی مناسب برای جدارهای پوسته خارجی ساختمان در نظر گرفته شود و از طرف دیگر باید حتی الامکان اثر پل‌های حرارتی کاهش یابد.



عایق‌کاری از داخل



عایق‌کاری از خارج

بررسی عملکرد آکوستیکی سیستم

تمام جدارهای ساختمان باید از نظر صدابندی جواب‌گوی مقادیر ارائه شده در مبحث هجدهم مقررات ملی ساختمان باشند. در مورد صدابندی دیوارها می‌توان به موارد زیر اشاره نمود:

- هرچقدر ضخامت لایه بتنی دیوار بیشتر شود صدابندی افزایش می‌یابد.
- در صورت استفاده از الیاف معدنی روی دیوار به عنوان عایق حرارتی، صدابندی افزایش می‌یابد.
- استفاده از دیوار دولایه، صدابندی را بطور قابل توجهی افزایش می‌دهد و دیگر نیازی به اقدامات تکمیلی نخواهد بود.

صدابندی سقفها

ضخامت دال بتنی سقف موجب می‌شود که همانند دیوارها ، کاهش صدای هوابرد قابل توجه و جوابگوی انتظارات باشد. ولی در مورد صدای کوبه‌ای، لایه بتنی به تنهایی جوابگو نیست و لازم است با یک لایه ارتجاعی در کف تکمیل شود.

بررسی نقاط ضعف و قوت سیستم

نقاط ضعف

- به علت ضرورت وجود دیوارهای سازه‌ای متعدد موازی، محدودیت‌هایی در زمینه معماری وجود دارد که موجب می‌شود آزادی عمل در طراحی ساختار اصلی معماری به‌طور قابل توجهی کمتر از سیستم‌های دیگر باشد. لذا میزان اختیار در تعیین ابعاد فضاها در مقایسه با دیگر سیستم‌ها (نظیر تیر ستون سقف بتنی، اسکلت فلزی (بادبند دار یا قاب خمشی)) کمتر است.
- با وجود اینکه امکان پیش بینی مدارهای تاسیسات الکتریکی در این سیستم در داخل دیوارها وجود دارد اما با توجه به ضخامت محدود دیوارها و سقف‌ها در روش تونلی، در عمل بخش اعظم مدارهای تاسیسات مکانیکی خارج از دیوار، در داخل داکت یا به صورت نمایان اجرا می‌شود.
- قابلیت بازیافت مصالح و عناصر مورد استفاده در این سیستم همانند تمامی ساختمان‌های بتنی با مشکلات فراوان روبرو است.
- با توجه به سنگین بودن قطعات قالب دیوار و سقف مورد استفاده، وجود جرثقیل و دیگر امکانات سنگین نصب الزامی است.
- فراوری مواد و مصالح در کارگاه ساختمانی از سیستم‌های متداول بیشتر و حساس تر است. این امر خصوصاً در صورتی که ضخامت دیوارهای بتنی محدود باشد از اهمیت خاصی برخوردار است.
- محدودیت‌های فصلی در خصوص اجرای این سیستم جدی‌تر و تعیین کننده‌تر از سیستم‌های متداول است. با توجه به این نکته که بتن اجرا شده درجا تنها توسط لایه‌های نازک فلزی قالب محافظت می‌شود، تکانه‌های حرارتی خصوصاً در مواقعی که ضخامت دیوارهای بتنی کم است می‌تواند مشکلات جدی ایجاد کند و در صورتی که دمای متوسط هوا در زمان بتن ریزی پایین باشد باید تمهیدات لازم برای گیرش مناسب و محافظت بتن در برابر یخزدگی در نظر گرفته شود.
- هم نشینی و ارتباط دیوارها و سقف‌های بتنی به دست آمده با سایر اجزا و قطعات الحاقی با محدودیت‌هایی روبرو است که برای کاهش یا برطرف کردن آن لازم است پیش‌بینی‌های لازم در زمان طراحی و ساخت قطعات صورت گیرد.
- امکان تغییر ابعاد قطعات پس از تولید منتفی است. در نتیجه در صورت وجود اشتباه در ساخت قطعه (ابعاد، میلگرد گذاری و ...) تخریب و اجرای مجدد بخش‌های مورد نظر با دشواری‌ها و و پیچیدگی‌های متعدد همراه است.
- امکان دسترسی به مدارهای تاسیسات الکتریکی در دوره بهره‌برداری وجود ندارد و در صورت بروز مشکل در اکثر موارد لازم خواهد بود مدار جایگزینی به صورت روکار اجرا شود. در مورد مدارهای سیستم تاسیسات

مکانیکی با توجه به لازمه رایزری یا روکار بودن تمامی مدارها، این مشکل مطرح نیست.

- جایگزینی و یا تعمیر دیوارها یا سقف‌های بتنی آسیب دیده با سختی فراوان و با هزینه‌های زیاد انجام می‌شود.
- تامین انتظارات در خصوص عایق‌کاری حرارتی جدارها با مشکلات فراوان همراه است.
- عدم تامین انتظارات در خصوص صدابندی کوبه‌ای سقف‌های بین طبقات. البته در سقف‌های متداول از جمله تیرچه و بلوک نیز این مشکل به طور جدی مطرح است.
- خطر بروز میعان و مشکلات ناشی از آن را می‌توان در فاز طراحی و بسته به نوع و محل قرارگیری عایق حرارتی ردیابی و برطرف کرد. در حالت عایق‌کاری از داخل، این خطر در محل پل‌های حرارتی محل‌های اتصالات به سقف‌ها و دیوارهای داخلی باقی می‌ماند و لازم است در مناطق سردسیر توجه خاصی به آن شود.
- بالا بودن سرمایه‌گذاری اولیه برای تهیه قالب‌ها.
- وابستگی شدید به چند مصالح استراتژیک و عدم وجود امکان جایگزینی با دیگر مصالح و فراورده‌ها.
- ضرورت کنترل منظم اجرا خصوصاً در مرحله بتن ریزی برای حصول اطمینان از عملکرد مناسب سازه‌ای و همچنین تامین یکنواختی سطوح بتنی و عدم نیاز به ترمیم و بتونه‌کاری مضاعف.

نقاط قوت

- امکان طراحی مدولار با این سیستم فراهم است.
- در صورت طراحی اصولی، این سیستم در مقایسه با سیستم‌های متداول می‌تواند اندکی سبک‌تر باشد. مصرف بتن در اجرای تونلی بیشتر از ساختمان‌های با اسکلت فلزی یا بتنی است ولی مصرف میلگرد و خصوصاً آهن آلات در این روش به طور قابل توجهی کمتر از ساختمان‌های با اسکلت فلزی و بتنی است.
- در صورت کاربرد این سیستم، نماهای بتنیِ ترجیحاً بتن نمایان با طرح‌های مختلف در نظر گرفته می‌شود. این امر موجب می‌شود هزینه‌های مربوط به نما به حداقل برسد.
- این سیستم از نظر تجهیزات، قطعات مورد استفاده در تجهیزات و مواد اولیه، وابستگی چندانی به فناوری خارجی ندارد.
- برای اجرای این سیستم به غیر از قالب‌های سنگین فلزی، به ابزارهای کمکی خاصی نیاز نیست. ابزار مورد نیاز به تعداد محدود و به راحتی در دسترس هستند.
- قابلیت موازی کردن اقدامات اجرایی در سطح، وابسته به حجم پروژه و تعداد قالب‌های موجود است. در این روش با توجه به این نکته که نصب مدارهای الکتریکی قبل از بتن ریزی در داخل دیوارها و سقف‌ها صورت می‌گیرد و این که پیش بینی‌های لازم برای عبور مدارهای تاسیسات مکانیکی نیز از قبل انجام می‌شود و با در نظر گرفتن این مطلب که در عمل، کیفیت دیوارها و سقف‌های بتنی به دست آمده به گونه‌ای است که عملیات نازک‌کاری داخلی و اجرای نمای خارجی روی دیوارهای بتنی به حداقل می‌رسد، می‌توان ادعا کرد که اجرای برخی عملیات به صورت موازی صورت می‌گیرد و این به عنوان یک نقطه قوت اصلی سیستم تلقی می‌شود.
- قطعات قالبی که برای این سیستم طراحی و ساخته می‌شوند معمولاً چندکاره هستند و می‌توانند برای بخش‌های مختلفی از دیوار یا سقف ساختمان در نظر گرفته شوند.
- در صورت اجرای مناسب بتنی دیوارها و سقف‌ها، بازدیدهای لازم برای تعمیر و نگهداری دیوار و سقف کمتر

از سیستمهای متداول خواهد بود.

- کاربرد این سیستم منافات و تضادی با استانداردهای زیست محیطی ندارد.
- این سیستم مانند دیگر سیستم‌های بتنی در صورت اجرای مناسب لایه بتنی خارجی، عملکرد مناسبی در برابر هوازدگی، محیط‌های خورنده، تابش شدید آفتاب و تکانه‌های حرارتی خواهد داشت.
- ایستایی سیستم در ساختمان‌های میان مرتبه و حتی بلند مرتبه در صورت طراحی و اجرای اصولی اتصالات به راحتی قابل تامین است.
- در اکثر موارد، در صورت طراحی معماری متناسب با قابلیت‌ها و محدودیت‌های این روش، سرعت ساخت به طور محسوسی بیشتر از سیستم‌های متداول بتنی است.
- اتلاف و ضایعات مصالح و فراورده‌ها در روند ساخت در مقایسه با حالت‌های متعارف به طور محسوسی کمتر است.
- محدودیت شعاع حمل و مصرف اقتصادی با توجه به عدم نیاز به قطعات بزرگ و سنگین (به غیر از قالب‌هایی که در زمان تجهیز کارگاه حمل می‌شوند) وجود ندارد.
- عملکرد یکپارچه دیوارها و سقف ها و عکس العمل مناسب و مقاوم در برابر زلزله نسبت به سیستم متداول و سنتی.
- استهلاک پایین و عمر طولانی ساختمان در زمان بهره برداری.
- استفاده کمتر از نیروی انسانی نسبت به سیستم سنتی.
- کاهش ضخامت جدارها و در نتیجه افزایش فضای داخلی مفید.
- قابلیت برنامه ریزی و کنترل پروژه دقیق برای زمان مشخص تحویل (در صورتی که محدودیت‌های فصلی به شکل واقع بینانه پیش بینی شده باشد).
- کاهش برخی ردیف‌های عملیات سفیدکاری، گچ و خاک، نصب در و پنجره، تاسیسات (برق و مکانیک)، دوغاب ریزی پشت کاشی و ... .
- وجود دانش فنی و مقررات و ضوابط و آئین نامه‌های بتن مسلح در کشور.

