

موضوع:

معرفی مصالح و فناوری های نوین در صنعت ساختمان



زمستان ۱۴۰۱

عز وجل

|                                                           |    |
|-----------------------------------------------------------|----|
| معرفی مصالح و فناوری های نوین در صنعت ساختمان .....       | ۵  |
| واقعیت مجازی یا Virtual Reality در صنعت ساختمان .....     | ۵  |
| پرینت سه بعدی در ساختمان جایگزینی برای ماکت .....         | ۶  |
| هوش مصنوعی در ساختمان سازی .....                          | ۶  |
| ۲۰ کاربرد هوش مصنوعی در مهندسی عمران و ساخت و ساز .....   | ۶  |
| کاربردهای هوش مصنوعی در مهندسی عمران .....                | ۷  |
| پایش سلامت سازه با استفاده از هوش مصنوعی .....            | ۷  |
| شبکه عصبی مصنوعی مبتنی بر هوش مصنوعی در ساخت و ساز .....  | ۸  |
| آجرهای هوشمند .....                                       | ۸  |
| ویژگی های آجرهای هوشمند .....                             | ۱۱ |
| کاربردها و اجرا .....                                     | ۱۲ |
| چشم انداز به آینده .....                                  | ۱۵ |
| سازه های مدولار یا پیش ساخته .....                        | ۱۶ |
| سازه های پیش ساخته بتنی .....                             | ۱۶ |
| انواع مصالح پیش ساخته بتنی و ضوابط طراحی آن ها .....      | ۱۷ |
| قطعات شالوده پیش ساخته .....                              | ۱۷ |
| ستون های پیش ساخته .....                                  | ۱۷ |
| تیرهای پیش ساخته .....                                    | ۱۷ |
| قطعات سقف پیش ساخته .....                                 | ۱۸ |
| ساختمان پیش ساخته چوبی .....                              | ۱۸ |
| ساختمان پیش ساخته با صفحات ساندویچ پانل .....             | ۱۸ |
| انواع پانل های ساندویچی .....                             | ۱۸ |
| سیستم ساختمانی پیش ساخته LSF .....                        | ۱۹ |
| سازه LSF چیست ؟ .....                                     | ۱۹ |
| جزئیات سازه LSF structure .....                           | ۱۹ |
| مزایای سازه های LSF .....                                 | ۲۰ |
| مزایای استفاده از سیستم LSF در صنعت ساخت و ساز کشور ..... | ۲۳ |

|    |                                                         |
|----|---------------------------------------------------------|
| ۲۵ | تاریخچه و دلایل به کارگیری سازه LSF در کشورهای گوناگون  |
| ۲۶ | پهپاد در صنعت ساختمان سازی ، یک تکنولوژی نوین           |
| ۲۶ | مدل سازی اطلاعات ساختمان Building information modelling |
| ۲۶ | خودکارسازی صنعت ساخت و ساز Automation                   |
| ۲۷ | تکنولوژی ابر Cloud                                      |
| ۲۷ | سیستم قاب فولادی نورد سرد                               |
| ۲۷ | سقف مجوف بتن مسلح                                       |
| ۲۷ | ماشین آرماتور بندی                                      |
| ۲۷ | بلوک های ساخته شده با بتن گازی                          |
| ۲۸ | صفحات عایق حرارتی XPS                                   |
| ۲۸ | سیستم های سقف کوبیاکس cobiax                            |
| ۲۸ | معرفی دال مجوف:                                         |
| ۲۹ | دال مجوف یوبوت:                                         |
| ۲۹ | انواع قالب دال مجوف یوبوت در ایران:                     |
| ۲۹ | قالب یوبوت دوبل:                                        |
| ۳۰ | مزایا و معایب:                                          |
| ۳۰ | نحوه اجرا سازه با سیستم دال مجوف یوبوت:                 |
| ۳۱ | دال مجوف کوبیاکس                                        |
| ۳۱ | انواع دال مجوف کوبیاکس                                  |
| ۳۲ | مزایای فنی سیستم کوبیاکس:                               |
| ۳۲ | مزایای معماری سیستم کوبیاکس:                            |
| ۳۲ | مزایای اقتصادی سیستم کوبیاکس:                           |
| ۳۳ | مقایسه سقف های سنتی با کوبیاکس                          |
| ۳۳ | سقف عرشه فولادی:                                        |
| ۳۴ | معرفی فناوری و اجزای سقف های عرشه فولادی:               |
| ۳۴ | ورق های فولادی:                                         |
| ۳۵ | مراحل اجرای سقف عرشه فولادی:                            |
| ۳۶ | مزایای سقف عرشه فولادی                                  |

## معرفی مصالح و فناوری های نوین در صنعت ساختمان

اختمان سازی صنعتی است که مدام در حال پیشرفت می باشد و باید بتواند نیاز جمعیت رو به رشد جهان را پاسخ بدهد. این صنعت مهم می بایست در کمترین زمان بتواند بیشترین بازدهی را داشته و در کنار سرعت بالا باید دارای کیفیت، استحکام، زیبایی و خلاقیت هم باشد. از این جهت فناوری های زیادی برای رسیدن به این مهم ابداع شدند که برخی از آنها واقعا باعث بهبود و پیشرفت این صنعت شده اند. فناوری های نوین ساختمانی که کم هم نیستند برای کمک به صنعت ساخت و ساز وجود دارند که مهندسان و معماران با استفاده از آنها هیچ محدودیتی برای ساخت و خلق ساختمان های جدید ندارند. با استفاده از این فناوری ها می توان ساختمان های هر چه زیباتر، با کیفیت تر، متنوع تر و سریع تر ساخت. در ادامه این مقاله تعدادی از مهمترین و کاربردی ترین فناوری های نوین ساختمانی را معرفی خواهیم کرد ولی قبل از آن بهتر است با اهمیت این فناوری ها در صنعت ساخت و ساز آشنا شویم.

فناوری نوین ساختمانی در واقع به مجموعه ای از متدها گفته می شود که به کاربردهای فناوری در صنعت ساخت و ساز پرداخته و با ایجاد فرصت های بهتر به بهبود عملکرد پروژه های ساختمانی می انجامد. از موارد مهمی که کاربرد و کارایی آنها در صنعت ساخت و ساز ثابت شده است میتوان به موارد زیر اشاره کرد:

استفاده از تکنولوژی های نوین در ساختمان سازی باعث افزایش بهره وری این صنعت به میزان ۳۰ الی ۴۵ درصد شده است که آمار بسیار چشمگیری است.

این تکنولوژی کمک می کند که کیفیت مصالح و مواد استفاده شده در ساخت و ساز پیش بینی شود و بهترین ها برای کار مورد استفاده قرار گیرند.

استفاده از تکنولوژی های نوین ساختمانی باعث عدم هدر رفت منابع طبیعی می شود و به همین جهت از سوی نهادهای مختلف مورد پسند واقع شده است. نقش مصالح ساختمانی در مصرف انرژی بسیار پررنگ بوده و بایستی به آن توجه شود.

تکنولوژی نوین و ماشینی در صنعت ساختمان سازی باعث بهبود کیفیت، افزایش سرعت کار، صرفه جویی در هزینه ها و غیره می شود.

شبیه سازی الکترونیکی که یکی از همین تکنولوژی ها است باعث بهبود عملیات، افزایش ایمنی و کیفیت، کم کردن هزینه ها و غیره می شود.

نواوری های جدید در صنعت ساختمان

حالا که از اهمیت فناوری نوین ساختمانی مطلع شدید قصد داریم تا چند نمونه از بهترین های این تکنولوژی های نوین را معرفی کنیم.

### واقعیت مجازی یا Virtual Reality در صنعت ساختمان

اولین تکنولوژی نوین که به صنعت ساخت و ساز کمک می کند همین واقعیت مجازی است. واقعیت مجازی بین انسان یا دنیای واقعی و دنیای مجازی ارتباط ایجاد میکند. به این ترتیب که با ایجاد صوت و تصویر از یک پدیده، حواس آدمی را تحت تاثیر قرار داده و باعث می شود انسان آن پدیده مجازی را به صورت واقعی ببیند و حس کند. به واسطه فناوری واقعیت مجازی میتوان طراحی های مختلف را ایجاد و آنها را قبل از ساخت حس و بررسی کرد و اگر نقصی در آنها وجود داشته باشد، قبل از ساخته شدن می توان به اصلاح آنها پرداخت. مزایای واقعیت مجازی در صنعت ساخت و ساز بسیار زیاد هستند. به عنوان مثال بدون صرف هیچ گونه هزینه برای ساخت مدل میتوان یک ساختمان را طراحی و شبیه سازی کرد. احتمال خطا در اینگونه فناوری بسیار بسیار کم و یا حتی صفر است.

## پرینت سه بعدی در ساختمان جایگزینی برای ماکت

قبل از ابداع این فناوری، برای نشان دادن یک طرح، مدلی از آن را هر چند هم پیچیده به صورت ماکت در می آوردند. این کار باعث ایجاد زحمت بسیار زیاد برای طراحان میشد و اگر با طرح آنها موافقت نمی شد تمام زحمت آنها به باد میرفت. اما اکنون با پرینت سه بعدی امکان درست کردن ماکت به صورت مجازی وجود دارد و طراحان می توانند با استفاده از این پرینت حتی پیچیده ترین طرح ها را ایجاد و بررسی کنند، خطاهای آن را بگیرند و اصلاح کنند. پرینت سه بعدی با استفاده از دستگاه و نرم افزارهای مخصوص انجام می گیرد و خروجی آن به صورت طرحی که روی کاغذ چاپ شده باشد بیرون می آید.

فناوری بتن خودترمیم شونده، یک شگفتی در معماری بتن یکی از مصالح مهم در ساخت و ساز به شمار میرود که باعث استحکام، مقاومت و عایق بودن می شود. اما نکته منفی که راجع به آن وجود دارد این است که به مرور زمان امکان ترک برداشتن آن بر اثر ضربات و یا شرایط مختلف وجود دارد. از این رو محققان نوعی بتن تولید کردند که در صورت ترک برداشتن به طور خود به خودی ترمیم می شود که به آن بتن خود ترمیم شونده یا بیوبتن می گویند. نحوه عملکرد بیوبتن به این صورت است که باکتری های موجود در بتن به هنگام ترک خوردن بتن فعال شده و در واکنش با رطوبت محیط و کربنات کلسیم به سنگ آهک تبدیل می شود که همان هم باعث ترمیم شدن بخش های ترک خورده می شود. برای اطلاع از مزایای بتن مسلح می توانید به مقاله مربوطه در سایت مرکز آهنگ مراجعه نمایید.

## هوش مصنوعی در ساختمان سازی

هوش مصنوعی یکی از فناوری های نوین بوده که انقلاب عظیمی در صنعت ساختمان سازی ایجاد کرده است. هوش مصنوعی نوعی سیستم فوق هوشمند است که میتواند همه کارهای مربوط به انسان را به عهده می گیرد. یکی دیگر از مزایای هوش مصنوعی در ساختمان سازی ایجاد یک برنامه ریزی دقیق و بدون اشکال است. قبل از به وجود آمدن هوش مصنوعی، عملیات برنامه ریزی توسط مهندس پروژه انجام می شد ولی برای کارهای با حجم شغلی زیاد احتمال خطا در برنامه ریزی وجود دارد که میتواند کل پروژه را تحت تاثیر قرار دهد. از همین رو استفاده از هوش مصنوعی در ساختمان های پیچیده بسیار توصیه می شود.

فناوری هوش مصنوعی میتواند نقشه ها و طرح های مهندسی را آنالیز کرده و در صورت وجود هر گونه خطا هشدار لازم را به آنها می دهد. با این کار جلوی خسارات جبران ناپذیری که بعدها ممکن است به خاطر وجود خطاها به وجود بیایند گرفته می شود. با استفاده از هوش مصنوعی عملکرد پروژه به صورت دقیق و واضح در دست مهندسی هست که در این صورت نیازی به نظارت حضوری روزانه نخواهند داشت.

### ۲۰ کاربرد هوش مصنوعی در مهندسی عمران و ساخت و ساز

هوش مصنوعی با الگوبرداری از مغز انسان، عملکردهایی منطقی و هوشمندانه دارد. هوش مصنوعی یک تکنولوژی است که سعی دارد رفتار هوشمندانه را در فرآیندهای کامپیوتری تقلید و پیاده سازی کند. هوش مصنوعی کاربردهای گسترده ای در ساخت و ساز دارد. هوش مصنوعی به چند روش مختلف عمل می کند:

- سیستم های فازی
- شبکه های عصبی
- سیستم های دانش بنیان (مبتنی بر دانش)
- الگوریتم های ژنتیک

هر پروژه عمرانی با ریسک‌ها و عدم قطعیت‌ها همراه است. از جمله این موارد می‌توان به ریسک‌های مرتبط با تخصیص کار، تحقق مایلستون‌ها، هزینه‌های پروژه و مدیریت ساخت اشاره کرد. یادگیری ماشین شاخه‌ای از هوش مصنوعی است که کاربردهای متعددی در مهندسی عمران دارد.