خلاصه و جمع بندی

سیستم قالب تونلی از روش‌های اقتصادی انبوه‌سازی است. تعداد طبقات بهینه در این روش بین ۸ تا ۱۰ طبقه است. در این روش، هزینه‌ها در مقایسه با سایر روش‌های رایج بتنی و فلزی به طور محسوسی کمتر است. طبق برآوردهای انجام شده توسط انبوه‌سازان مطرح، هزینه‌های تا اتمام اسکلت، دیوارها و اندودهای داخلی، نسبت به روش‌های رایج اسکلت بتنی و فلزی به ترتیب ۱۹ و ۳۸ درصد کمتر است.

نقطه ضعف اصلی این روش عدم امکان جوابگویی به انتظارات عملکردی پارکینگ‌ها است. در عمل لازم است برای پارکینگ فضایی مجزا در نظر گرفته شود. در اکثر موارد لازم است ساختمانی مستقل و جداگانه پیش بینی شود. از طرف دیگر شیب زمین پروژه نیز باید بسیار کم (حداکثر ۵ درصد) باشد. این سیستم صرفاً برای طرح‌های انبوه‌سازی مطرح است و در پروژه‌های کوچک توجیه ندارد.

فصل هفتم

سیستم JK

گردآورندگان:

علی سعیدانژاد

بهروز پهلوانی

امیرحسام بابایی

محمدرضا نبی‌زاده شهربابک

امیرحسین بنی‌اسدی

معرفی

JK STRUCTURE یک تکنولوژی جدید و انقلابی در صنعت ساختمان سازی است که در سال ۱۹۸۴ توسط مهندس Joseph Keefer در کشور فرانسه متولد شده و هم اکنون به عنوان یک روش ساخت و ساز سریع و مقاوم در عرصه بین المللی مورد بهره برداری قرار می گیرد .

این فن آوری از بافت فولاد تقویت شده متشکل است که با تزریق بتن سبک به درون این بافت ، استحکام و یکپارچگی منحصر به فردی برای هر نوع سازه به وجود می آورد . به همین دلیل نیازی به اسکلت بندی ندارد.

نکات اجرایی:

- در این سازه کلیه دیوارها به صورت باربر و برشی عمل می کنند.
- برای دیوارها نیاز به قالب بندی نداریم در حالی‌که برای سقف بسته به کاربرد ساختمان قالب بندی مخصوص انجام می شود.
- نحوه اجرا به این صورت است که اول دیوارها اجرا می شوند سپس بتن ریزی سقف انجام می شود
- پنل ها وظیفه مقاومت کششی را بر عهده دارند و بتن نقش مقاومت فشاری را دارد.
- دیوارها ۳ متر ارتفاع دارند بنابراین برای تزریق بتن ۱ متر ۱متر تزریق می کنند و ماله می کشند.
- تا ۲ ساعت در برابر اتش مستقیم مقاومت دارد. چون بتن متخلخل است بنابراین برای نفوذناپذیر کردن ان به ان افزودنی می زنند یا پوشش خارجی را از ملات های اب بند کننده استفاده می کنند. از رنگ های ضد اب نیز می توانند استفاده کنند
- در دیوارها مکان ها و قالب های در رو پنجره را در می اورند و آن ها را با ارماتور بندی به بقیه سیستم متصل می کنند در این سیستم جوش نداریم.
- در beam ها فاصله عمودی ۱ متر ۱ متر می باشد و فاصله افقی ۳ متر ۳ متر است
- فعلا در ایران بیش از سه طبقه اجازه ساخت نمی دهند.
- کارخانه تولید قطعات در عرض و ضخامت ورقه ها تغییری نمی دهد و فقط ارتفاع پانل را عوض می کند.
- پلی لستایرن درون ملات عایق صوت و گرما است ولی چون متخلخل است باید از نظر آب عایق بندی شود..
- از نظر قیمت تا ۶ طبقه مقرون به صرفه است اما بیش از آن مرقون به صرفه نیست.
- سازه های فولادی به طور کامل در محل پروژه تکمیل شده و برای نصب به محل ساختمان انتقال داده می شوند.

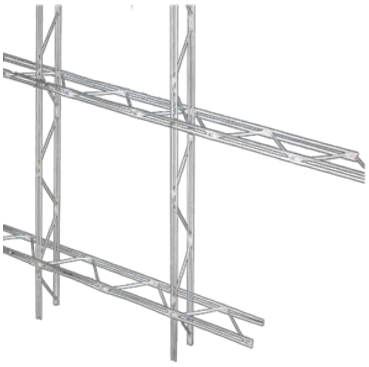
معرفی اجزای سیستم JK

اجزای تشکیل دهنده این سیستم به شرح زیر است :

بیم (beam)　　پنل (panel)　　بتن سبک (alleviated concrete)

مفتول گالوانیزه و توری مرغی (galvanized wire mesh)

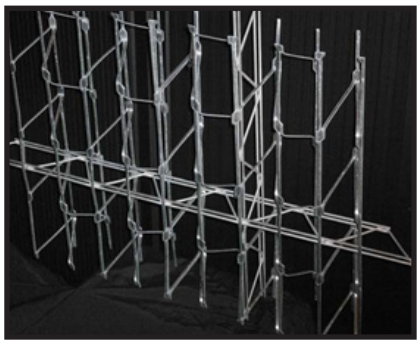
بیم (beam)



سازه‌ای است متشکل از خرپای گالوانیزه با مشخصات زیر :

- مفتول گالوانیزه به قطر ۵ میلی متر
- طول : ۶ متر
- وزن : ۵ کیلوگرم
- ارتفاع : ۴ تا ۸ سانتی متر

پنل (panel)



ابعاد استاندارد پنل :

ارتفاع : ۳۰۰ سانتی متر

عرض : ۱۲۰ سانتی منر

ضخامت : ۸ سانتی متر

ضخامت ورق گالوانیزه : ۲/۱ میلی متر

بتن سبک (alleviated concrete)

در این بتن که بوسیله لوله به فضای خالی بین میله های پانل تزریق می شود، از ماسه بادی، سیمان و الیاف پلی پروپیلن استفاده می شود.

نکته: در صورت اســتفاده از بتن ســبک در این فناوری به دلیل عایق بودن دیگر نیازی به عایق کاری ساختمان نیست.

مزایا و تمایزات

۱. استفاده بهینه از مصالح ساختمانی به طوری که در یک مترمربع سازه به جای استفاده از ۶۰ کیلوگرم فولاد با استفاده از این تکنولوژی حداکثر نیاز به ۱۵کیلوگرم فولاد می باشد .
۲. به دلیل ساختار یکپارچه سازه های این تکنولوژی در صورت بروز زلزله و سایر حوادث طبیعی هیچگونه ریزشی اتفاق نمی افتد و سازه های اجرا شده به این روش کاملاً ضد زلزله خواهد بود.
۳. سرعت بالا در حمل و نقل، اجرا و عدم نیاز به نیروی متخصص ویژه که همگی باعث کاهش هزینه ساخت به مقدار قابل توجهی می شود. به طور مثال سرعت کار تا حدی است که یک اکیپ ۵ نفره در مدت یک روز می توانند یک آپارتمان ۱۰۰ متری را به این روش اجرا کنند.
۴. صرفه اقتصادی بالا و کاهش هزینه ها و ریسک سرمایه گذاری در نتیجه پایین آمدن زمان اجرا
۵. قابلیت اجرا در طرح های معماری متنوع
۶. سه برابر سبکتر از سازه های متداول
۷. عایق صوت (دو برابر بیشتر از مصالح سنتی چون آجر)
۸. عایق حرارت (هفت برابر بیشتر از مصالح سنتی)
۹. عمر طولانی سازه ها (حداقل برابر با سازه های بتن آرمه)
۱۰. سهولت در نصب تاسیسات.

دیگر کاربردها

از این سیستم همچنین در ساخت اماکنی مانند استخر، کانال‌های انتقال آب و فاضلاب ، آب نما و ... نیز استفاده می‌شود.

یکی دیگر از کاربردهای این سیستم، استفاده از این سیستم در دیوارهای تونل‌ها برای پایداری دیواره همانند مش می‌باشد. در این حالت، شبکه‌های فولادی که به صورت دوار طراحی می‌شوند، در دیواره تونل کارگذارده می‌شود و روی آن شاتکریت می‌شود.

همچنین در راهسازی (در زیر سازی برای جلوگیری از ترک و افزایش مقاومت) و همچنین در تثبیت ترانشه‌ها نیز مورد استفاده قرار می‌گیرد.

الزامات سیستم JK

۱. بتن مصرفی در پانل ها از نوع سبک بوده و مقاومت مشخصه آن می بایست حداقل برابر با $100\ Kg/cm^3$ باشد.
۲. حداکثر دهانه باربر ثلقی ۵ متر و حد اکثر طول آزاد و ارتفاع خالص پانل های دیواری به ترتیب ۶ و ۳,۲ متر است. (در وسط دهانه ها خیز منفی اعمال می شود تا پس از بتن ریزی هموار گردد.)

فصل هشتم

قالب عایق ماندگار ICF

گردآورندگان:

فاطمه بهرامی‌نژاد

سعیده حاجی‌زاده

مینا نیک‌نژاد

آرزو آیرملو

غزال رضایی

۱– مقدمه

سیستم قالب های ماندگار اساسا شامل قالبهای دائمی است که برای بتن ریزی و ساخت دیوارهای بتن مسلح استفاده شده و پس از بتن ریزی جزیی از دیوار محسوب میشود. عمده قالب‌ها در این سیستم از جنس پلی‌استایرن منبسط شده دارای وزن مخصوص بالا می‌باشد و به ندرت از پلاستیک‌ها یا مصالح دیگر مانند کامپوزیت پلی‌استایرن سیمان یا فوم پلی‌یورتان استفاده می‌شود.

در این سیستم قالب به صورت قطعاتی برای بتن سازه‌ایی به صورت دیوار باربر و غیر باربر زیر سطح زمین یا روی سطح زمین بکار می روند. این قطعات پس از بتن ریزی و عمل آوری بتن در محل باقی می‌مانند و می بایست با مواد نازک کاری داخلی و خارجی محافظت شوند.

۲– تاریخچه استفاده از سیستم ICF

فن آوری قالب‌های عایق ماندگار یکی از پیشرفته ترین روش‌های تولید صنعتی انبوه مسکن در کشورهای پیشرفته جهان میباشد . برای اولین بار در سال ۱۹۶۶ جهت اجرای فونداسیون‌ها در آمریکا از این روش استفاده شد که در سال ۱۹۶۸ این روش اجرا به کل ساختمان تعمیم داده شد . بیشترین سابقه استفاده از این سیستم در آمریکا , کانادا وبعد از آن کشورهای اروپایی و امریکای لاتین , چین نیوزلند و استرالیا می باشد.

۳– درباره سیستم قالب عایق ماندگار (ICF)

سیستم ICF یک فناوری پیشرفته قالب بندی و عایق کاری ساختمان می‌باشد. مبنای سیستم استفاده از دو لایه قالب عایق در دو طرف و بتن ریزی سازه‌ای فی مابین آنها پس از عملیات آرماتور بندی می باشد.