### کاربردهای هوش مصنوعی در مهندسی عمران

۱. طبقه‌بندی و تخمین درصد رطوبت خاک
۲. کاربرد یادگیری ماشین در مهندسی سازه با استفاده از داده‌های حسی و تصویری به منظور تشخیص آسیب، موقعیت و گستره آن
۳. بهبود بهره‌وری از طریق کاهش زمان بیکاری
۴. پیش‌بینی حداکثر چگالی خشک و مقدار بهینه رطوبت بتن
۵. استفاده از تصاویر برای نظارت صحیح بر کارگاه به لحاظ ایمنی و شرایط کاری خطرناک
۶. شناسایی خلل‌ها و تشخیص موارد موردنیاز در جهت جلوگیری از تأخیر در کارها
۷. پیش‌بینی زمان سفر در بحث مهندسی حمل‌ونقل
۸. برنامه‌ریزی کارآمد، طراحی و مدیریت زیرساخت‌ها با استفاده از مدل‌سازی اطلاعات ساختمان
۹. کاربرد شبکه‌های عصبی مصنوعی برای پیش‌بینی ویژگی‌های طرح اختلاط بتن
۱۰. نظارت بر فعالیت‌های کارگاه و پیش‌بینی تغییرات هزینه‌ای بر اساس نرخ مصالح اولیه در بازار
۱۱. آنالیز نشست فونداسیون و پایداری شیب
۱۲. نظارت بر سلامت سازه، اعلام هشدار هنگام نیاز به تعمیرات
۱۳. پیش‌بینی جزر و مد برای برنامه‌ریزی پروژه‌های در مجاورت ساحل
۱۴. کاهش خطاها با آنالیز اتوماتیک داده‌ها
۱۵. پیش‌بینی ریسک‌ها به‌عنوان بخشی از فرآیند مدیریت پروژه
۱۶. ارائه راه‌حل برای آسیب‌های مرتبط با حفاری شمع‌های بتنی پیش‌تنیده در حوزه مهندسی فونداسیون
۱۷. حل مشکلات پیچیده در مراحل مختلف پروژه
۱۸. تصمیم‌گیری در فرآیند طراحی
۱۹. مدیریت ضایعات ساختمانی و استفاده از مصالح هوشمند
۲۰. نظارت و بهینه‌سازی استفاده از نیروی متخصص

### پایش سلامت سازه با استفاده از هوش مصنوعی

پایش سلامت سازه فرایندی است که در آن داده‌ها جمع‌آوری و سپس به‌منظور ارزیابی آسیب‌پذیری سیستم سازه‌ای تحت تجزیه و تحلیل قرار می‌گیرند. پل‌ها، خطوط لوله، سدها و دیگر پروژه‌های زیرساختی بزرگ را می‌توان در فرآیند پایش سلامت سازه، آنالیز کرد. از الگوریتم ژنتیک می‌توان به همراه فرایند پایش سلامت سازه برای تشخیص آسیب‌ها در ساختمان‌ها استفاده کرد. در این حالت به‌جای جمع‌آوری دستی داده‌ها و آنالیز آن‌ها، می‌توان از تکنیک هوش مصنوعی استفاده کرد. از داده‌های خام حاصل از هوش مصنوعی و با استفاده از روش یادگیری دومارحله‌ای، اطلاعات مهمی می‌توان دریافت کرد. در مرحله اول با استفاده از روش نیستروم و به‌طور اتوماتیک ویژگی‌های سیگنال‌های ارتعاشی پل استخراج می‌شود. در مرحله دوم بر اساس ویژگی‌های به دست آمده، شرایط سلامت پل با استفاده از آنالیز مؤلفه‌های اساسی کرنل (MKPCA) دسته‌بندی می‌شوند.

## شبکه عصبی مصنوعی مبتنی بر هوش مصنوعی در ساخت و ساز

شبکه عصبی مصنوعی از روش‌هایی مانند الگوریتم لوبز-مارکوارت، الگوریتم تکاملی تفاضلی و روش تنظیم بیزی (BRNN) استفاده می‌کند. از هوش مصنوعی برای تعیین حداکثر چگالی خشک و مقاومت فشاری خاک‌های تثبیت‌شده با سیمان استفاده می‌شود. ورودی‌های این فرآیند عبارت‌اند از: حد روانی خاک، مقدار رطوبت، شاخص پلاستیسیته و اندازه ذرات ماسه، شن و رس. علاوه بر این می‌توان از تکنیک‌های ماشین‌های پشتیبان بردار (SVM) هم استفاده کرد. محققان معتقدند روش دوم نتایج بهتری از مقاومت فشاری محدود نشده و حداکثر چگالی خشک خاک تثبیت‌شده با سیمان ارائه می‌دهد.

همچنین می‌توان از شبکه‌های عصبی هوش مصنوعی برای اندازه‌گیری اسلامپ بتن آماده استفاده کرد. از قابلیت تقریب/ تخمین شبکه‌های عصبی مصنوعی می‌توان در این راستا استفاده کرد. بین متغیرهای ورودی و خروجی یک رابطه ایجاد می‌شود. از آنجاکه داده‌های موردنیاز برای آنالیز از کارخانه تولیدکننده بتن جمع‌آوری می‌شوند، می‌توان با تغییر طرح اختلاط بتن از بروز اشتباهات جلوگیری کرد. برای ارزیابی از نرم‌افزار MATLAB R2011b می‌شود. این نرم‌افزار از طریق بهینه‌سازی و جعبه‌ابزار شبکه عصبی از الگوریتم ژنتیک بهره می‌گیرد.

## سیستم‌های فازی مبتنی بر هوش مصنوعی در ساخت و ساز

شبکه‌های عصبی فازی کاربرد گسترده‌ای در تخمین مقاومت فشاری بتن دارند. داده‌های آزمایشی ۴۵۸ طرح اختلاط بتن از سه منبع جداگانه جمع‌آوری می‌شوند. بر اساس داده‌های جمع‌آوری شده، معماری ۶ شبکه عصبی چندجمله‌ای فازی ساخته و آزمایش می‌شوند. پارامترهای ورودی را مواد تشکیل‌دهنده بتن و پارامتر خروجی را مقاومت فشاری ۲۸ روزه طرح اختلاط تشکیل می‌دهند.

## آجرهای هوشمند

فناوری دیگری که باز هم توانست انقلابی در صنعت ساخت و ساز ایجاد کند ابداع نوعی آجر بتنی مستحکم است که در تغییرات آب و هوا عملکرد آن نیز تغییر می‌کند. این آجر که شکلی شبیه به لوگوهای بازی دارد به عنوان عایق سرما و گرما عمل می‌کند. به این ترتیب که در هوای گرم به عنوان عایق گرما و در هوای سرد به عنوان عایق سرما تغییر کاربری می‌دهد. استفاده از این آجرهای بتنی از هزینه‌های برق می‌کاهد ضمن اینکه سرعت ساخت و ساز را افزایش می‌دهد. شایان ذکر است که با وجود این آجرها حتی در هزینه مصالح هم صرفه جویی می‌شود.

آجر به عنوان یکی از مصالح اساسی در ساخت و ساز ساختمان نقش اساسی دارد. آجر یکی از مصالح ساختمانی است که با طبع و خوی بشر سازگار بوده و در هر دورانی از تاریخ به نوعی مورد استفاده او واقع شده است. از ابتدا که بشر زندگی غارنشینی را پشت سر گذاشته است و فکر تهیه سرپناهی در مغز او ایجاد شده تا خود را از گزند عوامل جوی مانند باد و باران و سرما و گرما و هجوم جانوران درنده و گزنده نگاه دارد به فکر تهیه مصالحی افتاد که اولاً از لحاظ وزنی سبک باشد که بتواند آن را حمل نماید و همچنین از لحاظ شکل پذیری طوری باشد که شکل مورد نظر خود را به آن بدهد. ساده‌ترین تعریفی برای آجر آن است که آجر سنگی است مصنوعی که از پختن خاک رس با استخوان بندی اصلی سنگ بدست می‌آید و ابعاد و تعداد آن مطابق احتیاج ما قابل تغییر می‌باشد. مصرف آجر در ایران سابقه باستانی دارد و از زمان ساسانیان بناهایی بجا مانده که در آنها آجر مصرف شده است مانند طاق کسری در بیستون و یا کف دالان مسجد جامعصفهان که برای فرش آناز آجرهایی

استفاده شده است که در آتشکده های ساخته شده در زمان ساسانیان بکار رفته بود. ساختمان برج بابل (۵۰۰ سال پیش)، چغازنبیل در جنوب شرقی دزفول مربوط به تمدن ایلامی و گنبد سلطانیه (بزرگترین گنبد آجری جهان) با ۲۶ متر قطر دهانه گنبد و ۵۱ متر ارتفاع از راس آن تا سطح زمین و گنبد قابوس با ۵۳ متر ارتفاع، مرتفع ترین بنای آجری جهان همه شاهکار های معماری هستند که از آجر یا ترکیب خشت و آجر به وجود آمده اند (دانشیان و همکاران، ۱۳۹۴؛ سرتیپی پور، ۱۳۹۲) با شروع قرن ۲۰ میلادی نگرانی ها در مورد استفاده از آجر در ساختمان افزایش یافت. دلیل این نگرانیها را می توان وزن زیاد ساختمان های آجری و خطر زیاد آنها در مواقع بروز زلزله دانست؛ به گونه ای که فعالان و پژوهشگران صنعت ساختمان به فکر تغییر در مصالح مورد استفاده در ساختمان می باشند. استفاده از شیشه و چوب و ترکیبات گچی در ساخت یک سازه را می توان تلاش هایی در راستای رفع این نگرانی ها دانست اما مقاوم نبودن موارد ذکر شده در برابر نیروهای جانبی موجباز بین رفتن استفاده از آجر در ساخت سازه های عمرانی و محدود شدن استفاده از آنها در مواردی نظیر نما پوششهای داخلیو خارجی گشته است. با این حال استفاده از بتن با توجه به مقاومت زیاد آن اما وزن زیاد آن، باعث گردیده که در تمامقسمت های سازه از بتن و عضوهای بتنی استفاده نگردد و بیشتر در قسمت های که نیروی جانبی و بار اصلی ساختمانرا تحمل می کنند استفاده گردد. متخصصان و پژوهشگران در راستای آجر تحقیقاتی را در سال های اخیر انجام داده اند کهچند نمونه آن ها در ادامه آورده شده است: (تابش پور، ۱۳۸۸) [به بررسی تطبیقی آیین نامه های مختلف دنیا از جمله آیین نامه ۲۸۰۰ در مورد اثر دیوار پر کننده آجری پرداخت. هوشمند زاده] هوشمند زاده، ۱۳۹۰ به تحلیل و طراحی قاب های با دیوار آجری پر کننده پرداخت. او در این تحقیقبر اساس استانداردهای موجود در کشورهای دیگر، مطالب کاربردی ارائه نمود. (رستگاری و همکارانش، ۱۳۹۴) به بررسی تزیینات آجر کاری در مساجد ایران پرداختند. ابتدا مفاهیم زیبایی شناسی نقوش آجر کاری مورد بررسی قرار گرفته است و سپس به وجه نمادین نقوش هندسی اشاره شده است. در نهایت به این نتیجه رسیدند که تزیینات آجر کاری در مساجد اسلامی-ایرانی، می تواند بستر مناسبی را برای ادراک مخاطب و تبلیغ اندیشه معنوی ایجاد کند.

در راستای دستیابی به ساختمانی ایمن تر و سبک تر پژوهشگران زیادی در حال ساخت گونه های مختلفی از آجر و انجام تست های مختلف بر روی آنها می باشند. یکی از این مصالح نوین که در این مقاله معرفی و بررسی خواهد شد آجر های هوشمند می باشد که توسط کمپانی kite bricks معرفی شده است. این آجرها که شباهت زیادی به تکه های لگو خانه سازی دارند ممکن است در صورت سربلندی در آزمایشات، در آینده ای نه چندان دور جایگزین آجر های امروزی و حتی مصالح دیگر در صنعت ساختمان شوند و بخش قابل توجهی از بازار داخلی و خارجی را تحت تاثیر قرار دهند.

#### معرفی آجرهای هوشمند

ماده اصلی تشکیل دهندهی این آجر ها که هم اکنون در مرحله ی ساخت و انجام آزمایشات بر روی آن توسط کمپانی kite bricks می باشند، بتن با مقاومت بالا میباشد. الگوی ساخت آجرهای هوشمند از Lego (خانه سازی به صورت اسباب بازی) گرفته شده است که در خانه سازی کودکان با اسباب بازی دیده می شود. در نتیجه ظاهر این آجر ها شبیه تکه های خانه سازی به صورت اسباب بازی (Lego) میباشد، بدین منظور که با اتصال مناسب این آجرها به یکدیگر بتوان ساختمان یکپارچه ای را ساخت. هندسه آجرها جهت کم شدن وزن آن و همچنین اتصال مناسب آجر ها به یکدیگر میباشد. استفاده از این آجر ها کاملاً سازگار با محیط زیست می باشد چرا که موجب صرفه جویی زیاد در مصرف انرژی الکتریکی با تغییرات دما در فصل های گرم و خنک می شود. آجر های هوشمند امکان ساخت دقیق تر، ارزانتر، سریعتر و مقاوم تر سازهها نسبت به سازه های سنتی را فراهم می آورد.