جنس قالب‌ها معمولاً از EPS و یا XPS می‌باشد. قالب‌ها به مانند لگو و با سرعت بالایی به هم متصل شده و قالب سازه را شکل می دهند. در صورت نیاز می‌تواند قسمتی از قالب با سایر سیستم‌های متداول قالب بندی صورت پذیرد.

۴– مصالح مورد استفاده در این سیستم :

۴-۱. بتن

بتن مورد استفاده در دیوارها از نوع سازه‌ای با حداقل مقاومت ۲۸ روزه نمونه استوانه‌ای استاندارد ۲۱۰ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع می‌باشد. اندازه بزرگترین دانه سنگی مورد استفاده در بتن نباید از ۱۹ میلیمتر بیشتر باشد. اسلامپ بتن مذکور نباید از ۱۰۰ میلیمتر کمتر و از ۱۵۰ میلیمتر بیشتر باشد. بتن مربوطه باید بر اساس مشخصات مصالح محلی طرح و در بچینگ پلانت ساخته و با تراک میکسر به محل حمل و با پمپهای بتن با بوم متحرک به صورت پیوسته و در مراحل ارتفاعی مختلف ریخته شود.

۴-۲. فولاد

آرماتور سازه‌ای مورد استفاده باید از نوع آجدار و با حد اقل تنش تسلیم ۳۰۰۰ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع باشد. آرماتورها باید بر اساس محاسبات سازه ای بر مبنای آیین نامه‌های محلی و یا آیین نامه‌های معتبر بین المللی

طراحی شوند.

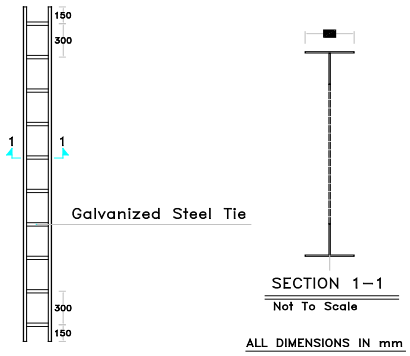
۴-۳. قالبهای پلی استایرن

پلی استایرن مورد استفاده باید از نوع کندسوز بوده و الزامات آیین نامه ASTM C578 را برآورده کند. قالب‌های پلی استایرن این فناوری از نوع پلی استایرن منبسط شونده(EPS) بوده و با حد اقل دانسیته ۲۵ کیلوگرم بر مترمکعب تولید می‌شوند.

Density (minimum)	25 kg/m³ (minimum)
Compressive Strength	1.05 Kg/cm² @10% deformation
Flexural Strength	2.76 Kg/cm²
Thermal Resistance minimum per cm	0.28 K.M²/W @ 24°c
Flame Spread	20 as tested per ASTM E84
Smoke Density	150~300 as tested per ASTM E84

۴-۴. مقاطع با فولاد گالوانیزه

فولاد گالوانیزه مورد استفاده جهت خرپای I شکل، با حد اقل تنش تسلیم ۲۰۰۰ کیلوگرم بر سانتی متر مربع می باشد. از این خرپاهای I شکل در ساخت ساختمانهای بدون محدودیت طبقات بهره جسته می‌شود. میزان درصد کاهش سطح مقطع بتن به دلیل وجود جان گالوانیزه به میزان ۰,۰۳ درصد سطح مقطع دیوار می باشد.



۴-۵. مقاطع از جنس PVC

پی وی سی مورد استفاده در خرپای I شکل (برای ساختمانهای دو طبقه و کوتاهتر) باید از نوع پی وی سی سخت باشد. میزان درصد کاهش سطح مقطع بتن به دلیل وجود جان PVC به میزان ۰,۵ درصد سطح مقطع می باشد.

Density @ 23°C	1.4 gr/cm³
Tensile Stress	35 N/mm²
Modulus of Elasticity	3050 N/mm²
Thermal conductivity	0.16 W/m.K
Flame Spread	20 as tested per ASTM E84
Color	Gray

۵- ویژگی‌های سازه ای و مشخصات سیستم

با توجه به سیستم سازه‌ای این تکنولوژی هیچگونه محدودیتی در مورد سقف سازه وجود ندارد. سیستم سقف تیرچه بلوک با بلوک‌های پلی استایرن سقفی به عنوان یکی از سیستم‌های سقف سازه‌ای برای این تکنولوژی توصیه می‌گردد. سقف‌های با دال بتن مسلح , دال‌های بتنی مسلح پیش تنیده پیش ساخته و سقف‌های تیرچه بلوک معمولی وسقف‌های کامپوزیت با فناوری cold form و یا LSF از دیگر سقف‌های قابل اجرا با این تکنولوژی می‌باشند.

۵-۱. مقاومت در برابر بار جانبی

به دلیل استفاده از دیوارهای بتن مسلح بعنوان سیستم باربر ثقلی و جانبی در این تکنولوژی تولید علی الخصوص از نوع Flat ICF ساختمان‌های ساخته شده با این تکنولوژی از مقاومت سازه‌ای بسیار بالایی در برابر نیروهای جانبی زلزله و تندباد برخوردار می‌باشند. یکی از بهترین و مطمئن‌ترین سیستم های باربر جانبی در سازه‌ها علی الخصوص سازه‌های کوتاه ، دیوارهای برشی بتن مسلح می‌باشند و در عمل برای ساختمان‌های با تعداد طبقات کم و متوسط بهترین عملکرد سازه‌ای را در زلزله‌های گذشته از خود نشان داده‌اند.

۵-۲. بارهای ثقلی

در این تکنولوژی بارهای ثقلی توسط دیوارهای بتن مسلح به پی منتقل می‌گردند. به عبارتی دیوارهای بتنی مسلح کاربردی دو منظوره داشته و علاوه بر انتقال نیروهای جانبی وظیفه انتقال بارهای ثقلی را هم عهده دار هستند. همان گونه که اشاره شد سیستم سازه‌ای این تکنولوژی دیوارهای بتنی مسلح درجا ریز می‌باشد و بصورت یکپارچه و همزمان در هر طبقه بتن ریزی می شوند. و این ساختمان‌ها نقاط ضعف و مشکلات ساختمان‌های بتن مسلح پیش ساخته را در اتصالات نخواهند داشت.

۶- آیین نامه ها و ضوابط سازه‌ای

۶-۱. آیین‌نامه‌های سازه‌ای

یکی از آیین نامه های متداول که در این مورد به آن بیش از دیگر آیین نامه ها رجوع شده است آیین نامه (ACI) می‌باشد. دولت ایالات متحده آمریکا و کانادا به دلیل مزایای غیر قابل انکار این سیستم ساخت و ساز علی الخصوص در زمینه مقاومت سازه‌ای بسیار بالا در برابر زلزله و باد و همچنین صرفه جویی بسیار زیاد انرژی، تبلیغات فراوانی جهت استفاده هر چه بیشتر از این تکنولوژی نموده‌اند. آیین نامه ساختمان‌های مسکونی(IRC) برای استفاده از این سیستم در ساختمان‌های مسکونی تا ۳ سقف دارای دستورالعمل مبسوط طراحی می‌باشد. این دستورالعمل، به جهت بی نیاز کردن سازندگان از محاسبات سازه‌ای با بودجه دولت و چند موسسه دیگر تدوین گردیده‌است. اغلب شرکت‌های سازنده این سیستم شرکت‌های بزرگ بین المللی از کشورهای آمریکا و کانادا هستند و اغلب کشورهای اروپایی بسته به آیین نامه محلی خود به این شرکت‌ها تاییدیه داده‌اند و در حال حاضر این شرکت‌ها مشغول ساخت و ساز صنعتی در آن کشورها می‌باشند.

در ماه می سال ۱۹۹۸ مرکز تحقیقات (NAHB) با سفارش و پشتیبانی مالی سازمان مسکن و توسعه شهری ایالات متحده آمریکا (HUD) و موسسه سیمان پرتلند آمریکا و (PCA) و موسسه بین المللی ساختمان‌های

مسکونی (NAHB) اقدام به چاپ اول دستورالعمل تشریحی ساخت ساختمان‌های مسکونی به روشICF نمود که چاپ اول این دستورالعمل به عنوان ماخذ اصلی آیین نامه (IRC) مورد استفاده قرار می‌گیرد.

چاپ دوم این روش تشریحی در ژانویه سال ۲۰۰۲ منتشر شد. ملاحظات و مقررات آیین نامه (ACI) برای طرح و محاسبه ساختمان‌ها در مناطق با لرزه خیزی بالا (با خطر لرزه خیزی زیاد و بسیار زیاد) در این چاپ اعمال گردید. بر اساس این دستورالعمل تشریحی امکان ساخت ساختمانهای ICF با آرماتورهای AIII و همچنین بتن با مقاومت‌های مختلف برای ساختمان‌های مسکونی بدون نیاز به مهندس محاسب مهیا گردید و جداول ساده‌ای به آن افزوده شد تا استفاده از آن ساده‌تر شده و پیمانکاران و مردم برای ساخت ساختمان‌های مسکونی متداول نیازی به مراجعه به مهندس محاسب و طراحی سازه‌ها در چارچوب این دستورالعمل نداشته باشند، در صورتی که مشخصات ساختمان مورد نظر محدودیت‌های نشریه فوق را ارضاء ننماید، کتاب طرح سازه‌ای دیوارهای ساختمانهای مسکونی با تکنولوژیICF رهنمودهای مناسبی جهت محاسبات سازه‌ای این ساختمان‌ها به دست مهندسین محاسب می‌دهد. آیین نامه IRC2000 و IRC2003 برای استفاده از این سیستم در دیوارهای زیر زمین و بالای زمین در ساختمان‌های مسکونی دارای دستورالعمل می‌باشد .

باتوجه به سیستم سازه‌ای این تکنولوژی (دیوارهای بتن مسلح باربر) بسته به تعداد و پلان طبقات میزان آرماتور و ضخامت بتن قابل محاسبه بوده و محدودیتی در تعداد طبقات قابل اجرا با این تکنولوژی وجود ندارد. نشریه دستورالعمل اجرایی طرح ساختمانهای مسکونی به روشICF برای ساختمان‌های مسکونی تا سه سقف تدوین شده است. البته این نشریه در مقدمه خود صریحا ذکر کرده است که مهندسین محاسب می توانند بر اساس آیین‌نامه‌های محلی و بین المللی اقدام به طرح و محاسبه ساختمانهای ICF نموده و مندرجات و محدودیت‌های آن نشریه به معنای محدود کردن این فناوری نمی‌باشد.