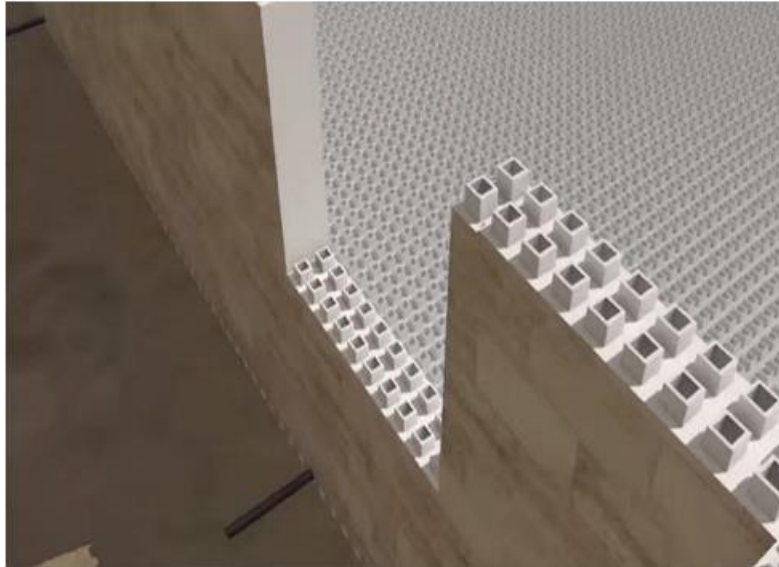
این آجر ها به گونه ای طراحی شده اند که به راحتی به یکدیگر متصل میشوند. همچنین امکان عبور تاسیسات و زیرساخت های ساختمان از میان آنها و نیز دسترسی آسان به این تاسیسات در آنها فراهم است. دیوار ها، کف ها و قسمتهای مختلف توسط نوع مناسبی از این آجر پیش بینی و ساخته میشوند و به همین دلیل سهولت در اجرا و روند خشکساخت و ساز موجب کاهش قابل توجه هزینه ی ساخت و ساز خواهد شد. در شکل آجر هوشمند مشاهده میشود.



آجرهای هوشمند

همانطور که در شکل قابل مشاهده می باشد این آجر ها امکان عبور تاسیسات (لوله کشی و سیم کشی) را به راحتی فراهم می آورند. همچنین پنل هایی که روی این آجر ها متصل میشوند قابل جدا شدن بوده و دسترسی به تاسیسات بسیار آسان خواهد بود. دقت شود که این پنل ها برعکس پنل های گچی مورد استفاده در ساختمان به جای اینکه پیششوند، در آجر ها قفل می شوند و همین ویژگی سبب میشود که یکبار مصرف نبوده و در صورت نیاز به انجام تعمیرات بتوان آن را به راحتی جدا و سپس متصل نمود. با توجه به پیش بینی کمپانی مربوط، حدود ۳۰٪ در مصرف انرژی صرفه جویی خواهد کرد

آجرهای هوشمند به گونه ای طراحی شده اند که مقاوم سازی در آنها به وسیله ی میلگرد صورت گیرد. فضاهای خالی تعبیه شده در ساختار این آجرها امکان عبور میلگرد از آنها را فراهم می سازد. این محصول در شکل ها و اندازههای مختلف تولید خواهد شد و نیاز به شکل دهی جهت ساخت درها، پنجره ها و ... نمی باشد.



### آجرهای هوشمند در دیوار و کف ساختمان

علاوه بر کاهش هزینه های ساخت و ساز، آجر های هوشمند ساخت و سازی تمیز و آرام بدون نیاز به اتصال داربست و جرثقیل را فراهم می آورد. همچنین با استفاده از این نوع آجر دیگر نیازی به تراز کردن دیوار ، کف و ... وجود ندارد. شکل 2 آجر های هوشمند را در کف و دیوار ساختمان نشان میدهد.

### ویژگی های آجرهای هوشمند

ویژگی این آجرها را می توان از دو نظر بررسی نمود:

#### الف. از نظر تکنولوژی

آجرهای مختلفی در بازار امروز مورد استفاده قرار می گیرد. از آجر های سنتی گرفته که استفاده ای طولانی دارند تا آجر هایی که عایق هستند. آجر های هوشمند را می توان نسلی جدید در تکنولوژی ساخت ساختمان دانست؛ این آجرها امکان کنترل حرارت، عبور کامل تاسیسات، سیم ها و کابل ها، کار در جداره های داخلی و خارجی، مقاومت کششی بالا، ساختوساز آسان، ذخیره منابع و اجرای کامل ساختمان در دیوار ها، کف و ... را فراهم می آورد.

#### ب. از نظر معماری

معماران با یافتن شیوه ای جدید در ساخت و ساز ساختمان فرصت ها و قابلیت های بسیاری برای تزئین و شکلدهی فضاها خواهند یافت. قابلیت سفارش شکل ها و اندازه های مختلف، پیش بینی فضاهایی جهت عبور سیم و تاسیسات و قابلیت رنگ آمیزی در رنگ های مختلف را می توان از مزیت های معماری ساخت بنا به وسیله ی آجر های هوشمند دانست. همچنین دیگر ویژگی های مهم این آجر ها شامل موارد زیر میباشد:

#### -کاهش هزینه ها

پیش بینی و محاسبات به عمل آمده توسط کمپانی آجر های هوشمند نشان می دهد که به طور متوسط در یک ساختمان ۸ طبقه تا ۵۰٪ هزینه های ساخت کاهش یابد.

### -صرفه جویی در مصرف انرژی

ویژگی های به خصوص آجرهای هوشمند موجب صرفه جویی قابل توجهی در مصرف انرژی های سرمایشی و گرمایشی می شود. طبق بررسی های انجام شده حدود ۶۰٪ از انرژی های مصرف شده در ساختمان مربوط به سرد و یا گرم کردن (شامل گرم کردن به وسیله آب) می باشد. آجرهای هوشمند با داشتن فضای خالی درون خود که با هوا پر می شود، به خوبی موجب کاهش مصرف انرژی به وسیله مقابله با جذب گرما در تابستان و خروج گرما در زمستان می شوند.

### -ذخیره منابع

آجر های هوشمند قابلیت اجرای پاکیزه ای دارند و کار با آنها بسیار آسان و آرام خواهد بود؛ همچنین این محصول سفارشی تولید می شود و دور ریز آن به حداقل می رسد. این محصول استفاده از منابع طبیعی نظیر خاک، فلزو آب را کاهش خواهد داد.

### -مقاومت بالا

آجرهای هوشمند محصولی مقاوم در برابر زلزله و تغییرات جوی می باشد

### کاربردها و اجرا

آجر هوشمند نوعی آجر می باشد که مناسب جهت ساخت پل ها، ساختمان ها حتی تا ۸ طبقه و ... می باشد. این آجر های هوشمند بر خلاف آجر های دیگر، می تواند در دیوار، پی، سقف و ... به کار گرفته شود و دیگر احتیاجی به تیر یا ستون در ساختمان های ساخته شده با این تکنولوژی نمی باشد. در اصل این آجر های بصورت قطعات خانه سازی در تمام قسمت های ساختمان به یکدیگر وصل شده و ساختار یکپارچه ای را به وجود میباید توجه داشت جهت اتصال آورد. مناسب آجرهای هوشمند به یکدیگر، هندسه آنها توجه به کاربرد آن در پی، دیوار، سقف و ... متفاوت می باشد. خلاصه ای کلی از مراحل اجرای ساختمانی چند طبقه با استفاده از آجر های هوشمند به صورت زیر می باشد: در ابتدا طبق نقشه ای از قبل طراحی شده پی ساختمان با آجرهای هوشمند اجرا می شود. سپس تاسیسات مخصوص طبق نقشه تاسیسات در فواصل مختلف از داخل آجرها به صورت افقی و عمودی عبور داده شده و دیوار های طبقه اول به وسیله آجرهای هوشمند اجرا میگردند، سپس عبور تاسیسات از داخل آجر های دیوار تا زیر طبقه دوم انجام میگیرد. در مرحله بعد نمائکاری دیوار ها بوسیله نمای خشک اجرا میگردد، در مرحله بعد سقف طبقه اول به وسیله آجر های هوشمند به صورتی که مشاهده میشود اجرا میگردد. در نهایت پل های بر روی پی ساختمان و سقف طبقه نصب می گردد، طبقات دیگر نیز به همین ترتیب قابل اجرا می باشد و ساختمان به وسیله آجر های هوشمند ساخته میشود.



اجرای پی ساختمان با آجرهای هوشمند



عبور لوله های تاسیساتی به صورت افقی و عمودی از پی ساختمان



اجرای دیوار ساختمان با آجر های هوشمند



دیوار نمakاری شده



عبور تاسیسات از داخل دیوار

بنابر جعفر  
BanaBorjZafar



اجرای سقف با آجرهای هوشمند

#### چشم انداز به آینده

در حال حاضر با تماس هایی که با کمپانی مربوطه صورت گرفته شده این آجر ها در مرحله ی ساخت و آزمایش میباشد و کمپانی Kite Bricks در نظر دارد که طی یک سال آینده این محصول را روانه ی بازار کند. محصولی که توجه بسیاری را فقط در مرحله معرفی معطوف خود ساخته است، در صورت موفقیت در ساخت یک سازه و اثبات ویژگی های ذکر شده، میتواند نسل جدیدی از ساختمان سازی را آغاز نماید. به هر حال آشنایی جامعه علمی و صنعتی با چنین مصالح یعلاوه بر شناخت آن، می تواند باعث تصمیم گیری در استفاده یا عدم استفاده از این مصالح در زمان شروع به تولید واقعی نماید.



ساختمان ساخته شده با آجر های هوشمند



نصب پنل ها بر روی کف ها

با پیشرفت های انجام شده در دهه های اخیر، توجه به مصالح نوین که دارای وزن کم، کاهش اتلاف انرژی، کاهش هزینه ها و منابع و سهولت در اجرا باشند، از اهمیت به خصوصی برخوردار می باشد. یکی از این مصالح نوین آجرهای هوشمند می باشد ماده اصلی تشکیل دهندهی این آجر ها که هم اکنون در مرحله ی ساخت و انجام آزمایشات بر روی آن توسط کمپانی **kite bricks** می باشند، بتن با مقاومت بالا می باشد. ظاهر این آجر ها شبیه تکه های ۳۹ خانه سازی به صورت اسباب بازی (Lego) می باشد بدین منظور که با اتصال مناسب این آجرها به یکدیگر بتوان ساختمان یکپارچه ای را ساخت. ویژگی های این آجر شامل مقاومت بسیار زیاد، ذخیره منابع، صرفه جویی در مصرف انرژی، امکان رنگ آمیزی، عبور کامل کابل، لوله و موارد تاسیساتی از میان آن، سهولت ساخت و ساز، اجرای کامل ساختمان در دیوارها، کف و ... میباشد. این آجر مناسب جهت ساخت پل ها، ساختمان ها حتی تا ۸ طبقه و ... می باشد. این آجر های هوشمند بر خلاف آجر های دیگر، می تواند در دیوار، پی، سقف و ... به کار گرفته شود. طراحی جالب و البته آشنای این محصول به زودی می تواند توجه تمامی بازارهای ساختمانی را به خود جلب نماید. کاهش هزینه ساخت و افزایش کیفیت و دوام سازه ها قطعاً خبر خوبی برای سرمایه داران و حتی ساکنین این سازه ها خواهد بود. پیشنهاد می گردد با شناخت بهتر این محصول، در صورت تولید این محصول در آینده ای نزدیک، بتوان به صورت صحیح و مناسب در صنعت ساخت و ساز مورد استفاده قرار گیرد.

### سازه های مدولار یا پیش ساخته

یکی دیگر از فناوری های نوین ساختمانی سازه های مدولار هستند که باز هم به دلیل مزایایی که به همراه داشتند توانستند تحول چشمگیری در صنعت ساختمان سازی به وجود آورند. با سازه های مدولار امکان ساخت ساختمان های با کیفیت بسیار بالا و با سرعت خیلی کم وجود دارد؛ به طوری که یک خانه مسکونی کامل با این فناوری در کمتر از یک روز ساخته و آماده می شود. با این سازه ها یک طرح یا نقشه مشابه را در مقیاس های مختلف می توان ساخت که خود بسیار جالب و حیرت انگیز است. انواع سازه های پیش ساخته به طور مفصل در مقاله ای خدمتتان ارائه شده است.

انواع ساختمان های پیش ساخته از نظر وزن قطعات

#### الف) سیستم های سنگین

در این سیستم ها از مصالحی استفاده می شود که وزن حجمی آن مصالح بیش از  $1000 \text{ kg/m}^3$  باشد مانند آجر و بتن

#### ب) سیستم های سبک

در این سیستم ها از مصالحی استفاده می شود که وزن حجمی آن مصالح کمتر از  $1000 \text{ kg/m}^3$  باشد مانند چوب، گچ، سیمان، آزبست، فوم، پلاستیک و ... در این سیستم ها گاهی از فولاد به عنوان مصالح اسکلت سازه ای استفاده می گردد.

### سازه های پیش ساخته بتنی

در مورد تاریخچه صنعت پیش ساخته در ایران، باید اشاره کرد که تولید ساختمان در داخل به دو روش صورت می گیرد:

روش سنتی

روش صنعتی

روش سنتی ساختمان سازی شامل روش های متداول و مرسوم ساخت و ساز در کشور می باشد که شامل خاکبرداری و اجرای فونداسیون، قالب بندی و بتن ریزی ستون، تیر و سقف می باشد که هرکدام نیازمند زمان طولانی می باشد. در ساختمان های بتنی مهمترین مساله، ساخت بتن و طرح اختلاط آن و نحوه بتن ریزی و عمل آوری بتن می باشد. روش های نوین ساخت که روش تولید صنعتی نامیده می شود تا حد بسیار مطلوبی نقاط ضعف روش های سنتی را می پوشاند.

روش های صنعتی در ایران که شامل سازه های بتنی می باشد در سه مورد زیر مطرح می شوند:

۱. بتن ریزی درجا

۲. بتن ریزی در کارخانه (پیش ساخته)

۳. ترکیب دو روش فوق

سیستم ساختمان پیش ساخته بتنی به طور کلی به دو روش زیر قابل اجراست

۱. سیستم سازه ای تیر، ستون و سقف نیمه پیش ساخته بتن مسلح با اتصالات تر

۲. سیستم سازه ای قاب پیش ساخته بتن مسلح با اتصالات خشک

در روش هایی که از اتصالات خشک استفاده می شود، در اکثر موارد می توان به راحتی قطعه را تعویض کرد و از نوع و شکل دیگری مشابه آن استفاده کرد. در جاهایی که از اتصالات تر استفاده می شود این قابلیت محدودتر می شود، ولی معمولاً از بین نمی رود. در این موارد، گاهی می توان از روش های تغییر در ساخت درجا برای آن ها استفاده کرد، که مستلزم تخریب یک بخش و اجرای مجدد آن است. این مطلب برای برچیدن ساختمان نیز صادق است و در صورتی که نیاز به سازه های موقت باشد، می بایست از مصالحی استفاده کرد که با اتصالات خشک مونتاژ می شوند.

## انواع مصالح پیش ساخته بتنی و ضوابط طراحی آن ها

### قطعات شالوده پیش ساخته

شالوده های پیش ساخته بتنی باید قادر به انتقال بارهای قائم، لنگرها و برش های افقی از ستون ها به خاک زیرین خود باشند. در اتصال بین ستون و شالوده، چنانچه از طریق گلدانی های ایجاد شده در شالوده انجام شود، فضای گلدان باید به مقدار کافی بزرگ باشد تا بتوان بتن یا مواد پرکننده را در اطراف و زیر ستون به راحتی ریخت و متراکم نمود. در این شالوده ها فرض می شود که انتقال بارهای قائم از ستون به شالوده، توسط سطح زیرین ستون صورت می گیرد مگر در حالتی که سطح تماس جانبی ستون و دیواره گلدان به نحوی مناسب زیر شده یا کلیدهای برشی در آن ها تعبیه شده باشند.

### ستون های پیش ساخته

ضوابط طرح و محاسبه ستون های بتنی پیش ساخته از نظر کلی باید مطابق با ضوابط مشروح در آیین نامه بتن ایران در مورد قطعات فشاری و ستون ها باشد. علاوه بر موارد ذکر مذکور توجه و رعایت موارد زیر در مورد ستون های پیش ساخته الزامی است: ستون های بتنی پیش ساخته در صورتی که به طور افقی تولید و جابجا شوند، باید با توجه به نیروها و لنگرهای اضافی مربوط با احتساب ضریب ضربه مناسب طراحی گردند.

جزئیات خاص آرماتوربندی در دو سر ستون ها با توجه به احتمال شکاف برداشتن آن ضرورت دارد.

### تیرهای پیش ساخته

تیرهای بتنی پیش ساخته معمولاً به صورت ساده روی دو تکیه گاه طرح می شوند و باید در برابر بارهای افقی ناشی از باد، بارگذاری های نامتعادل، خطاهای احتمالی هنگام نصب یا ضربه، با اعمال تمهیدات کافی در نواحی تکیه گاهی مقاوم شوند. ضخامت هیچ یک از اجزای تیر نباید کمتر از ۵۰ میلی متر باشد.

## قطعات سقف پیش ساخته

قطعات پیش ساخته سقف با مقاطع مختلف از جمله مقاطع مستطیلی توپر، U شکل، T شکل و T مضاعف ساخته می شوند. این مقاطع با توجه به مقاومت، پایداری، تغییر شکل های دراز مدت و مقاومت در برابر آتش سوزی انتخاب می شوند. ضخامت کلی بال مقطع بتن آرمه باید با توجه به مقاومت در برابر سوراخ شدگی، توزیع عرضی بارها و حداکثر افتادگی مجاز تعیین شود.

## ساختمان پیش ساخته چوبی

چوب از جمله مصالح سبک سازه ای بوده که تجربه های موفقی در اکثر کشورهای جهان داشته است. بسیاری از بناهای چوبی در سرتاسر دنیا در برابر عوامل مختلف محیطی و طبیعی از جمله شرایط اقلیمی و نیروهای جانبی از جمله زلزله و باد مقاومت و پایداری بسیار خوبی از خود نشان دادند. در هر صورت مشکلات پایه ای در زمینه استفاده از این نوع مصالح سبک علی الخصوص در زمینه سازه ای وجود دارد. هرچند که سایر کشورها تجربه های موفقی در زمینه استفاده از این نوع مصالح داشته اند.

## ساختمان پیش ساخته با صفحات ساندویچ پانل

به کارگیری بتن به عنوان یک ماده اصلی ساختمان؛ نیاز به قالب بندی، داربست و اختصاص زمان برای گیرش، عمل آوری و مقاوم شدن آن دارد. از این رو، از مدت ها قبل، ساخت قطعات بتنی پیش ساخته مورد توجه قرار گرفت و پیشرفت های چشمگیری به لحاظ ارائه انواع سیستم های پیش ساخته حاصل شد. ایراد اصلی استفاده از قطعات پیش ساخته بتن مسلح، در درجه اول نحوه اتصال قطعات است که یک مشکل سازه ای است، و در درجه دوم، حمل قطعات از کارخانه به محل نصب است که یک مشکل اقتصادی محسوب می شود. مشکل دوم از آنجا ناشی می شود که قطعات بزرگ معمولاً سنگین و حجیم هستند لذا هزینه و زمان حمل آن ها قابل ملاحظه است. به همین دلیل سعی شده است تا حجم یا وزن و یا زمان حمل قطعات تا حد امکان کاهش یابد. در سیستم پانل ساندویچی، صفحات متشکل از پانل عایق حرارتی، همراه با دو شبکه فلزی در طرفین عایق، که به وسیله مفتول های فولادی مورب به یکدیگر متصل شده اند، یک شبکه فلزی سه بعدی را تشکیل می دهد. این قطعات پس از انتقال به محل احداث ساختمان؛ به یکدیگر متصل و از دو طرف به آن ها بتن پاشیده می شود. از تلفیق پانل و بتن، سازه ساختمان حاصل می شود.

سیستم پانل پیش ساخته سبک سه بعدی 3D از پانل های دیواری و سقفی تشکیل می شود. پانل های دیواری، علاوه بر عملکرد جداکننده، نقش سازه ای نیز دارند و باید قادر به تحمل بارهای ثقلی و اثر بارهای جانبی نیز باشند.

## انواع پانل های ساندویچی

پانل های تماماً کامپوزیت، پانل های ساندویچی هستند که لایه های بتنی آن به صورتی متصل شده که هر دو لایه در خصوص بارهای خمشی اعمال شده، به عنوان بخش مکمل یکدیگر مورد استفاده قرار می گیرند. در این حالت اتصالات باید برش طولی موردنیاز را انتقال دهند.

پانل های نیمه کامپوزیت پانل های ساندویچی هستند که در آن ها لایه های بتنی به وسیله المان هایی که هیچ قابلیتی برای انتقال برش طولی ندارند متصل شده اند. اگر هر دو لایه بتنی از تقویت و سختی یکسانی برخوردار باشند هریک از آن ها باید در مقابل ۵۰ درصد از بار و تنش خمشی ناشی از آن مقاومت کند. به هر صورت در اکثر سیستم های پانل غیر کامپوزیت، در اثر افزایش بار، تنها یکی از دو لایه مقاومت می کند.

## سیستم ساختمانی پیش ساخته LSF

این سازه ها نخستین بار در کشور آمریکا خود را به صنعت ساخت معرفی نمودند. به دلیل محدود بودن شکل قطعات فولادی گرم، و از طرفی تنوع در ابعاد و اندازه قطعات فولادی سرد نورد شده امکانات مناسبی برای طراحان و سازندگان فراهم آورده است تا از مصالح ساختمانی به صورت بهینه استفاده نمایند و این موضوع سبب کم شدن وزن ساختمان نسبت به سیستم های رایج در کشور می گردد. همان طور که عنوان گردید سبکی ساختمان ها عامل مهمی برای مقابله با شرایط زلزله می باشد.

سازه LSF با تمام مصالح ساختمانی معمول برای نماسازی در کشور مانند سنگ، آجر و سیمانکاری قابلیت اجرا را دارد. سیستم ساختمانی LSF یک سیستم ساختمانی با قابلیت تولید صنعتی، پیش ساخته، نیمه پیش ساخته و معمولاً براساس تجربه کشورهای پیشرو می توان یک ساختمان معمولی دو طبقه را در عرض چهار روز تا مرحله سفت کاری اجرا نمود. برپا کردن این ساختمان ها سریع و آسان در کارگاه انجام می گیرد و این ویژگی با توجه به کمبود مسکن، ساختمان های غیرمسکونی و نیز ضرورت پاسخگویی سریع به نیازهای بخش ساختمان سازی بسیار مناسب خواهد بود.

### سازه LSF چیست ؟

سازه LSF مخفف کلمه LightWeight Steel Frame یا همان سازه پیش ساخته سبک است. یکی از مزایای اصلی اسکلت فلزی سبک، تطبیق پذیری آن و طیف وسیعی از انواع ساختمان هایی است که می توان از آن استفاده کرد. کاربردهای اسکلت فلزی سبک از مسکن های کم ارتفاع گرفته تا سازه های چند طبقه و آسمان خراش ها، از جمله قاب های سازه ای پانلی، سیستم های دیوار پرکننده خارجی و ساخت و ساز مدولار کاملاً تمام شده در خارج از محل را شامل می شود. به دلیل کاربردهای بالای این نوع سازه تیم مرکز آهن تصمیم گرفته است شما را با سازه LSF بیشتر آشنا کند.

### جزئیات سازه LSF structure

کشور ایران از جمله کشورهایی است که در سال های اخیر با زمین لرزه و بلایای طبیعی متنوعی دست و پنجه نرم کرده است. وقوع این گونه مشکلات باعث شده است ساختمان سازی با روش های نوین و جدید اهمیت بالایی پیدا کند. یکی از روش های جدید ساختمان سازی، روشی LSF است که امروز می خواهیم به بررسی آن بپردازیم. اصلی ترین هدف LSF، کاهش وزن ساختمان است. این نوع سازه که یک سیستم پیش ساخته است امروزه در بسیاری از ساخت و سازها مورد استفاده قرار می گیرد.

**سازه LSF** از مقاطع فولادی جدار نازک باز تشکیل شده که این مقاطع با انجام عملیات نورد سرد بر روی ورق نازک فلزی ساخته می شود. مزایای زیاد این سیستم از جمله پیش ساخته بودن، سرعت زیاد در اجرا، سازگاری مناسب با محیط زیست، مقاومت لرزه ای مطلوب و اقتصادی بودن، استفاده از این سیستم را با استقبال زیادی مواجه نموده است. از آنجا که در ایران قسمت عمده ای از تولید ورق با ضخامت های ۲ تا ۶ میلی متر دارای مصارف محدودی می باشد و نیز به دلیل وجود تکنولوژی نورد سرد در کشور؛ امکان تولید صنعتی ساختمان در کشور بر مبنای توسعه استفاده از مقاطع سرد نورد شده سبک وجود دارد که در صورت بهره گیری از این تکنولوژی چشم انداز روشنی در صنعت ساختمان سازی وجود خواهد داشت.

سازه LSF که طی سال های گذشته کاربرد فراوانی در کشورهای پیشرفته پیدا نموده چندی است که به عنوان یک راه حل مناسب برای برطرف نمودن مشکل کمبود مسکن؛ مورد توجه مسئولین و تصمیم گیران بخش ساختمان و مسکن در کشورمان قرار گرفته است. این سیستم پیش ساخته که به دلیل مطالعات و تحقیقات انجام شده در کشور در بیشتر کشورهای دنیا به خوبی شناخته شده و مزایای قابل توجهی در ساخت و ساز ایجاد نموده است، در کشور ما سیستمی بسیار جدید و ناشناخته محسوب می گردد. در ادامه به بررسی کامل این سازه خواهیم پرداخت.