همانگونه که اشاره شده سیستم سازه ای این تکنولوژی سیستم دیوارهای باربر بتن مسلح است. بر اساس آیین‌نامه ۲۸۰۰ زلزله ایران و مقررات ملی ساختمان کشور ما، این دیوارها می توانند به صورت دیوارهای برشی بتن مسلح ویژه و یا دیوارهای برشی بتن مسلح متوسط و یا دیوارهای برشی بتن مسلح معمولی طرح و محاسبه شوند. به هر حال به جهت کوتاه بودن ساختمان‌های مد نظر این شرکت و پایین بودن تنش ناشی از برش زلزله در این ساختمان‌ها و در جهت اطمینان، سیستم سازه ای مفروض، همان سیستم دیوارهای بتن مسلح معمولی فرض شده در جدول ۶ آیین نامه طراحی ساختمانها در برابر زلزله (استاندارد ۲۸۰۰) ویرایش ۳ ضریب رفتار این سیستم سازه ای در برابر زلزله R=5 فرض شده است.

به دلیل سیستم سازه ای (دیوارهای باربر برشی بتن مسلح)بسته به محاسبات مهندس محاسب محدودیت خاصی دراین زمینه وجود ندارد, موسسه بین المللی ساختمان‌های مسکونی NAHB برای ساختمان‌های مسکونی با حداکثر دهانه آزاد ۹/۸ متر در طبقات تدوین گردیده است. با عنایت به این مطلب امکان اجرای پارکینگ با مقررات متداول شهرداریهای کشور وجود دارد. ضوابط اتصال اجزای غیر سازه‌ای از ضوابط مندرج در آیین نامه‌های بتن مانند ACI تبعیت می نماید. با توجه به سختی بسیار بالای دیوارهای باربر بتن مسلح، اجزای غیر سازه‌ای به گونه‌ای انتخاب می‌شوند که تاثیری در سختی سازه ایجاد نمی‌نماید.

۶-۲. ضوابط مربوط به حریق

عایق حرارتی فوم پلی استایرن کند سوز مخصوص که در وجه داخلی ساختمان مورد استفاده قرار می‌گیرد باید

ضوابط و نیازهای استاندارد ASTM C 578 را ارضاء نماید. درجه اشتعال پذیری (Flame-spread rating) فوم پلی استایرن به جا مانده بر روی دیوار باید کمتر از ۷۵ و سرعت تولید دود (Smoke-Development rating) نباید بیش از ۴۵۰ باشد. معیار اندازه گیری این پارامترها ASTM E 840 می باشد. این فوم باید با یک لایه محافظ ضد آتش پوشانده شود. آیین نامه ASTM استفاده از گچ برگ با ضخامت حد اقل ۱۲ میلیمتر را برای نیل به این هدف الزامی می داند.

عایق کاری حرارتی دیوارها، کف، بام و بازشوها، مشخصات دقیق مانند چگالی، ضخامت و ضریب هدایت حرارت، ضریب انتقال حرارت کلی و گروه اینرسی حرارتی جدار با توجه به مبحث ۱۹ مقررات ملی ساختمان انجام می‌شود.

در جدول زیر مقاومت حرارتی ورقهای پلی استایرن مورد استفاده در تکنولوژی ICF برای دانسیته‌های مختلف و در درجه حرارت گوناگون آمده است.

EPS TYPE	جرم حجمی اسمی	حداقل مقاومت حرارتی در دمای ۲۴ درجه سانتیگراد برای ضخامت ۲.۵ سانتیمتر	حداقل مقاومت حرارتی در دمای ۴ درجه سانتیگراد برای ضخامت ۲.۵ سانتیمتر
II	۲۴	۰/۷۰۴	۰/۷۷
IX	۳۲	۰/۷۳۹۷	۰/۸۱

ساختمان ساخته شده با تکنولوژی ICF (طبق گروه بندی مبحث ۱۹ مقررات ملی ساختمان ایران) در زمره ساختمانهای با صرفه جویی بسیار زیاد در مصرف انرژی قرار می گیرند. (گروه یک ۱)

۶-۳. ضوابط مربوط به مصالح

مشخصات نمونه بتن مورد استفاده در سیستم سازه‌ای این تکنولوژی به این صورت می‌باشد:

حداقل مقاومت نمونه استوانه‌ای استاندارد برای مناطق با خطر زلزله زیاد و بسیار زیاد برابر $fc=210\ kg/cm^2$ تعیین شده است که باید آیین نامه های ASTM - C31, ASTM - C39 را ارضاء نماید. ماده‌ای که قرار است برای سیستم سازه‌ای مورد استفاده قرار گیرد باید ضوابط ASTM - C94 را ارضاء نماید. اسلامپ بتن نباید از ۱۲۵mm فراتر رود این اسلامپ باید بر اساس ASTM C143 تعیین شود. حداکثر قطر دانه‌های سنگی نباید بزرگتر از ۱۹mm اختیار گردد.

۷- انواع سیستمهای مختلف ICF از نظر قالب بندی:

فناوری قالب‌های عایق ماندگار ICF با روش‌ها و سیستم‌های مختلفی اجرا می‌شود. هر یک ازاین سیستم‌ها مزایا و معایب مربوط به خود را دارد. به طور کلی سیستم‌های اجرایی این فناوری را از نظر قالب بندی می توان به سه دسته تقسیم نمود.

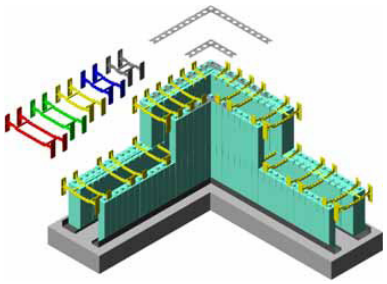
۱- سیستمهای افقی ICF

۲- سیستمهای پانلی ICF

۳- سیستمهای عمودی ICF

۷-۱. سیستمهای افقی ICF

در این سیستم‌ها عملیات قالب بندی به صورت افقی انجام می‌پذیرد.



مزایای این سیستم

- هزینه و تکنولوژی تولید تایها در این سیستم به نسبت دو سیستم دیگر بسیار پایین تر است.

معایب این سیستم :

- با توجه به ابعاد قالب و شیوه نصب، سرعت و دقت عملیات قالب‌بندی به مراتب از دو سیستم دیگر کمتر است.
- نسبت به دو سیستم دیگر نیاز به اسکافولدبندی بیشتری دارد.
- پس از بستن قالب امکان دسترسی به قالب وجود ندارد. به همین دلیل محدودیت آرماتور بندی در این شیوه به نسبت سیستم عمودی بیشتر است.
- به دلیل قبل امکان بستن آرماتورهای قائم به افقی و محکم نمودن آنها بسیار دشوار است.

۷-۲. سیستمهای پانلی ICF

در ایـــن سیســـتم قالب‌ها در ســـایزهای بزرگ و به صـــورت پانلی بـــه کارگاه حمل و نصب می شـــوند. در برخی سیستم‌های پانلی حتی درصد عمده‌ای از عملیات آرماتور بندی نیز در کارخانه صورت می پذیرد.

مزایای سیستم پانلی :

- سرعت نصب در این سیستم بالاتر از سیستم افقی است.
- این سیستم نسبت به سیستم افقی، نیاز به اسکافولدهای بسیار کمتری دارد.
- برای ســـازه های مدولار از نظر آرماتور بندی، به دلیل آرماتور بندی در کارخانه، ســـرعت عملیات اجرایی در کارگاه افزایش می یابد.

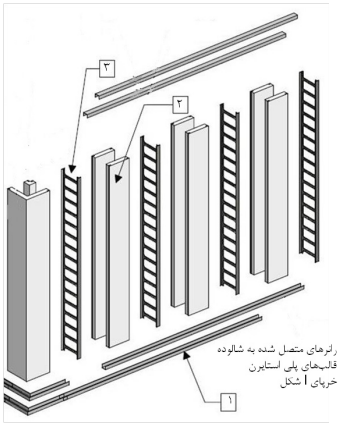
معایب سیستم پانلی :

- به دلیل آرماتوربندی در کارخانه، اجرای دیتایلهای خاص آرماتور بندی در کارگاه، محدودیتها و دشـــواریهای خاص خود را دارد. در گوشه ها امکان اتصال و دیوار با آرماتور دوخت وجود ندارد.

- آرماتـــور بندی علی الخصوص در اتصال گوشـــه ها و دیوارهـــای متعامد و همچنین در محل اتصال دو پانل به یکدیگر بسیار دشوار است.
- آرماتور بندی در کارخانه، این قالب‌ها را بســـیار حجیم کرده و هزینه حمل را برای مســـافت‌های دور تر بسیار بالا می برد.
- با توجه به سایز و وزن پانل‌ها، حمل و نقل و نصب آنها در کارگاه ساده نبوده و برای فرستادن آنها به طبقات بالاتر نیاز به جرثقیل وجود دارد.
- بریدن و اندازه کردن پانل‌ها در سایت بسیار دشوار است.

۷-۳. سیستمهای عمودی

در این سیســـتم‌ها قالب‌ها به صورت نوارهای عمودی در کنار یکدیگر نصب می شـــوند. ســـایز قالب‌ها به نســـبت سیستم‌های افقی بزرگتر می‌باشد. عملیات آرماتوربندی بسته به نیاز طرح در کارگاه صورت می‌پذیرد.



مزایای سیستم عمودی :

- با توجه به سایز قالب‌ها عملیات اجرایی به نسبت سیستم افقی بسیار بالاتر است.
- با توجه به وجود تیرهای I شکل در این سیستم نیاز به اسکافولدها بسیار کاهش می‌یابد.
- قالب‌ها به صورت خود ایســـتا بوده و امکان دسترســـی به درون قالب به جهت تکمیل و یا اصلاح آرماتوربندی و یا ثابت کردن و محکم کردن آرماتورها به یکدیگر به راحتی وجود دارد.
- امکان تعبیه ســـتون و یا المان مرزی در قالب، و آرماتور بندی خاص جهت دســـتیابی به شـــکل پذیری بالاتر وجود دارد.
- قالب‌ها و تیرهای I شـــکل به صورت جداگانه به کارگاه حمل شـــده و هزینه حمل به نسبت سیستم پانلی به مراتب پایین‌تر خواهد بود.
- با توجه به ابعاد قالب‌ها حمل آنها در کارگاه به ســـادگی و توســـط یک کارگر بدون نیاز به کمک دیگری و یا جرثقیل، امکان پذیر است.
- پس از انجام قالب بندی و بتن‌ریزی دیوارها، در عمل زیرسازی نما و نازک کاری خشک انجام شده و مراحل فوق الذکر با سرعت بالایی بدون نیاز به کار اضافی قابل انجام است.