از آنجایی که سیستم‌های پیش ساخته دارای کیفیت بالایی هستند، به افزایش عمر مفید ساختمان و دوام ساخت آن کمک می‌کنند و باعث بهبود مقاومت سازه در برابر زمین لرزه می‌شوند؛ استفاده از آن‌ها در سال‌های اخیر بسیار پرطرفدار شده است. از زاویه‌ای دیگر علاقه به ساخت سریع سازه برای رفع مشکل کمبود مسکن، استفاده از این روش‌ها را مرسوم کرده است. استفاده از روش‌های صنعتی (روش‌هایی مانند LSF باعث جایگزینی مصالح قدیمی و سنتی شده است. منظور از این صحبت این است که با تغییر روش‌های ساخت، مصالحی که برای ساخت سازه‌های قدیمی استفاده می‌شدند کارایی را از دست داده و در نتیجه مصالح جدید جایگزین شدند. مصالحی که برای ساختمان سازی جدید استفاده می‌شود، دارای کیفیت بسیار بالایی نسبت به مصالح قدیمی هستند.

### مزایای سازه‌های LSF

کمبود منابع مورد نیاز برای تامین مصالح ساختمانی و لزوم صرفه جویی در مصرف مصالح و استفاده بهینه از آن‌ها تمایل به استفاده از اعضای جدار نازک سرد نورد شده به منظور انجام ساخت و ساز سریع را افزایش می‌دهد. از جمله مهم ترین مواردی که تمایل به استفاده از این اعضا را افزایش می‌دهد عبارتند از:

محدود بودن منابع مورد نیاز برای تامین مصالح ساختمانی و لزوم استفاده بهینه از مصالح، مقاطع جدار نازک سرد نورد شده نسبت به مقاطع گرم نورد شده دارای نسبت مقاومت به وزن بالاتری هستند و بنابراین جایگزین نمودن این مقاطع، با مقاطع فولادی سنگین سبب افزایش بهره‌وری در صنعت ساخت و ساز می‌گردد.

افزایش غیرقابل اجتناب قیمت مصالح در بیشتر نقاط دنیا. مقاطع سرد نورد شده به دلیل سادگی تولید و زمان کمی که برای تولید آن‌ها به کار می‌رود با قیمت مناسب تری در مقایسه با دیگر مصالح ساختمانی در دسترس می‌باشند. زمان طولانی صرف شده برای تولید مصالح ساختمانی، مقاطع سرد نورد شده نسبت به مقاطع گرم نورد شده یا مقاطع بتنی پیش ساخته در زمان بسیار کمتری تولید می‌شوند.

### نحوه اجرای سازه LSF

برای اجرای سیستم ساختمانی LSF همانند سایر سیستم های رایج ساختمان سازی ابتدا طرح های معماری و سازه ای و سپس نقشه های اجرایی تهیه شده و براساس آن سیستم اجرا می‌شود.

### شالوده

در زمان اجرای شالوده برای نصب دیوار نوارهایی با عمق ۴۰ تا ۵۰ سانتی متر مورد استفاده قرار می‌گیرد. در مرحله بعد آرماتوربندی، قالب بندی و بتن ریزی انکربولت‌ها در فاصله استاندارد در شالوده اجرا شده و دیوارها تعبیه می‌شوند. فاصله استاندارد تعریف شده برای شالوده به طور معمول از ۴۰ تا ۶۰ سانتی متر متغیر است.

### دیوار

پس از اجرای پی نوبت به برپایی دیوارها می‌رسد. برای اجرای دیوار با استفاده از انکربولت هایی که از قبل به این منظور کار گذاشته شده اند، ابتدا تراک های کف نصب می‌شوند و سپس استادها به صورت کشویی داخل تراک کف قرار می‌گیرند. منظور از تراک اعضای افقی است که از بالا و پایین به صورت کشویی استادها را در بر می‌گیرند. استاد یکی از بخش‌های اصلی برای ساخت و برپایی دیوار است که وظیفه تحمل بار تقلی را به عهده دارد. در سیستم ساختمانی LSF، استاد و تراک ها جزئی از اعضای اصلی هستند. این اعضا به صورت پانلی، بار را به تکیه‌گاه منتقل می‌کنند. دیوار باربر وظیفه انتقال بار عمودی ساختمان، جذب بار جانبی و محافظت در برابر باد و زلزله را به عهده دارد.

از دیوارهای غیر باربر بیشتر برای جدا کردن فضای داخلی سازه استفاده می‌شود. برای اینکه عبور تاسیسات راحت انجام شود، استادها قبل از نصب سوراخکاری می‌شوند. این استادها با فاصله ۴۰-۶۰ سانتی متری به تراک‌ها وصل می‌شوند. در سیستم ساختمانی Isf معمولاً دیوارها با اتصال دادن استادهای فولادی به تراک های فولادی؛ بابدندی شده و با نصب پانل های گچی به شکل پانلی ساخته می‌شوند. در صورت اضافه کردن بابدند این شیوه ساخت برای مقاومت در برابر بارهای جانبی؛ از جمله بارهای حاصل از باد و زمین

لرزه خیلی مناسب می باشد. مهاربندها با استفاده از ورق های نازکی به ضخامت ۰.۸ تا ۲ میلی متر ساخته می شود. به دلیل نحوه ساخت، مهاربندها تنها قادر به تحمل بار کششی در سازه هستند. برای اینکه اطمینان حاصل شود مهاربند بعد از مواجه با بارهای جانبی، باربری را شروع می کند؛ اجزای این اعضا معمولاً توام با پیش کشش اولیه است. جالب است بدانید در اجرای مهاربند برای سازه های مدل LSF برخلاف سازه های فولادی پیاده سازی می شود. در سازه فولادی مهاربند ضربداری و در دو انتهای قالب ها متصل می شود، این در صورتی است که برای سازه Lsf علاوه بر اینکه مهاربند در انتها متصل می شود، با کمک پیچ به تمام استادهای میانی نیز متصل می شود.

#### سقف

شیوه های اجرایی گوناگونی برای سقف ها و بام در سیستم LSF بکار گرفته می شود به طوری که انواع بام ها از فرم های ساده مسطح گرفته تا بام های متقاطع با شیب های غیر مساوی قابل اجرا می باشند. دو نوع از معمول ترین شیوه اجرای بام ها عبارتند از خرپاهای سقفی که معمولاً از قسمت جلو تا عقب بنا را پوشش می دهند. سیستم تیرریزی مسطح که معمولاً بین تکیه گاه ها یا دیوارهای باربر مشترک برای اجرای سقف های صاف استفاده می شود. در ساخت و ساز سقف های میانی در سیستم LSF تیرریزی ها عموماً در امتداد استادهای دیوار انجام می گیرد. هریک از تیرها معمولاً بار خود را مستقیماً به استادهای منتقل می نمایند. قطعات فوق معمولاً با اشکال C و Z ساخته و اجرا می شوند. پوشش این نوع سقف ها معمولاً با بتن ریزی و یا با نصب تخته های چوبی یا گچی انجام می شود. در مناطقی که وزش باد شدید داشته و یا زلزله خیز می باشد، قاب سقف را باید مهاربندی کرد. علاوه بر آن برای مقاومت در مقابل باد و بلند شدن بام باید اتصال مناسبی بین دیوارهای باربر و سقف انتخاب نمود. اجرای فوم و روفیکس علاوه بر ایجاد عایق صوتی و حرارتی مناسب؛ از نفوذ شیره بتن در هنگام بتن ریزی جلوگیری می نماید.

#### تاسیسات

همان طور که گفته شد مقاطع CFS که به عنوان تیرچه های سقف یا استادهای دیوار به کار می روند در طول عضو دارای سوراخ هایی بوده که برای عبور و نصب تاسیسات از آن ها استفاده می گردد. با توجه به پیش ساخته بودن سیستم و بهره گیری از اتصالات پیچی امکان دسترسی به اتصالات 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.

مقایسه سیستم LSF با سیستم های اسکلت فولادی و بتنی

به منظور مشخص شدن تفاوت های سازه LSF با سیستم های سنتی رایج در کشور در ساخت ساختمان های کوتاه مرتبه و میان مرتبه، در این قسمت چندین پروژه مختلف با استفاده از سیستم سازه فولادی معمولی؛ سازه بتنی و سیستم LSF طراحی شده و نتایج به دست آمده با یکدیگر مقایسه شده است. پروژه های انجام شده شامل ۳ ساختمان دو طبقه، سه طبقه و پنج طبقه است که با استفاده از هر سه روش طراحی شده و مقایسه نسبتاً جامعی از نتایج به دست آمده ارائه شده است.

| مشخصات<br>تعداد طبقات | سیستم<br>سازه | سیستم مقاوم در برابر نیروهای جانبی |                       | ضریب رفتار (R) |       | سیستم سقف  |
|-----------------------|---------------|------------------------------------|-----------------------|----------------|-------|------------|
|                       |               | جهت X                              | جهت Y                 | جهت X          | جهت Y |            |
| ۳ و ۲                 | فولادی        | قاب خمشی                           | قاب مهاربندی شده      | ۷              | ۶     | تیرچه بلوک |
|                       | بتی           | قاب خمشی                           | قاب خمشی متوسط        | ۷              |       | تیرچه بلوک |
|                       | LSF           | قاب ساده                           | سیستم مهاربندهای کششی | ۴              |       | کامپوزیت   |
| ۵                     | فولادی        | قاب خمشی                           | قاب خمشی متوسط        | ۷              | ۶     | تیرچه بلوک |
|                       | بتی           | قاب خمشی                           | سیستم دوگانه متوسط    | ۸              |       | تیرچه بلوک |
|                       | LSF           | قاب ساده                           | دیوار برشی بتی متوسط  | ۵              |       | کامپوزیت   |

### مقایسه ویژگی های سازه LS با سیستم ساختمان فولادی و بتنی

استفاده از سازه LSF در ساخت انواع ساختمان های ۱ و ۲ طبقه مسکونی، ویلایی، اداری، دفاتر تجاری کوچک، آموزشی و واحدهای صنعتی به دلیل مزایای فراوان از جمله سبک بودن، اقتصادی بودن، مصرف کم مصالح ساختمانی، افزایش فضای مفید داخلی، عملکرد صوتی مطلوب و اتلاف کم انرژی در بسیاری از کشورهای دنیا مرسوم می باشد. لازم به ذکر است که برای اجرای هر متر مربع از سازه LSF در حدود ۳۰۰ کیلوگرم ماده اولیه نیاز بوده و ضایعات به جامانده کمتر از ۲ تا ۳ کیلوگرم خواهد بود. این در حالی است که در سیستم های سنتی ماده اولیه برداشت شده از طبیعت بیش از ۱۰۰۰ کیلوگرم می باشد که حداقل ۱۰۰ کیلوگرم ضایعات ساختمانی غیر قابل بازیافت به دنبال خواهد داشت. به این ترتیب در صورتی که به عنوان مثال سالانه صد هزار واحد مسکونی ۷۵ متری (معادل با هفت و نیم میلیون متر مربع ساختمان) با سیستم LSF اجرا شود منجر به صرفه جویی قابل توجهی در استفاده از منابع ملی خواهد شد.

**بنابر ج ظفر**  
BanaBorjZafar

| سیستم سازه بتنی | سیستم سازه فولادی معمولی |       | سیستم LSF | پارامترهای مهم                                   |
|-----------------|--------------------------|-------|-----------|--------------------------------------------------|
|                 | جهت Y                    | جهت X |           |                                                  |
| ۳۳/۲۵           | ۵۵                       |       | ۲۵/۱۲     | مقدار فولاد و آرماتور مصرفی (kg/m <sup>2</sup> ) |
| ۱۱۴۰/۴          | ۵۴۶/۵                    |       | ۲۴۰/۴     | مقدار بتن مصرفی (kg/m <sup>2</sup> )             |
| ۱۱۲/۲۵          | ۱۰/۲۵                    |       | ۴/۵۳      | وزن اسکلت ساختمان (ton)                          |
| ۳۱۷/۶           | ۲۰۹/۱۸                   |       | ۸۶/۴      | وزن کل ساختمان (ton)                             |

#### مزایای استفاده از سیستم LSF در صنعت ساخت و ساز کشور

با توجه به مطالب ارائه شده در قسمت های قبل به کارگیری سازه LSF در صنعت ساختمان سازی ایران دارای مزایای زیادی است که مهمترین آن ها در جدول زیر ارائه شده است.

**بنابر ج ظفر**  
BanaBorjZafar

| ردیف | گروه ها                    | مزایا                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|------|----------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ۱    | طراحان                     | انعطاف در طراحی - تنوع در مصالح نما- برآورده نمودن الزامات مربوط به استانداردهای ساختمان - طراحی یک سیستم مدرن ساختمانی - رعایت کامل مقررات مبحث ۱۹ به صورت خودکار                                                                                                                                                                          |
| ۲    | سازندگان                   | سرعت در اجرای سیستم - کاهش هزینه نیروی کار - زمان کم توقف - فعالیت موازی و بدون وقفه در دیگر بخش های ساختمان- امکان انجام تعمیرات و مقاوم سازی سریع بدون ایجاد خلل در کاربری سهولت در نصب سیستم های تاسیساتی - نیاز کم به تجهیزات - نیاز به فضای کم کارگاهی - ایمنی در محل کارگاه - پیش ساختگی و تولید انبوه - سبک بودن سازه- کاهش هزینه ها |
| ۳    | استفاده کنندگان            | هزینه های بهره برداری کمتر - عملکرد صوتی خوب- محیط داخلی سالم- مقاومت در برابر آتش- مقاومت در برابر زلزله و توفان های شدید- افزایش فضای مفید داخلی                                                                                                                                                                                          |
| ۴    | مسئولان و حامیان محیط زیست | مصالح کمتر و قابل بازیافت بودن- ترافیک کمتر و حمل و نقل - جلوگیری از اتلاف انرژی- پاکیزگی کارگاه ساختمانی- کاهش مصرف انرژی                                                                                                                                                                                                                  |
| ۵    | منابع ملی                  | نیاز به ماده اولیه به مراتب کمتر نسبت به سیستم های سنتی - امکان بازیافت ضایعات ساختمانی به طور کامل                                                                                                                                                                                                                                         |

## تاریخچه و دلایل به کارگیری سازه LSF در کشورهای گوناگون

استفاده از سازه LSF به دلیل مزایای فراوان از جمله سرعت و کیفیت بالای ساخت و عملکرد لرزه ای مناسب در سال های اخیر در بسیاری از کشورهای دنیا رواج قابل توجهی یافته است. سازه LSF که از اعضای فولادی سرد نورد شده ساخته می شود از سال ۱۹۴۶ وارد صنعت ساختمان شد اما به دلیل اقتصادی نبودن کاربرد محدودی یافت. از سال ۱۹۹۰ به دلایل زیاد از جمله افزایش قیمت چوب و محدود بودن منابع تهیه آن، مشکلات زیست محیطی، نیاز به تولید سریع و انبوه مسکن و ضرورت استفاده از پیش ساخته سازی؛ سیستم LSF کاربرد وسیعی یافت به طوری که امروزه این سیستم در آمریکا؛ کانادا؛ استرالیا؛ ژاپن و بسیاری از کشورهای دیگر در احداث ساختمان های تجاری و مسکونی کوتاه مرتبه و میان مرتبه کاربرد زیادی دارد. در ادامه تاریخچه مختصری از سازه LSF در کشورهای گوناگون ارائه شده است.

### آمریکا

در شمال آمریکا چوب برای قرن ها به دلیل فراوانی؛ دسترسی آسان؛ ارزان بودن قیمت نسبت به دیگر مصالح ساختمانی و همچنین راحتی کار ساخت و ساز به عنوان کاربردی ترین مصالح ساختمانی مورد استفاده قرار می گرفت. لیکن از سال ۱۹۳۰ توجه به ملاحظات زیست محیطی و تلاش برای اقتصادی کردن فعالیت های ساخت و ساز ساختمان؛ سبب شد تحقیقات گسترده ای به منظور شناسایی مصالح ساختمانی مناسب جهت جایگزین نمودن با مصالح ساختمانی نامناسب و نیز یافتن روش های نوین ساخت و ساز انجام شود. این تحقیقات در واقع شروعی برای بکارگیری قطعات CFS در صنعت ساختمان سازی در آمریکا گردید. از سال ۱۹۵۶ به دلیل تنزل قابل توجه در کیفیت چوب و ارزان شدن قیمت فولاد، سازه LSF مورد توجه متخصصین؛ مسئولین و سازندگان ساختمان قرار گرفت، به طوری که سازندگان ساختمان از قطعات سبک فولادی در ساخت دیوارهای غیرباربر جدا کننده و همچنین ساخت دیوارهای پیرامونی در ساختمان های بلند بهره بردند.

تا سال ۱۹۹۰ بکارگیری قطعات CFS در بخش ساختمان سازی تجاری رواج یافت ولی به دلیل هزینه بالای ساخت و ساز مسکن با قاب فولادی سبک؛ استفاده از این سیستم در ساخت و ساز مسکن به طور گسترده مورد قبول واقع نشد. در سال ۱۹۹۲ تعداد ۵۰۰ خانه مسکونی با بهره گیری از سیستم قاب فولادی سبک ساخته شد. در سال های ۱۹۹۳ و ۱۹۹۴ تعداد خانه های ساخته شده با این روش به ترتیب به ۱۵۰۰۰ و ۷۵۰۰۰ واحد افزایش یافت. این رقم در سال ۲۰۰۲ به پنج برابر نسبت به سال ۱۹۹۴ افزایش یافت. مزایای قابل توجه استفاده از این روش مانند سازگاری با محیط زیست، تقلیل میزان ضایعات ساختمانی، امکان استفاده مجدد از قطعات به کار رفته در ساخت و امکان باز یافت قطعات به کار رفته با هزینه مناسب، سرعت بالای ساخت و اقتصادی بودن؛ فولاد را به عنوان عنصر اصلی ساخت و ساز در آمریکا مطرح نمود به طوری که امروزه سهم قابل توجهی از ساختمان های مسکونی ساخته شده در آمریکا با استفاده از سیستم قاب فولادی سبک ساخته می شود.

### انگلستان

در کشور انگلستان از سال ۱۹۳۰ به بعد به کارگیری فولاد در ساختمان سازی رونق گرفت و از دهه ۱۹۴۰ برای تامین قطعات فولادی مورد نیاز، از مقاطع فولادی فرم داده شده در حالت سرد برای جایگزین نمودن با قطعات فولادی گرم و سنگین در ساختمان های صنعتی استفاده شد. در حال حاضر بالغ بر ۲۰ تن از سازندگان مطرح خانه های مسکونی در انگلستان به منظور ساخت خانه های یک و دو طبقه از این سیستم استفاده می کنند.

### ژاپن

در کشور ژاپن قبل از جنگ جهانی اول بیشتر ساختمان های شهری از چوب ساخته می شد. با شروع جنگ جهانی اول و به دنبال آن وقوع آتش سوزی های گسترده در مناطق مسکونی، بخش وسیعی از این خانه ها در اثر آتش سوزی ویران شدند. به منظور جبران

خسارات ناشی از جنگ در بخش مسکن نیاز به ساخت سریع چهار میلیون واحد مسکونی بود که بازسازی مجدد خانه های ویران شده با روش سنتی معادل با صرف زمانی در حدود ۱۵۰ سال برای تولید الوارهای چوبی لازم جهت ساخت بود. دولت ژاپن برای سامان دهی به امر ساخت و ساز در کشور و فعال کردن کارخانجات تولیدکننده مسکن ، وزارت ساختمان را در این کشور تاسیس نمود.

این وزارتخانه برای تامین مسکن موردنیاز، سیاست های جدیدی را برای طراحی؛ تولید و ساخت مسکن ارائه نمود که از آن جمله می توان به استفاده از ساختمان های پیش ساخته با استفاده از مصالح ساختمانی غیر آتش زا؛ کوتاه کردن مدت زمان عملیات ساختمانی در کارگاه و نهایتا تلاش برای محافظت از منابع چوب اشاره کرد. با توجه به این دیدگاه بکارگیری قطعات فولادی سرد نورد شده در بخش مسکن به سرعت پذیرفته شد و صنعت فولاد ژاپن اقدام به ساخت قطعات فرم داده شده از ورق فولادی با ضخامت نازک جهت جایگزین کردن با قطعات چوبی نمود. لذا از سال ۱۹۵۰ سهم سازه LSF در ساخت و ساز مسکن ژاپن افزایش قابل توجهی یافت. همان طور که ذکر شده سیستم ساختمانی قاب فولادی سبک موسوم به سازه LSF با استفاده از مقاطع فولادی سرد نورد شده برپا می شود.

## پهپاد در صنعت ساختمان سازی ، یک تکنولوژی نوین

از سری تکنولوژی های نوین ساختمانی میتوان در اینجا به پهپادها نیز اشاره کرد. این پرنده های کوچک که بر فراز یک پروژه پرواز می کنند، اطلاعات مورد نیاز مهندسان را ضبط کرده و برای آنها می فرستند. پهپادها برای پروژه های خیلی بزرگ و ساختمان های خیلی بلند مورد استفاده قرار می گیرند و جایگزین نیروی انسانی می شوند. خطرات جانی که برای نیروی انسانی در این مواقع به وجود می آمد با ورود پهپادها به این عرصه از بین رفت.

## مدل سازی اطلاعات ساختمان Building information modelling

این تکنولوژی نیز تاثیر شگرفی بر پیشرفت صنعت ساختمان سازی گذاشته است. با مدل سازی اطلاعات یک ساختمان، بسیاری از نقص ها مثل تاخیر در اتمام پروژه، برنامه ریزی، کنترل کیفیت و امثال این ها جبران شده و کارکرد ساخت یک ساختمان بهبود می یابد. وظیفه اصلی این فناوری انتقال دیجیتال اطلاعات ساختمان به افراد مربوطه است و این کار با نصب حسگرهای مختلف مثل حسگر حرارت و فشار در قسمت های مختلف یک ساختمان امکان پذیر شده است. مدل سازی اطلاعات در این دوره یک رکن اصلی در ساختمان سازی به شمار می رود که طراحان برای مسائل مختلف از آن بهره می گیرند.

## خودکارسازی صنعت ساخت و ساز Automation

قطعا صنعت ساخت و ساز ماشینی شده با صنعت قدیمی تر متفاوت است. امروزه بخش های مختلفی از صنعت ساختمان سازی ماشینی و خودکارسازی شده است. تسهیل در انجام پروژه، سرعت اتمام کار، انجام کارهای پیچیده و سخت، افزایش ایمنی، کنترل کیفی راحت تر و غیره با این فناوری پوشش داده شده اند. در واقع این تکنولوژی تمامی مراحل کار از ابتدا تا انتها را کنترل می کند و این امر سبب افزایش بهره وری نیز شده است.

## تکنولوژی ابر Cloud

پردازش ابری، تکنولوژی بسیار پر قدرتی است که با سرعت بسیار زیاد جای خود را در صنعت ساختمان سازی باز کرده است. این فناوری چنان پیشرفته و کاربردی است که امکان انجام مدل های ساختمانی در مقیاس بزرگ تر و وفق شدن با بازار را به مهندسان و طراحان می دهد. با تکنولوژی ابر مهندسان می توانند دسترسی سریع تر و بهتری به اطلاعات و مدل های ساختمانی خود داشته باشند زیرا داده ها به صورت اتوماتیک برای آنها ذخیره می شود. مهندسان دیگر نباید نگران پاک شدن اطلاعات باشند زیرا فناوری ابر آنها را به صورت دائم و نامحدود ذخیره می کند.

## سیستم قاب فولادی نورد سرد

این فناوری نوین ساختمانی یک سیستم ساختمانی کامل است که به واسطه اتصالات پیچی تولید می شود. این سیستم ساختمانی متشکل از سه جزء اصلی، یعنی قاب های فولادی سرد نورد شده، لایه عایق صوتی و حرارتی و صفحات تخته گچی برای پوشش رویه است. این سیستم ساختمانی قابلیت ترکیب و انسجام با سیستم های دیگر همچون ساختمان های بتن آرمه را دارد و کاربرد آن بیشتر برای ساختمان های کوچک، دفاتر و خانه های دو طبقه است.

## سقف مجوف بتن مسلح

این سیستم که جزو فناوری های نوین ساختمان به شمار می رود متشکل از دو لایه بتن مسلح است که حد فاصل بین آنها از بلوک های سوراخ داری به نام U.boot پر شده است. جنس این بلوک های مکعبی از پلی اتیلن است و در ابعاد مختلف بسته به نیاز ساختمان و نظر مهندسین متغیر است. این سقف نوین برای جاهای لرزه خیز و ساختمان های چندین طبقه بیشتر مورد استفاده قرار می گیرد. تحقیقات نشان داده که استفاده از این نوع سقف به دلیل داشتن حالت فبری در اماکن زلزله خیز خسارات خیلی ناچیزی را به دنبال داشته است.

## ماشین آرماتور بندی

این دستگاه کاربردی همانطور که از نامش پیداست برای تولید آرماتورهای ساختمان مورد استفاده قرار می گیرد. با دستگاه آرماتوربند سرعت کار بسیار افزایش پیدا می کند و همچنین کیفیت آرماتورها نیز تضمین شده است. سیمی که برای آرماتوربندی در این دستگاه استفاده می شود میتواند از نوع گالوانیزه، استر و یا فولادی باشد. آرماتوربندی فونداسیون، دیوار، ستون و غیره با استفاده از این وسیله کاربردی انجام می شود.

## بلوک های ساخته شده با بتن گازی

این بلوک ها نیز از فناوری های نوین ساختمانی هستند و از بتن سبک یا همان بتن گازی تولید می شوند. بتن گازی موسوم به بتن اتوکلاو نوعی بتن سبک متخلخل است که جنس آن بر پایه آهک، سیلیس و سیمان می باشد. از این بلوک های سبک به عنوان عایق حرارتی در ساختمان استفاده می شود.

## صفحات عایق حرارتی XPS

این صفحات در واقع از جنس پلی استایرن و دارای یک بافت کاملاً تو در تو و بدون حفره هستند که آنها را عایق بسیار خوبی برای حرارت و رطوبت می کند. از ویژگی های این صفحات می توان به موارد زیر اشاره کرد: مقاومت فشاری بالا به دلیل عدم وجود حباب در آنها، جذب آب بسیار کم در آنها و در حدود فقط ۰.۲ درصد، عدم نفوذ مویینگی آب در آنها، امکان برش با هر ابزار تیز بدون نیاز به سیم داغ، ضریب انتقال حرارت بسیار بسیار پایین، نصب و اجرای بسیار راحت و تنها با چسب و یا پیچ.