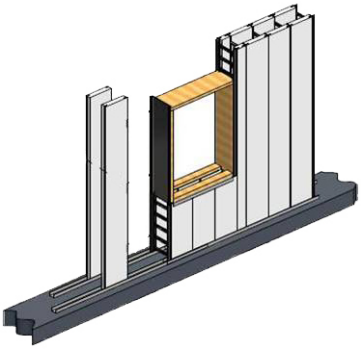
معایب سیستم عمودی :

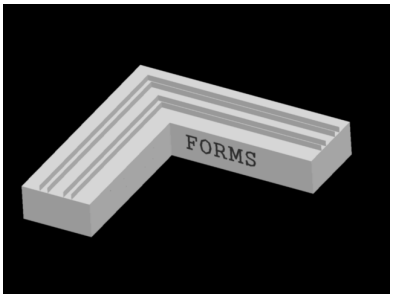
- هزینه قالبها و تیرهای I شکل به نسبت سیستم افقی بالاتر و تکنولوژی تولید آن دشوار تر است.

- سیستمهای پانلی در ساختمانهای کوتاه، سرعت بالاتری نسبت به این سیستم دارند.
- با در نظر گرفتن معایب و محاسن سیستم ICF عمودی، این سیستم به عنوان بهترین فناوری ساختمانی توسط موسسه فناوریهای نوین مسکن در ایالات متحده امریکا در سال ۲۰۰۷ میلادی انتخاب گردیده است.

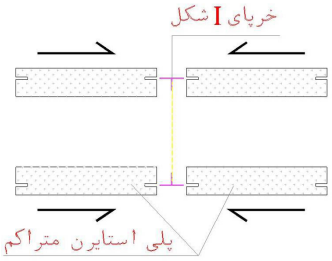
۸- نحوه اجرای سیستم عمودی ICF

قالبها و خرپاهای I شکل در کارخانه تولید می شوند و سپس به طور جداگانه به محل کارگاه حمل می‌شوند. پس از اجرای پی و تعبیه آرماتورهای انتظار در آن ناودانیهای گالوانیزه با میخهای هیلتی در محل خود نصب می شوند سپس نصب قالب‌ها از گوشه ساختمان آغاز می‌گردد.

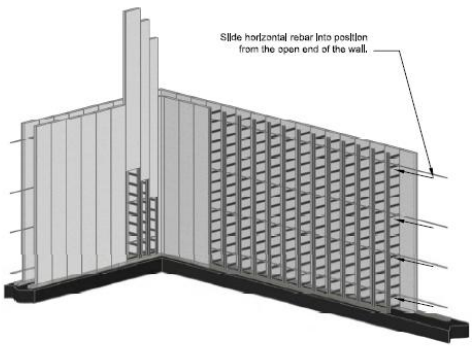


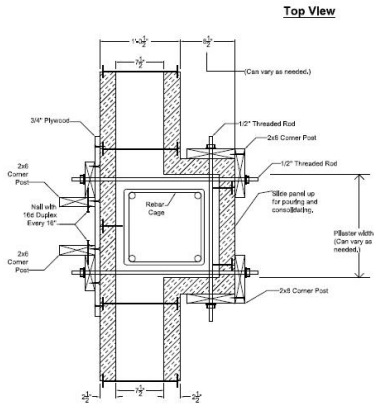


در این سیستم قطعات پلی استایرن به ارتفاع ۳ متر و عرض ۳۰۰ میلیمتر دو وجه قالب را تشکیل داده و با خرپاهای ویراندل I شکل به یکدیگر و به قطعات کناری متصل می شوند.



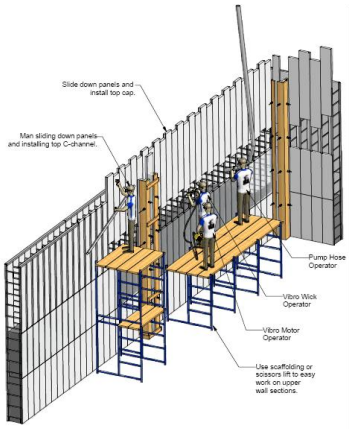
در صورت نیاز به المانهای مرزی و یا ستونهای بتنی، در ابتدا قبل از انجام هر گونه عملیات قالب بندی، عملیات آرماتور بندی این المانها صورت پذیرفته و در محل خود نصب و به آرماتورهای ریشه تعبیه شده در فونداسیون محکم می شوند. سپس عملیات آرماتوربندی دیوارها صورت می‌گیرد.

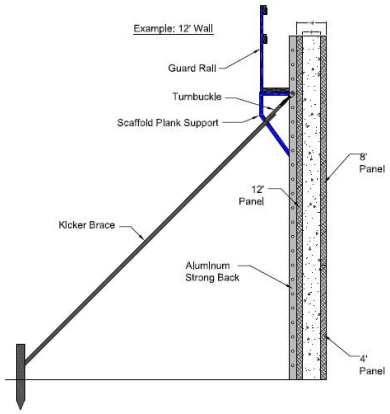




در تمامـــی مراحـــل قالب بندی می توان با لغزاندن قالب‌ها به بالا به درون قالب دســـت یافت و آرماتورهای قائم را به آرماتورهای ریشـــه و آرماتورهای افقی محکم و ثابت نمود و یا اشـــیاء و ابزار سقوط کرده در قالب را از داخل آن خارج نمود.

قالب‌ها با اســـکافولدهای مخصوص، شاغول و محکم می‌شـــوند و پس از آن به وسیله جک‌های مخصوص عملیات بتن‌ریزی صورت می‌پذیرد.





۹–معایب و مزایای سیستم ICF:

۹-۱.مزایای سیستم ICF

- مقاومت بالا در برابر نیروهای جانبی مانند زلزله و باد
- صرفه جویی در مصرف انرژی (عایق حرارت، برودت، رطوبت و صوت)
- حداقل نیاز به نیروی انسانی متخصص
- سرعت اجرا
- سهولت اجراء
- انعطاف پذیری نسبی در قالب طرح های معماری
- امکان اجرا در اکثر شرایط آب و هوایی (خصوصاً مناطق دارای رطوبت نسبی بالا)
- سهولت اجرای تاسیسات برقی و مکانیکی
- مراحل نصب در محل کارگاه بدون ماشین های سنگین
- مزیت های زیست محیطی و فقدان مضرات اکولوژیکی
- مقاومـــت حرارتی بالا به ســـبب اســـتفاده از دو لایه عایق حرارتی پلی اســـتایرن که هر کـــدام به طور معمول ضخامتی برابر ۵ سانتی متر دارند.

- درز بندی و هوابندی مناسب دیوار و در نتیجه قابل اغماض بودن مقدار نفوذ هوا و تبادل حرارتی ناشی از آن
- یکنواختی دمای سطح داخلی جدار به علت وجود لایه داخلی عایق حرارتی و عدم وجود پل‌های حرارتی قابل توجــه. تنها در صورت اســتفاده از قطعات فلزی با ابعاد قابل توجــه به منظور اتصال دو لایه عایق حرارتی اثر پل‌های حرارتی قابل ملاحظه است و یکنواختی دمای سطحی بتن از بین می‌رود.

۹-۲. معایب سیستم ICF

- عدم تولید مواد اولیه اصلی مورد نیاز تولید بلوک ها (پلی استایرن کندسوز) در داخل کشور
- سنگینی وزن ساختمان
- امکان از بین رفتن لایه های پلی اســتایرن موجود در دو طرف دیوار بر اثر عوامل طبیعی و تاثیر حشــرات و جوندگان
- وابستگی کامل به سیمان با توجه به کمبود سیمان در کشور
- وابستگی به ماشین آلات و تجهیزات خارجی جهت تولید با سرعت و کیفیت بالا
- عدم تولید مواد اولیه اصلی مورد نیاز تولید بلوک ها (پلی استایرن کندسوز) در داخل کشور
- سنگینی وزن ساختمان
- امکان از بین رفتن لایه های پلی اســتایرن موجود در دو طرف دیوار بر اثر عوامل طبیعی و تاثیر حشــرات و جوندگان
- وابستگی کامل به سیمان با توجه به کمبود سیمان در کشور
- وابستگی به ماشین آلات و تجهیزات خارجی جهت تولید با سرعت و کیفیت بالا

۱۰– بررسی نقاط قوت و ضعف سیستم

۱۰-۱. عوامل مربوط به هزینه

مواد اصلی تشــکیل دهنده قالب‌های این سیســتم پلی اســتایرن منبسط شده است که با قیمت های نسبتا قابل قبول در دســترس هســتند. البته باید به این نکته اشاره کرد که پلی استایرن مورد نیاز برای این نوع بلوک ها باید دارای چگالــی حدود ۳۰کیلوگرم بر متر مکعب باشــد (مگر این که طراحی خاصی بــا فواصل کم تر رابط‌ها امکان کاهش چگالی را فراهم کند.) تولید انواع مختلف بلوک های این نوع سیســتم توســط شرکت های مختلف داخلی در حال انجام است.

میزان عایق حرارتی مورد استفاده در این سیستم با ضخامت متوسطی بالای ۱۰ سانتی متر به طور قابل توجهی بیش از میزان عایق حرارتی مورد نیاز طبق مقررات ملی ســاختمان در زمینه صرفه جویی اســت. به عبارت دیگر، ضخامــت و چگالــی بالای لایه های پلی اســتایرن قالب ها که باعث بالا رفتن هزینــه قالب و در نتیجه هزینه کلی ســاختمان می شــود به دلیل بحث صرفه جویی در مصرف انرژی نیست بلکه بیش تر به خاطر تامین مقاومت مورد نیاز برای قالب در زمان بتن ریزی در نظر گرفته شــده اســت. عدم نیاز به ماشین آلات و ابزار گران قیمت از دیگر شرایطی است که هزینه های اجرایی این محصول را کاهش می دهند.

ســیمان و میلگرد مورد نیاز برای تولید محصول از مصالحی اســت که در ضعف ساختمان ایران همواره با شرایط متغیر و نوســانات قیمت روبه رو اســت. اســتفاده بیش از حد از میلگرد برای انبوه سازی نامناسب می کند با توجه

به این نکته که برای سهولت اجرا میل گردهای عمودی کوتاه و با هم پوشانی های متعدد در نظر گرفته می شود دور ریز میگرد در مصرف آن به طور محسوسی بیش از روش هایی مانند روش تونلی است (در صورت اجرای یک یا دو مرحله ای قالب بندی و اجرایی دیوار در مصرف میلگرد صرفه جویی می شود)

نوع محصول به گونه ای است که نیاز به تعمیر و نگه داری خاصی ندارد. این محصول به علت سبک بودن قالب‌ها قابلیت حمل و نقل در شعاع زیاد را دارد علاوه بر این به دلیل قابلیت ضربه پذیری قابل توجه آنها در حمل و نقل معمولا دچار آسیب جدی نمی‌شود لازم به توضیح است در حالتی که قرار باشد بلوک‌ها یا پانل ها در محل مونتاژ شوند در حمل و نقل حجم کم تری را اشغال کرده و حمل قطعات به سادگی بیش تر و با هزینه کم تری صورت می گیرد.