## سیستم های سقف کوبیاکس cobiax

این نوع فناوری نوین ساختمانی نیز همانند سقف مجوف بتن مسلح از دو لایه بتن ساخته شده و تنها تفاوت آنها در مواد استفاده شده بین دو لایه بتن است. در این نوع سقف از گوی های هم اندازه از جنس پلی پروپیلن برای پر کردن خلأ بین لایه های بتن استفاده می شود. تعداد و نحوه جایگذاری گوی ها کاملاً بستگی به نوع پروژه و نظر مهندسین معمار دارد.

یکی از مهمترین عناصر سازه ای در ساختمان سقف می باشد. وظیفه اصلی سقف علاوه بر انسجام و یکپارچگی، توزیع بار جانبی می باشد. سقف با ایجاد یک دیالگرم صلب، نیروی زلزله را بدون کاهش نیرو به اجزای لرزه ای انتقال می دهد. ضخامت سقف بستگی به میزان بارهای اعمال شده و فاصله بین عناصر قائم از یکدیگر دارد. هر چه ضخامت سقف بیشتر شود، مصالح مصرفی و بالتبع آن میزان وزن سقف بیشتر می شود. با توجه به توضیحات فوق، برای ایجاد سازه ای با عملکرد بهتر، شیوه های نوین ساختمانی تدوین شده است که استفاده از دال های مجوف یوبوت و کوبیاکس و همچنین سیستم عرشه فولادی انواعی از آن ها میباشند.

### معرفی دال مجوف:

شکل I دال مجوف همانند یک سیستم دال دو طرفه عمل می کند. استفاده از این سیستم باعث می گردد که در سازه تیرهای زیادی بوجود آید. این امر صلبیت بیشتر دال را بوجود خواهد آورد. در نتیجه میتوان از آن در جهت رویکرد بهتر سازه استفاده نمود. ایجاد فضاهای خالی نیز باعث می گردد که از استفاده بتن در نقاط غیر بحرانی جلوگیری شود که خود کاهش وزن سازه را در پی خواهد داشت. از لحاظ تاثیر بر روی طراحی سازه، می توان به کاهش ۳۵٪ بار مرده دال در مقایسه با سیستم صلب تحت شرایط یکسان، فاصله ستون ها، افزایش ارتفاع طبقات، اندازه میلگرد ستون ها، تاثیرات لرزه ای و پایداری سازه ای نام برد. عموماً دال مجوف دارای ضخامت کمتری نسبت به سیستم صلب، تحت شرایط یکسان می باشد با این تفاوت که نیاز به تیر در دال مجوف نمی باشد. این کاهش ضخامت باعث می شود که طراح در ارتفاع سازه آزادی عمل بیشتری دارد.

ابعاد ستون رابطه مستقیم با وزن سازه دارد. هر چه وزن دال کمتر باشد ستون دارای ابعاد کمتری می باشد. ابعاد کمتر ستون نیز کاهش قطر و تعداد میلگرد را در بر خواهد داشت. در بعضی از موارد ابعاد ستون در حدود ۴۰٪ با استفاده از دال مجوف کاهش پیدا کرده است. یکی از مزایای استفاده از این روش، عملکرد مناسب لرزه ای می باشد. در اینصورت اجزاء مقاوم [در برابر نیروی لرزه ای دارای ابعاد کوچکتر می گردد.

### دال مجوف یوبوت:

را جهت اجرای کف ( IGLU ) پس از سالها تجربه به عنوان مهندس ساختمان، مهندس روبرتو ایل گراند محصول ایگلو مجوف و بالا آوردن کف ساختمان به منظور پیشگیری از نفوذ رطوبت و گاز رادون سطح زمین به داخل ساختمان اختراع و ثبت و سپس شرکت دالی فرم را جهت تولید این محصول تاسیس نمود. سادگی و سرعت در اجرا و مصرف کم بتن و میلگرد از مشخصه های این محصول و سیستم مرتبط است که دستیابی به بهره وری بالا را امکان پذیر می سازد و به همین دلیل کاربرد آن به سرعت در ایتالیا و سپس سایر کشورهای اروپایی گسترش یافته و نحوه اجرای ساختمانها را تغییر داده است. محصول ایگلو محصول بسیار سودمندی است که نه تنها در مقابله با رطوبت و گاز رادون به کار می رود بلکه در کف سازی ساختمانها و فضاهای صنعتی نیز کاربرد دارد.

و سیستم مرتبط با آن را جهت اجرای U-BOOT پس از موفقیت گسترده ایگلو، شرکت دالی فرم محصول یوبوت سقف ساختمان ها به صورت دال دوطرفه، طراحی و تولید نمود. کاهش میزان مصرف بتن و میلگرد و بهینه سازی دال بتنی سقف با پرهیز از استفاده از بتن در نقاطی که نیاز بدان نیست، از مشخصات این سیستم است. سبک سازی حاصل از این روش که باعث کاهش بار وارده بر سازه میشود و همزمان با آن توزیع متقارن نیروهای جانبی، کاهش تعداد و ابعاد ستونها را امکان پذیر می سازد. استفاده مهندسان و معماران سرشناس اروپایی از این سیستم، گواه گویایی بر کارآمدی آن است.

### انواع قالب دال مجوف یوبوت در ایران:

- قالب یوبوت تک
- قالب یوبوت دوبل
- قالب یوبوت اصلاح شده
- قالب یوبوت پلی استایرن

### قالب یوبوت دوبل:

این قالب ها که میتوان از آنها به عنوان نسل دوم یوبوت نام برد، با افزایش تجربیات استفاده از این سیستم در ایران و بررسی های بیشتر مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن ساخته شد. از آنجایی که ورود بتن به داخل یوبوت های تک باعث از بین رفتن فرض اولیه طراحی می گردد. لذا مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن در ضوابط جدید ارئه شده، بسته بودن حجم یوبوت از تمام جهات را اجباری دانسته است. این امر باعث تولید قالب های دوبل با حجم کاملاً بسته شد. شکل و ابعاد این قالب ها (دقیقا مشابه قال های تک می باشد با این تفاوت که از دو تکه بر روی هم ساخته می شوند).



ابعاد این قالب ها ۵۲×۵۲ سانتیمتر و به صورت دو تکه روی هم می باشد این قالب ها دارای بند هایی در چهار طرف خود هستند که علاوه بر تعیین فاصله بین قالب ها بنا به سلیقه طراح، باعث حرکت کمتر یوبوت ها در هنگام بتن ریزی می گردد. وجود پایه های موجود در زیر قالب یوبوت با ارتفاع های مختلف باعث ایجاد لایه پایین با ضخامت های مختلف می شود و تعادل یوبوت را به دلیل قرار گرفتن کامل بر روی کف برقرار می کند. دال های مجوف یوبوت با پوشش ۵-۷ سانتیمتر بتن در زیر و ۱۰-۱۵ سانتیمتر بر روی قالب یوبوت باعث ایجاد دیافراگم صلب با وزن کم می شود. حداقل ضخامت دال با استفاده از سیستم دال مجوف یوبوت را می توان ۲۸ سانتیمتر در نظر گرفت.

### مزایا و معایب

از مزایای آن میتوان به کاهش هزینه اجرا، مقاوم بودن در برابر آتش و انتقال ناچیز صدا اشاره کرد. همچنین دو تکه بودن این قالب ها باعث می گردد حجم مورد نیاز در حمل و انبار کاهش یابد. از معایب این نوع قالب می توان به زمان بر بودن نسبت به قالب یوبوت تک اشاره نمود.

### نحوه اجرا سازه با سیستم دال مجوف یوبوت:

۱. بستن قالب کف
۲. بستن آرماتور شبکه پایین در زیر یوبوت
۳. چیدن یوبوت بر روی سقف (فاصله یوبوت ها از یکدیگر ۱۰-۱۲ سانتیمتر)
۴. بستن شبکه آرماتور بالای یوبوت
۵. بتن ریزی مرحله اول (بتن همراه با روان کننده می باشد تا هنگام ویریه زدن بتن به تمامی قسمت های دال برسد)
۶. بتن ریزی مرحله دوم (همان بتن معمولی می باشد که بر روی بتن مرحله اول ریخته می شود)
۷. باز کردن قالب

## دال مجوف کوبیاکس

از جمله فناوری های جدید سیستم سقف کوبیاکس می باشد. مطالعات در زمینه سبک سازی و حذف بتن ناکارآمد از سال ۱۹۸۵ در دانشگاه های آلمان و مجموعه شرکت های گروه فناوری های کوبیاکس در سال ۱۹۹۷ با همراهی مهندسين و متخصصین از سوئیس و دیگر کشورهای اتحادیه اروپا پایه ریزی و تاسیس شده است و اکنون تبدیل به یک مجموعه متخصص در مورد اسلب های تخت سبک با بتن مسلح شده است.

سقف های بتن مسلح به دلیل نیاز به کنترل تغییر شکل ها و ترک ها بسیار مورد توجه و گاه محدود به دهانه های کوچک میشوند. حال اگر سقف های بتن مسلح به ویژه دال ها را به نحوی بهبود بخشید که بتواند علاوه بر تامین ضوابط کنترلی در مقایسه با دال های مشابه از وزن کمتری برخوردار باشند میتوان به شیوه جدیدی در روش اجرای دال های بتن مسلح دست یافت. اساس طراحی کوبیاکس قرار دادن توپ های توخالی از جنس پلی اتیلن فشرده و یا پلی پروپیلن در هسته مرکزی جهت ایجاد قفسه های مدولار مسلح می باشد. این قفسه های مسلح مابین دو لایه میلگرد زیرین و رویی دال قرار میگیرد. هدف اصلی از این سیستم حذف بتن غیر باربر از درون حجم دال در جهت سبک سازی آن میباشد که سبب می شود ۵۳ درصد وزن کمتری نسبت به یک دال مشابه توپر پیدا نماید. بنابراین مهمترین ویژگی این سیستم را میتوان سبکی قابل ملاحظه آن ذکر نمود که همزمان با انعطاف پذیری بالا و باربری در هر دو جهت می تواند آزادی عمل مناسبی را از جهت بکارگیری و جانمایی المانهای باربر سازه ای برای طراح و محاسب به همراه آورد که در نهایت سبب لاغر نمودن اعضای باربر قائم و افزایش دهانه خواهد شد.

## انواع دال مجوف کوبیاکس

دال های مجوف با توجه به نحوه ساخت به سه دسته تقسیم میشوند:

- دال های مجوف بادکنکی ساده که مراحل ساخت آن بطور کامل در محل کارگاه انجام میگردد.
- دال های مجوف بادکنکی کاملاً پیش ساخته که تمام فرایند ساخت آن در کارخانه صورت می پذیرد و سپس برای استفاده به محل کارگاه ساختمانی حمل می گردد.
- دال مجوف بادکنکی نیمه پیش ساخته که در آن وجه پایینی با لایه بتنی پیش ساخته اجرا شده و این لایه در ساختمان جایگزین بخش افقی سازه می شود.

فناوری کوبیاکس ما را قادر میسازد تا بتوانیم کاربری ساختمان مورد نظر را پس از مدت زمانی در صورت تمایل تغییر دهیم زیرا که داشتن نقشه های معماری با دهانه های بزرگ و سقف دال بتنی تخت موجب میگردد تا انعطاف پذیری در تغییر کاربری های احتمالی آتی میسر شود. در مقایسه با سقف های کوبیاکس دال های توپر رایج خیزهای بسیار شدیدی را تجربه میکنند و تا به امروز اجرای دهانه های بزرگ تنها با بکارگیری روشهای پس کشیدگی و یا استفاده از تیر ممکن بوده است که این خود مستلزم تحمل هزینه های بالای طراحی و ساخت میباشد. دال تخت و سبک کوبیاکس جایگزینی ارزان تر جهت دستیابی به سازه ی با خیز کمتر در دهانه های بزرگتر می باشد. کوبیاکس در دو روش انجام می گیرد که با ارتفاع از هم مجزا شده اند به طوری که هم در ضخامت ۲۰ تا ۳۰ سانت ساخته و در نوع دیگر آن در ضخامت ۳۵ تا ۶۰ سانت ساخته میشود.