نگه داری این محصول در انبارهای سرپوشیده و در شرایط ایمنی لازم برای جلوگیری از وقوع حریق امکانپذیر است. میزان نیروی انسانی مورد نیاز برای اجرای این سیستم نسبت به روش های مشابه تولید دیوار بتنی نسبتا کمتر و در نتیجه هزینه نیروی انسانی آن نسبتا پایین تر است.

۱۰-۲.عوامل مربوط به زمان

در مقایسه با سیستم‌های مورد استفاده در پروژه‌ای تک سازی مزیت رقابتی این محصول سرعت اجرای قالب‌بندی آن است ولی در انبوه سازی این سیستم در رقابت با برخی از سیستم‌های بتن درجا مانند سیستم تونلی سرعت پایین‌تری دارد علاوه بر این میزان عایق حرارتی این قطعات در حدی است که دستیابی به انتظارات تعیین شده در مقررات ملی ساختمان به سهولت انجام می شود .

با توجه به این نکته که محدودیت قالب در این سیستم وجود ندارد موازی کردن اقدامات در قسمت‌های مختلف یک پروژه و ایجاد هم پوشانی های لازم بین فعالیت های مختلف اجرایی به سهولت و بدون بالا بردن هزینه های پروژه امکلن پذیر است.

محصول مورد بحث نیاز به ابزار و ماشین آلات خاص یا غیر قابل دسترس ندارد از نکته های شاخص این محصول به دلیل استفاده از قالب های عایق حرارتی امکان بتن ریزی در شرایط دمایی متنوع و در اغلب فصول سال است.

در زمان اجرای دیوار با استفاده از این سیستم می توان گفت که همزمان با این اقدام عایق کاری حرارتی دیوار نیز انجام می شود و در ضمن اجرای نازک کاری داخلی و نمای خارجی نیز با سهولت و سرعت بیشتر انجام می شود.

۱۰-۳.عوامل مربوط به قابلیت های اجرایی

نیاز به ابزارهای ساده و محدود در این روش از نقاط قوت این سیستم ساختمانی است در اجرای این محصول می‌توان با آموزش مختصری نیروی انسانی لازم را آماده کار کرد. تعداد مراحل کاری در این روش بسیار کم است و کار نسبتا تکراری است قطعات به کار گرفته شده برای قالب بندی به عنوان عایق حرارتی کاربرد دارند.

استفاده از پلی استایرن منبسط به عنوان پایه قالب محصول امکان ایجاد برش در قالب و تغییر در ابعاد و شکل آن را فراهم می‌کند در نتیجه می‌توان چنین محصولی را هم در معماری مدولار و هم غیر مدولار استفاده کرد ولی روشن است در حالت مدولار آماده سازی قطعات و اجرا با سرعت و سهولت بیشتری انجام می‌شود.

برای افزایش قابلیت باربری می توان از انواع عریض قالب ICF استفاده نمود علاوه بر قابلیت تنوع در ضخامت می‌توان ارتفاع را نیز به دلخواه تنظیم کرد.امکان برش در محصول و نیز چیدمان آن در کنار هم قابلیت اجرای

بازشو در محصول را فراهم می کند محدودیتی که در اجرای باشو در دیوار بتنی بابر است.
شرایط نگهداری سیستم ساده است و نیاز به تمهیدات خاص ندارد سطح تمام شده بخش اعظم این نوع سیستم ها اسفنج پلی استایرن منبسط است که از لحاظ هم نشینی با سایر مصالح محدودیتی ندارد. در صورتی که دیوار دچار تخریب موضعی شده باشد اگر تخریب در بتن رخ داده باشد با قالب بندی درجا و بتن ریزی در محل قابل اصلاح است اگر تخریب در پلی استایرن باشد می توان قطعه پلی استایرن محل تخریب را جایگزین کرد.
عبور لوله‌های تاسیساتی از دیوارهای بتنی با سوراخ کردن اسفنج پلی استایرن امکان پذیر است روشن است عبور دادن لوله ها از بخش بتنی با مشکلاتی جدی روبه رو است مشکل اول سختی کندن بتن و مشکل دوم مسئله ایستایی یا دوام دیوار است.
توصیه می‌شود برای حذف عملیات ویبره که می توان تبعات نامطلوبی بر روی دیوار داشته باشد از روان کننده‌های مناسب یا بتن خودتراکم استفاده شود. با توجه به این نکته که قطعات قالب پلی استایرن هم عایق حرارتی است و هم جذب آب اندکی دارد بتن ریزی با این محصول معمولا تمهیدات خاصی برای عمل آوری نیاز ندارد و بتن در شرایط آب و هوایی گرم و سرد به خوبی نگه داری می شود. از ویژگی‌های بارز این محصول سبک بودن قطعات قالب و عدم نیاز به ماشین آلات سنگین برای جابجایی و اجرا است.

۱۰-۴.عوامل مربوط به کیفیت و قابلیت های فنی

کنترل کیفیت جاگذاری قطعات ICF ساده است و با استفاده از ابزارهای ساده مهندسی صورت می گیرد کیفیت بتن ریزی نیز در صورتی که از رابطه های پلاستیکی یا فلزی استفاده شود با مشکل خاصی روبرو نخواهد بود ولی در صورتی کاربرد قطعات یکپارچه با رابطه های از جنس قالب خطر پر نشدن فضای زیر ماهیچه‌های پلی استایرن وجود دارد.
ضخامت و وزن زیاد دیوار و کاهش فضای مفید ساختمان از دیگر نقاط ضعف این محصول برای انبوه سازی است.
از آن جا که برای طرح های کوچک طراحی و اجرای قطعات قالب ICF می تواند به سادگی و با استفاده از روش‌ها و دستورالعمل های تجویزی معتبر انجام شود و با توجه به سهولت ایجاد تغییرات در قطعات قالب می‌توان ضمن رعایت ملاحظات سازه ای و با نظر مهندس محاسب تغییراتی در طرح ساختمان در حین اجرا اعمال کرد اگر در نقشه های تاسیساتی نیز تغییری رخ دهد معمولا می توان با تمهیدات ساده امکان انطباق با طرح را فراهم کرد.
محصول مورد بحث در شرایط مختلف جوی و در برابر مخاطراتی نظیر هوازدگی و خوردگی نوسانات حرارت و یخ زدگی میگروارگانیسم و تشعشع رفتارهای قابل قبول و مقاومت مناسبی را از خود نشان می دهد. در صورت طراحی مناسب رفتار این سیستم در زمین لرزه قابل قبول است. تامین کارگر ماهر برای اجرای این سیستم با آموزش مختصر اولیه امکان پذیر است سیستم مورد نظر عایق حرارتی مناسبی است به علاوه می توان با کمک شیوه های مناسب نماسازی از تاثیر رطوبت در آن کاملا جلوگیری کرد.
در صورت نیاز به اینرسی حرارتی می توان پلی استایرن قسمت داخلی آن را جدا کرد و بدنه بتنی دیوارهایICF را به خازن حرارتی تبدیل کرد. استانداردها نیاز به یک پوشش محافظت کننده در برابر آتش (مثلا حدود ۱۵میلی متر تخته گچی) را برای ایمنی در برابر حریق بیان می کنند نوع بلوک نقش تعیین کننده ای را در خصوص رفتار در برابر اتش ایفا می کند.
در شرایطی که مساله حمله جانوری موذی بر اساس استاندارد IRC و SBC و انواع مشابه بسیار خطرناک گزارش

شود نیاز به تمهیدات خاصی خواهد بود که در استانداردهای فوق الذکر تشریح شده است.

استفاده از بتن درجا دیوار را درزبند و هوابند می‌کند خطرات میعان در این سیستم فقط در حالتی است که یک پوشش با نفوذپذیری بسیار کم در نمای بیرونی آن اجرا شود مانند نمای آلومینیومی با درزبندی توسط چسب سیلیکون بین قطعات در حالات عادی مشکل میعان وجود ندارد در این سیستم عایق حرارتی جز لاینفک سیستم است که معمولا از سطح مورد نیاز هم بیشتر است.

بار مرده دیوارهای این سیستم زیاد است و لازم است دیوارهای طبقات مختلف درست در یک راستا قرار داشته باشد این امر محدودیت در زمینه معماری محسوب می شود هر چند آزادی عمل این سیستم نسبت به دیگر سیستم های دیوار بتنی درجا بیشتر است به منظور کاهش فضای اشغال شده توسط دیوارهای باربر کاهش بار مرده ساختمان و بهبود عملکرد لرزه ای ساختمان توصیه شده است مقدار دیوارها در پلان ساختمان به حداقل مورد نیاز جهت پاسخگویی به نیازهای سازه‌ای ساختمان محدود شده و برای ساخت دیوارهای تیغه از سایر انواع سیستم های رایج و معتبر استفاده شود.

در این سیستم می‌توان به سهولت انواع مختلف نماها را نصب کرد برای این کار قطعات فلزی توسط پیچ یا میلگرد به بتنی که در فاصله بین دو لایه عایق ریخته می شود متصل می‌شود.

فصل نهم

کاربرد فناوری نانو در صنعت ساختمان

گردآورندگان:

محمد عبداللهی

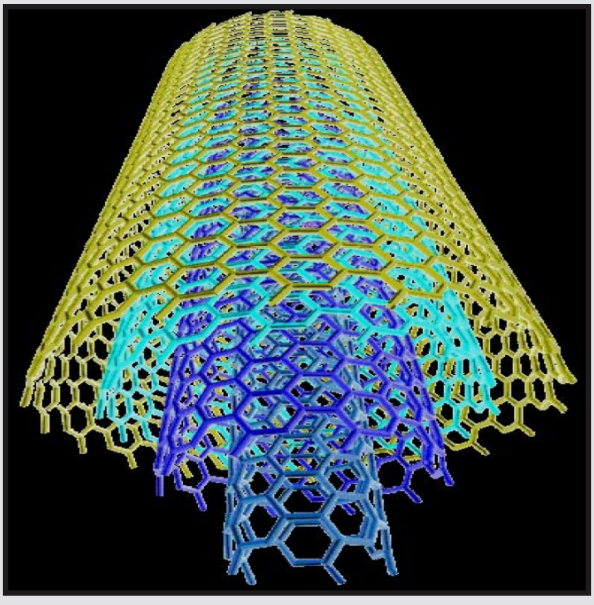
وحید ذاکر

فرید کردنژاد

نوید عطایی

علیرضا سیف اللهی

حمید علیزاده



مقدمه‌ای آماری بر اهمیت فناوری نانو

- روســای جمهور آمریکا در ســخنرانی‌های رسمی خود همواره از فناوری نانو به عنوان یک اولویت یاد کرده‌اند (نظیر بوش).
- جفری ایملت، مدیر اجرایی شــرکت جنرال الکتریک فناوری نانو را همردیف انرژی‌های جایگزین و به عنوان اولویت اول آن شرکت اعلام کرد.
- ۱۸۰۳۹ مقاله در رسانه‌های انگلیسی زبان در سال ۲۰۰۵ درباره این فناوری بوده که این میزان چهل درصد بیش از سال ۲۰۰۴ است.
- پیش‌بینی شــده که در ســال ۲۰۱۴ بیش از ۲/۶ تریلیون دلار از ســهم جهانی کالاهای تولیدی (حدود ۱۵ درصد کل کالاهای تولید شده) را به خود اختصاص دهد.
- کشورهای آمریکا، ژاپن و آلمان بیش از سایر کشورها در این زمینه سرمایه‌گذاری نموده‌اند.

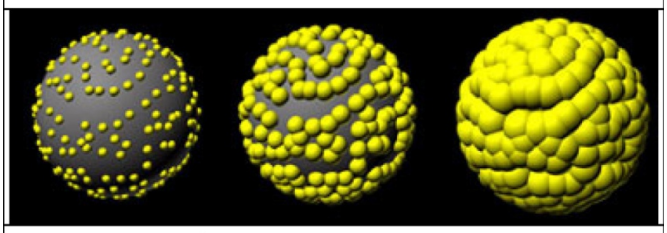
تعریف فناوری نانو:

مهندســی هدفمنــد مواد در مقیاس کمتــر از ۱۰۰ نانومتر برای بدســت آوردن ویژگی‌ها و عملکردهای وابسته به اندازه.

برای درک بهتر مقیاس نانومتر کافی است بدانید که اندازه ده اتم هیدروژن در کنار هم حدود یک نانومتر و عرض یک رشته DNA حدود دو نانومتر می‌باشد.

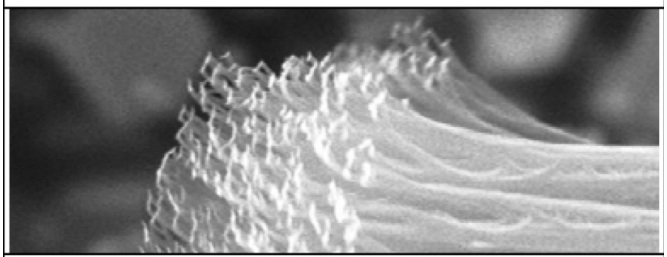
چند مثال از کاربرد فناوری نانو:

نانوپوسته‌های طلا



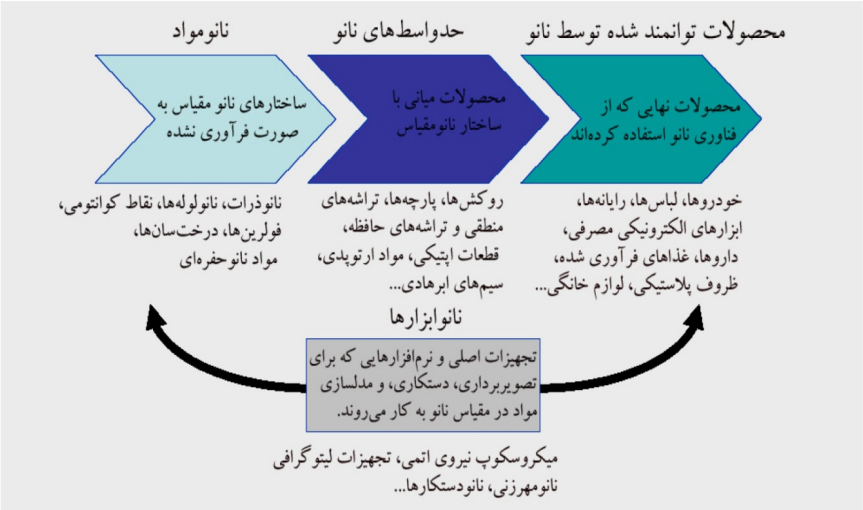
می‌توان پوسته‌های با ضخامت نانومتری از طلا را که بر روی نانوذرات سیلیکا رشد داده شده‌اند (شرکت Nanospectra Biosciences) به نحوی تنظیم کرد که با هدف درمان سرطان، طول موج‌های متفاوتی را جذب نمایند.

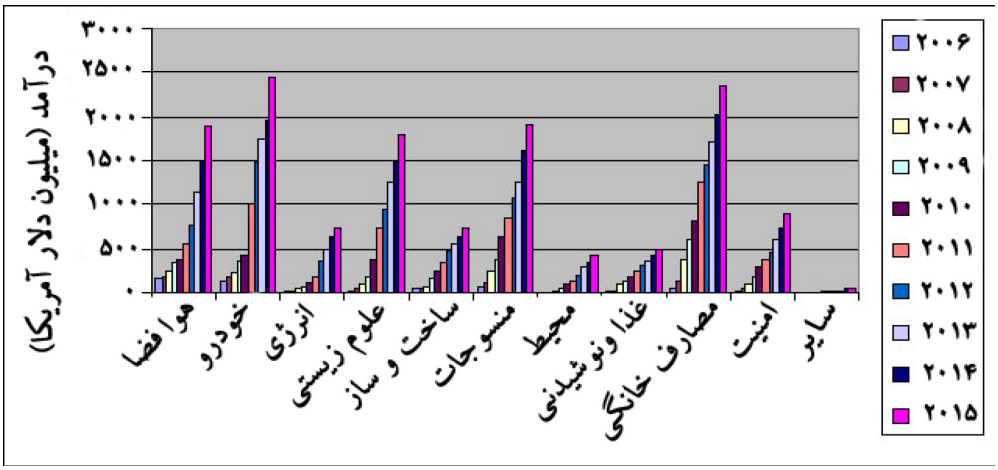
موی زبر مصنوعی



برهمکنش‌های واندروالس با تعداد زیادی از الیاف نانومقیاس بر روی دستکش‌ها می‌تواند به سربازان امکان دهد که همانند مارمولک از درخت بالا بروند.

زنجیره ارزش فناوری نانو





موارد استفاده از فناوری نانو در صنعت ساختمان

- استفاده از فناوری نانو جهت رفع آلودگی فضای محیط زندگی و کار
- فولاد توانمند با خواص مکانیکی بهبود یافته
- سنگدانه‌ها و خاک‌های هوشمند
- استفاده از فناوری نانو جهت بهبود عملکرد و ترمیم بتن
- روکش‌های ضدخوردگی فولاد
- شیشه‌های خود تمیز شونده با پوشش نانویی
- شیشه‌های کم گسیل با پوشش نانویی جهت کاهش مصرف انرژی
- افزایش ماندگاری چوب با استفاده از فناوری نانو
- کاشی و سرامیک با پوشش آنتی‌باکتریال، آنتی‌میکروبیال و خود تمیز شونده
- نگهداری آثار باستانی و میراث فرهنگی با پوشش‌های نانویی

استفاده از فناوری نانو جهت رفع آلودگی فضای محیط زندگی و کار

نانو فوتو کاتالیست‌ها می‌توانند بر روی سطح دیوارها، سطح لامپ‌های روشنایی و همچنین فیلتر دستگاه‌های تهویه مطبوع به عنوان بستر قرار بگیرند و با فعالیت کاتالیستی خود بو و آلودگی‌های محیطی را تجزیه کرده و ضمن تصفیه هوا، سطح بهداشت محیط را بالا ببرند.

برای مثال اکسیژن‌های دی‌اکسید تیتانیوم به عنوان یکی از مهم‌ترین فوتوکاتالیست‌های رایج با آب موجود در هوا واکنش داده موجب واکنش بین اکسیژن و آب می‌شوند که در نتیجه آن رادیکال‌های OH آزاد شده و موجب تجزیه NOx های موجود در آلودگی هوا شده، آن‌ها را به HNO_3 بی‌ضرر تبدیل می‌کنند. ظرفیت تصفیه هوای ۱۰۰۰ متر مربع از سطوح پوشیده شده با فوتوکاتالیست معادل ظرفیت تصفیه هوای ۷۰ درخت صنوبر است.

فولاد توانمند با خواص مکانیکی بهبود یافته

در فولاد توانمند با کربن کم، نانو ذرات مس مرزهای دانه‌های فولاد را شکل می‌دهند. تغییر در نانو ساختار آن، فولادِ توانمند حاصل را مقاوم‌تر، جوش‌پذیرتر و پایدارتر در برابر خوردگی می‌نماید.

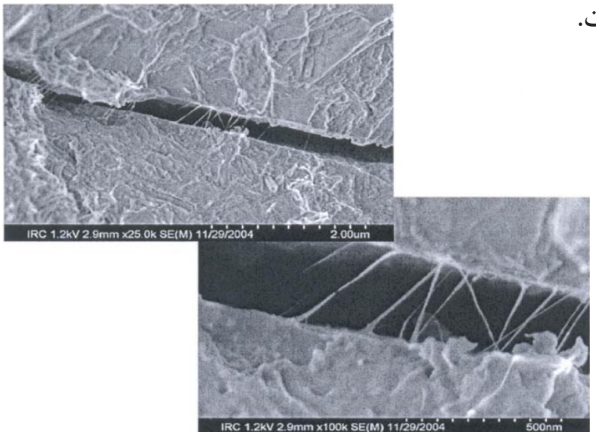
شرکت‌های سوئدی Sandvik Materials Technology به تولید فولادهای با مقاومت بسیار بالا و ضد زنگ با استفاده از فناوری نانو پرداخته‌اند. محصول جدید این شرکت به Nanoflex موسوم است که چند خصوصیت جالب از جمله مقاومت فوق بالا، شکل‌پذیری مناسب و مقاومت در برابر خوردگی بالا را در کنار هم دارد.

استفاده از فناوری نانو جهت بهبود عملکرد و ترمیم بتن

یکی از روش‌های محافظت از بتن‌های در معرض شرایط محیطی خورنده، مانند محیط‌های دریایی، استفاده از روکش‌هایی است که نفوذ عوامل مخرب خارجی را به درون بتن سد می‌کنند. این روکش‌ها عموماً خاصیت آب‌گریزی دارند. همچنین می‌توان از این روکش‌ها جهت پوشش‌دهی سطح لوله‌های بتنی به کار رفته در فاضلاب (که در معرض محیط‌های خورنده بیولوژیکی هستند) و یا شمع‌های بتنی و بسیاری موارد دیگر استفاده نمود

شرکت آلمانی BASF محصولی را تولید کرده که با اضافه شدن به ملاتِ تعمیرات، بتن را ترمیم می‌کند. استفاده از این مواد علاوه بر افزایش استحکام بندکشی، تراکم و نفوذپذیری را بهبود می‌دهد و با کاهش زمان، کاهش هزینه‌ها را نیز در بر دارد.

پوشش‌های نانو کامپوزیتی مهندسی تولید شده با استفاده از نانوذرات سرامیکی که توسط شرکت آلمانی Inocermic Gmbh به بازار عرضه شده است نیز پوشش‌های مقاومی برای بتن ایجاد می‌کند. این پوشش خلل و فرج سطح بتن را پر کرده و براق می‌کند و علاوه بر این در شرایط بد آب و هوایی، حلال‌ها، پاک کننده‌های صنعتی و خوردگی مقاوم است.



روکش‌های ضدخوردگی فولاد

ترکیبات نانویی توانســته‌اند با ایجاد خواص ضد خوردگی و دافع رطوبت، معضل اســتفاده از فولاد در محیط‌های ساحلی و رطوبت خیز را حل کرده و هزینه‌های تعمیر و نگهداری این سازه‌ها را که به علت خوردگی و زنگ‌زدگی تحمیل می‌شوند را کم کنند.

شرکت Nanovations استرالیا پوشش‌های با نام تجاری NH 2015 در بازار عرضه کرده است که بدون مواد نفتی اســت و ضمن از بین بردن همه لکه‌ها و خوردگی‌ها، ســطح را بســیار صیقلی کرده و از خوردگی و ایجاد لکه‌ها تا چندین سال جلوگیری می‌کند.

شرکت Henkel آلمان توانسته است مواد نانو سرامیکی را جهت پوشش‌دهی فلزات به خدمت بگیرد. این مواد که با نام تجاری Bonderite NT به بازار عرضه شــده‌اند را می‌توان در دمای اتاق و به راحتی و بدون زیرســازی روی فلزاتی از جمله فولاد، روی و آلومینیوم به کار برد. اســتفاده از این پوشــش موجب افزایش فوق‌العاده مقاومت در برابر خوردگی می‌شود.

شیشه‌های خود تمیز شونده با پوشش نانویی

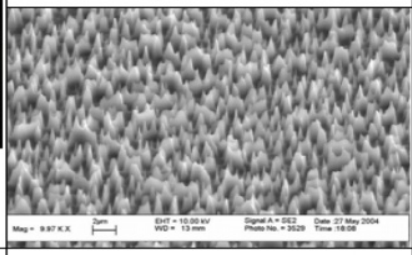
نانو ذرات دی‌اکسید تیتانیوم، عضوی از خانواده بزرگ نانوذرات هستند که به سبب ایجاد خاصیت خودتمیزکنندگی برای سطوح، از ابتدای شکل‌گیری فناوری نانو مورد توجه ویژه واقع شده‌اند. از این نوع فوتوکاتالیست می‌توان برای ساخت شیشه‌ها و آجرهای خود تمیزکن در نمای ساختمان‌ها استفاده کرد.

زمانیکه پوشش دی‌اکسید تیتانیوم بر روی شیشه‌ها در معرض تابش UV (که بخش اعظم نور خورشید را تشکیل می‌دهد) قرار می‌گیرد، آلودگی‌هایی مانند گرد و غبار و ذراتِ همراه باران را که به مرور زمان بر روی شیشه موجب آلوده شدن و عدم دید خوب می‌شود را تجزیه می‌کند.

خاصیت دومی که این پوشــش به شیشــه می‌دهد خاصیت آب‌دوستی است که به این ترتیب آلودگی‌های تجزیه شده نظیر هیدروکربن‌های آلی بر روی شیشه بر اثر بارش باران یا آبی که به صورت مصنوعی بر روی شیشه ریخته می‌شود به صورت ورقه‌ای پایین می‌آید. استفاده از نانو مواد فوق برای ایجاد پوشش بر روی شیشه می‌تواند منجر به ویژگی‌های زیر برای آنها بشود:

- پس زدن آب و روغن از روی شیشه
- عدم چسبیدن آلودگی و کثیفی بر روی شیشه
- پاک شدن گل و لای بوسیله آب باران
- عدم رسوب گرفتن شیشه
- ممانعت از خوردگی
- افزایش استحکام و مقاومت شیشه در برابر خش‌افتادگی
- جلوگیری از تشکیل اثر انگشت روی شیشه
- روشن‌تر و شفاف تر شدن شیشه تا ۲۰ %
- یکنواخت‌تر شدن سطح شیشه تا ۳۰ %
- افزایش دید از طریق شیشه در شرایط بد آب و هوایی
- تمیز باقی ماندن شیشه تا مدت زمان طولانی.

روکش‌دهی سطحی نانوساختار شرکت BASF با نام Mincor موجب آبگریز شدن سطح چوب شده و باعث می‌شود آب از روی آب بلغزد.



سطوح نانوساختار را می‌توان به نحوی مهندسی کرد که اصطکاک آنها افزایش یافته یا ویژگی‌های مطلوب دیگری حاصل شود.

شیشه‌ای که توسط یک روکش نانوساختار در موسسه فناوری ماساچوست پوشش‌دهی شده است، می‌تواند از تشکیل مه (بخار آب) جلوگیری کند (سمت چپ)، در حالی که روی شیشه معمولی (سمت راست) مه تشکیل می‌شود.

شیشه‌های کم گسیل با پوشش نانویی جهت کاهش مصرف انرژی

استفاده از نانو ذرات در ایجاد روکش‌هایی با عملکرد متفاوت حتی صنعت شیشه را نیز متحول نموده است. می‌توان با استفاده از روکش های نانویی بر روی شیشه پنجره‌ها آن‌ها را در خاصیت عایقی و کنترل تبادل حرارتی بهینه نمود و اصطلاحاً به آن‌ها خاصیت کم گسیلی (Low-e) اضافه کرد که در اینصورت نقش آنها در کاهش مصرف انرژی غیرقابل انکار خواهد بود.

در واقع پوشش نانویی در شیشه‌های Low-e اجازه عبور بخش مرئی طیف نور خورشید را می‌دهد اما طیف حرارتی (امواج مادون قرمز) و امواج مضر (ماوراء بنفش) را منعکس و فیلتر می‌کند. استفاده از این نوع شیشه‌ها مزایایی از جمله آسایش حرارتی در زمستان و تابستان، کاهش هزینه سالانه انرژی، جلوگیری از ورود اشعه‌های مضر خورشید همراه با تامین روشنایی مناسب برای ساختمان و در نتیجه کاهش هزینه مورد نیاز برای روشنایی را در بر دارد.

شرکت Hupper Optic از سنگاپور با استفاده از نانوذرات سرامیکی، برای کاربردهای مختلف، فیلم‌های پوشش‌دهی شیشه تهیه می‌کند. با استفاده از این فیلم‌ها روی شیشه ساختمان‌ها می‌توان در مصرف انرژی صرفه‌جویی کرد و از ورود اشعه مضر ماوراءبنفش نیز جلوگیری کرد. شرکت انگلیسی the Vinyl Corporation با استفاده از نانوذرات سرامیکی ویندوفیلمی تولید می‌کند که مدعی است با عبور بیش از ۶۲ درصد نور، ۸۰ درصد گرما و ۹۹ درصد UV را دفع می‌کند.

افزایش ماندگاری چوب با استفاده از فناوری نانو

با اســتفاده از فناوری نانو می‌تــوان خواصی مثل تمیزکنندگی، لکه‌بَری، ظاهر واضــح و افزایش کیفیت و کارایی سطوح و کف‌های چوبی را در ساختمان‌ها بوجود آورد.

شرکت استرالیایی Kayuna پوشش‌های نانویی به نام Nano tec برای به کار گیری روی کف‌های چوبی به منظور مراقبت از چوب در برابر رطوبت، ترک و خراش تولید می‌کند. در شرکت Nanovations استرالیا پوشش‌هایی با نام تجاری Lignol برای محافظت چوب از جذب رطوبت و UV به بازار عرضه می‌کند. مزایای اصلی این پوشش دوام بالا، حفاظت استثنایی از ماوراء بنفش برای چوب، ظاهر شفاف، نفوذ بسیار عالی و دفع خوب آب است.

شــرکت کانادایی Mirage پوشش‌هایی با نام Nanolinx جهت پوشــش نهایی کف چوبی تولید می‌کند. استفاده اصلی این پوشش در محیط‌های پر رفت و آمد است.

کاشی و سرامیک با پوشش آنتی‌باکتریال، آنتی‌میکروبیال و خود تمیز شونده

ارائه ترکیبی ایده‌آل و کارآمد با خاصیت آنتی‌باکتریال با اســتفاده از مواد فوتوکاتالیســت‌های نانویی که علاوه بر خواص میکروب‌زدایی از نظر اقتصادی قابل تولید و با صرفه باشــد می‌تواند با به کار گیری در اماکن عمومی نظیر بیمارســتان‌ها از انتشــار و بیماری‌زایی باکتری‌ها ممانعت به عمل آَوَرَد و به این ترتیب علاوه بر پیشگیری از شیوع بیماری در بین افراد در هزینه‌های درمان نیز صرفه‌جویی حاصل نماید.

ویژگی‌های این مواد که عموماً از نانو ذرات TiO_2 تشکیل شده‌اند به شرح زیر است:

- آنتی‌باکتریال
- خودتمیزشوندگی
- تصفیه هوا

کاربرد فناوری نانو در راهسازی

- افزودن نانو ذرات Airosil200 و Cloisite به آسفالت موجب افزایش مقاومت آسفالت و کاهش درصد فضای خالی آن می‌شود.
- استفاده از CON-AID در تثبیت خاک
- استفاده از Nano-Clay در تثبیت خاک و کنترل گرد و غبار

نگهداری آثار باستانی و میراث فرهنگی با پوشش‌های نانویی

نانــو پوشــش‌های ابردافع آب و کثیفــی و همچنین مقاوم به جوهر و رنگ جهت جلوگیری از نوشــتن یادگاری و تخریب که موســوم به AntiGraffiti نیز هســتند، ابنیه تاریخی و مهم و همچنین ساختمان‌های تجاری و اداری با نماهای گران‌قیمت را می‌توانند حفظ و حراست کنند.

نگاهی به خطرات زیست‌محیطی نانوتکنولوژی

این مواد کوچکتر از حفره‌های غشاء سلولی هستند. ممکن است اثر مستقیم قابل ملاحظه‌ای بر روی بافت انسان و حیوان و DNA بگذارند. با آزمایشاتی که بر روی موش‌ها انجام گرفت، محققان دریافتند که نانو لوله کربن موجب ایجاد واکنش‌هایی می‌شود که التهاب و مرگ بافت‌های اطراف ریه آنها را موجب می‌شود.

همچنین ســیلیس و دی‌اکسید تیتانیوم نیز موجب التهاب ریوی می‌شــود. بررسی محققان روی سمیت نانومواد همچنان ادامه دارد.

رویکرد ایران به فناوری نانو

- براساس چشم‌انداز ۲۰ ساله، ایران کشوری خواهد بود که از نظر اقتصادی و تکنولوژیکی در منطقه اول خواهد بود.
- ستاد ویژه توسعه فناوری نانو در سال ۱۳۸۲ به دستور رئیس‌جمهور وقت ایجاد گردید.
- مطابق یک بررسی در ISI ، ایران تا سال ۲۰۰۳ با ۴۱ مقاله در حوزه نانو، در رتبه ۵۷ ام جهان در کنار مالزی و استونی ایستاده است.