**CBCM-S "SLIM-LINE"**



**CBCM-E "ECO-LINE"**

### مزایای فنی سیستم کوبیاکس:

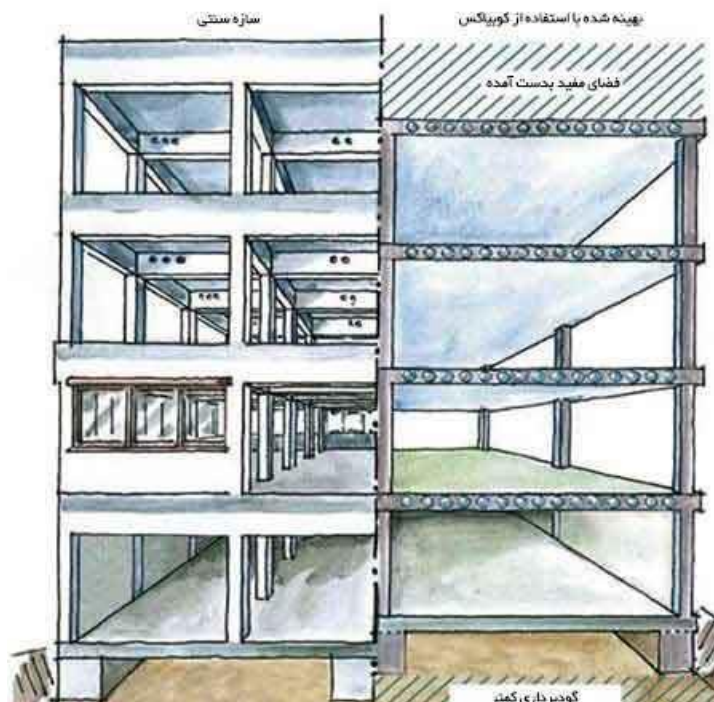
- ۱- باربری ۲ محوره
- ۲- بهینه سازی المان های عمودی مانند ستون ها و دیوارهای برشی (ستون های لاغرتر، کاهش ۴۰ درصدی حجمی و عددی ستون ها)
- ۳- بهینه سازی دال و فونداسیون (کاهش بارهای وارد بر پی، دال های تا ۳۰ درصد سبک تر)
- ۴- بهینه سازی المان های سخت کننده (کاهش بارهای افقی)
- ۵- کاهش ارتفاع کلی سازه (بهینه سازی ارتفاع سقف)
- ۶- کنترل خیز بهتر
- ۷- مقاومت بهتر در برابر نیروهای زلزله (کاهش اثر آسیب های لرزه ای، کاهش ارتفاع و سبک شدن سازه)
- ۸- حذف تمام تیرهای اصلی

### مزایای معماری سیستم کوبیاکس:

- ۱- انعطاف پذیری در پلان معماری (کاهش عددی ستون ها)
- ۲- قابلیت پذیرش کاربری های گوناگون.
- ۳- سهولت تغییر کاربری افقی و عمودی.
- ۴- امکان اجرای کنسول تا ۷ متر.
- ۵- امکان ایجاد بازشو در هر شکل و اندازه در سقف.
- ۶- افزایش فضای مفید (قابلیت اجرای دهانه تا ۱۸ متر بدون اجرای ستون)

### مزایای اقتصادی سیستم کوبیاکس:

- ۱- کاهش مصرف بتن.
- ۲- کاهش المان های سازه ای.
- ۳- کاهش مصرف آرماتور.
- ۴- کاهش زمان ساخت.
- ۵- کاهش هزینه های اجرای تأسیسات (حذف تیرها و مشکلات ناشی از آویز تیرها).
- ۶- کاهش ارتفاع کلی سازه به دلیل بهینه سازی ارتفاع سقف.
- ۷- ساخت آن بر روی زمین های با مقاومت فشاری کم چون وزن ساختمان کم است



### مقایسه سقف های سنتی با کوپریکس

همچنین سیستم های تاسیساتی مانند روش های سنتی در کوپریکس اجرا میشود بعلاوه اینکه در این سیستم دیگر نیازی به سقف کاذب نیست. از معایب این سقف می توان به داشتن فاصله ۰ سانتیمتری گوی ها در یک در طرف اشاره نمود زیرا به راحتی قابل محاسبه نمی باشد.

۴-۶ روش های اجرایی سیستم دال دو طرفه کوپریکس:

۱- آماده سازی قالب (قالب بندی)

۲- اجرای شبکه آرماتور تحتانی

۳- آماده سازی گوی ها

۴- جای گذاری گوی های کوپریکس

۵- جرای شبکه آرماتور فوقانی

۶- بتن ریزی

### سقف عرشه فولادی:

برای سال های متمادی هنگام استفاده از سیستم دال بتنی متکی بر تیرهای فولادی، بین تیرهای فولادی و دال بتنی هیچ گونه اتصالی برای انتقال برش در نظر گرفته نمی شد. هنگامی که دال بتنی سقف توسط تیر های فولادی تحمل شود و هیچگونه اتصالی برای انتقال برش بین دال بتنی و تیر فولادی وجود نداشته باشد ، دال بتنی و تیر فولادی به صورت غیر مرکب رفتار می نمایند. در سال های اخیر استفاده از تیرهای مرکب که در آنها تیر فولادی و دال بتنی با وسایل و تمهیدات

مناسب به یگدیگر متصل می شوند رواج زیادی یافته است. یکی از سیستم ها با عملکرد مرکب، تیر فولادی و دال بتنی سقفهای مرکب با عرشه فولادی است. تفاوت بارز این سیستم با سقف های مرکب رایج، وجود عرشه فولادی است که علاوه بر نقش قالب باربر و ماندگار به عنوان آرماتور کششی (ممان مثبت) تحتانی دال بتنی عمل می نماید. در ضمن ارتقاء کیفیت سقف از لحاظ لرزش و سرعت فوق العاده اجرا از دیگر مزایای این سیستم می باشد. در مجموع با استفاده از تیرهای مرکب که از ترکیب رفتار یک ماده فلزی با یک ماده غیرفلزی حاصل می شود می توان تا حد امکان از خواص و مزایای فولاد نظیر مقاومت بالا، شکل پذیری مناسب، حداکثر استفاده را به عمل آورد و معایب آن نظیر ضعف در مقابل انواع کمانش ها و خوردگی را به کمک پوشش بتن تا حدودی مرتفع نمود. در ضمن کاربرد تیرهای مرکب در پوشش سقف ها موجب صرفه جویی در مصرف فولاد، کاهش عمق تیر و افزایش استحکام سقف در مقابل بار های وارده می شود.

### معرفی فناوری و اجزای سقف های عرشه فولادی:

سقف های مرکب بتنی با عرشه فولادی از اجزای: عرشه فولادی، گل میخ های فولادی و دال مسلح بتنی تشکیل یافته است که بر روی شبکه تیرهای اصلی و فرعی فولادی قرار می گیرد. این سقف در آیین نامه فولاد ایران (مبحث دهم مقررات ملی ساختمان) تحت عنوان مقاطع مختلط با استفاده از ورق های دوزنقه ای معرفی شده است. همچنین الزامات این فناوری در مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن با عنوان سیستم دال مرکب فولادی - بتنی تدوین شده است. معیار های طراحی و انتخاب عرشه های فولادی بر اساس: دهانه مجاز باربری دال - عرشه، عملکرد مرکب با دال بتنی، میزان بار مرده ناشی از بتن مصرفی دال روی عرشه، میزان خاصیت اکوستیک و در نهایت صرفه اقتصادی سقف می باشد. از همین رو به منظور برآورده کردن مقاصد طراحی، عرشه های فولادی در انواع گوناگون از حیث: شکل، مقطع پروفیل عرشه، مشخصات هندسی و مکانیکی توسط تولید کنندگان این صنعت در کشورهای پیشرفته تولید و عرضه می گردد.

### ورق های فولادی:

ورق های گالوانیزه فولادی با ضخامت ۲،۱ تا ۸ میلیمتر اساسی ترین مصالح سقف های عرشه فولادی می باشد که به وسیله ماشین آلات "رل فرمینگ" به روش نورد سرد به اشکال با مقاطع دوزنقه درآمده و آج زده می شود. عرشه فولادی با مقطع دوزنقه ای شکل آجدار به عنوان یک قالب ماندگار مورد استفاده قرار می گیرد و با بتن به صورت مشترک نقش سازه ای ایفا می کند که باعث افزایش فاصله بین تیرهای فرعی تا ۵ متر بدون شمع بندی می گردد.



### برشگیر:

برشگیرها در واقع از مهمترین اجزای سقف عرشه فولادی هستند که باعث انتقال نیروی برشی در محل اتصال بتن و فولاد و در نهایت عملکرد مرکب تیر می شوند.

### آرماتور:

آرماتورها در موارد زیر می بایست استفاده گردند:

-مقاومت در برابر لنگر منفی در دهانه های ممتد و کنسول ها

-وجود بارهای متمرکز یا بازشو

-آرماتور افت و حرارت

-مقاومت کششی در برابر لنگر مثبت در صورتی که از عملکرد کششی ورق فولادی صرف نظر شود.

### بتن:

مقاومت فشاری بتن مورد استفاده با توجه به نوع بتن می تواند از ۲۰۰ تا ۳۰۰ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع متغیر باشد، که با توجه به نوع بارگذاری و مشخصات دهانه تعیین خواهد شد. در هنگام محاسبه مشخصات مقطع می بایست به جهت کنگره های ورق فولادی نسبت به تیر سازه ای موجود دقت نمود زیرا در صورت عمود بودن کنگره ها بر تیرهای سازه ای باید از بتن موجود در زیر سطح فوقانی ورق دوزنقه ای صرف نظر نمود.

### مراحل اجرای سقف عرشه فولادی:

روند اجرای سقف بدین صورت می باشد که پس از طراحی و مشخص شدن فواصل تیرهای فرعی نقشه های شاپ جهت جاگذاری صفحات بر روی دهانه های مختلف تهیه و دستور تولید به کارخانه داده می شود. پس از تولید صفحات بسته بندی شده توس ماشینهای حمل بار به محل پروژه ارسال و به وسیله جرثقیل و یا تاور مستقر در کارگاه بر روی اسکلت در ترازهای مختلف قرار داده می شود. سپس بر طبق نقشه صفحات بر روی تیرها پخش شده و توسط پرچهای مخصوص در جای خود ثابت می شوند. نقاط انتهایی عرشه بر روی تکیه گاه ها متصل می شوند. عرشه فولادی باید به کمک خال جوش های جرقه ای، جوشهای نواری، یا بسته های مکانیکی به تکیه گاههای ساختمانی متصل شود. میانگین فاصله گذاری اتصال عرشه به تکیه گاه های عمود بر دهانه پانل عرشه نباید بیش از ۴۰ میلیمتر باشد. در مرحله بعد برشگیرها بر روی بال تیرهای فرعی نصب میگردد که قبل از آن نکات ذیل باید مد نظر قرار گیرد:

-بال تیر آهن می بایست فاقد زنگ زدگی باشد. چرا که از اتصال صحیح گل میخ به بال جلوگیری می کند.

-بال تیر آهن باید عاری از هر گونه رطوبت و پلیسه باشد.

-نبایستی فاصله ای بین سطح زیرین ورق و بال تیر آهن وجود داشته باشد.

-حداقل ضخامت بال تیر آهن نباید کمتر از نسبت قطر گل میخ به ۲,۵ باشد.

لازم به ذکر است نقاطی از عرشه که در معرض ترافیک سنگین یا مداوم، بارهای متمرکز، بارهای ضربه ای، بارهای ناشی از چرخ خودروها و ... قرار می گیرند، باید به کمک چوب فرش (تخته بندی) یا سایر روشهای تائید شده محافظت شوند تا بدین ترتیب از بارهای اضافی یا صدمات احتمالی جلوگیری شود. سپس آرماتور افت و حرارت مورد نیاز به صورت شبکه بسته شده و در نهایت سقف آماده بتن ریزی می باشد. عملیات بتن ریزی با پمپ بتن صورت گرفته و توسط گروه بتن ریزی در سرتاسر سقف پخش می گردد. لازم به ذکر است با توجه به اینکه ورق های فولادی مانع از خروج شیره بتن بعد از بتن ریزی می شود، بتن سقف در شرایط ایده آل تری به عمل می آید و از مقاومت بالاتری برخوردار است.

## مزایای سقف عرشه فولادی

- سرعت بالای اجرا تا ۱۰ برابر سایر سقف ها و بازگشت سریع سرمایه.
  - کاهش وزن سازه تا ۲۲ کیلوگرم بر متر مربع.
  - کاهش وزن فنداسیون.
  - کاهش تعداد تیر های فولادی فرعی.
  - صرفه جویی در مصرف بتن.
  - عبور آسان و سالم تاسیسات از زیر سقف و دسترسی بالا به هنگام تعمیر یا تعویض.
  - ایجاد ی یک سکوی ایمن در هنگام اجرای سقف.
  - سازگار با هر نوع طراحی از نظر معماری و کاربری.
  - اجرای آسان داکت ها و رایزرها طبق نقشه های معماری و تاسیسات.
  - مقاومت پایدار در برابر نیروی زلزله و ارتعاشات.
  - امکان بتن ریزی روی کليه طبقات به طور همزمان.
- معایب:** ۱ - هزینه ی بالای اجرا ۲- مقاومت کم در برابر انتقال صوت و تحمل حرارت

## مقایسه:

با توجه به شناخت ویژگی های سیستم های دیافراگم مورد اشاره به مقایسه آنها با یکدیگر می پردازیم:

| پرکننده گروی                                                                        | یوبوت                                                                               |                                                            |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|
|  |  |                                                            |
| دارد                                                                                | دارد                                                                                | امکان پوشش دهانه ۸ متر                                     |
| با تیر آویزدار دارد                                                                 | دارد                                                                                | ایسه یوبوت با پرکننده گروی<br>امکان پوشش دهانه ۸ تا ۱۰ متر |
| ندارد                                                                               | دارد                                                                                | امکان پوشش دهانه بیش از ۱۰ متر                             |
| کم                                                                                  | متوسط                                                                               | سرعت اجرا                                                  |
| کم                                                                                  | متوسط                                                                               | سهولت اجرا                                                 |
| متوسط                                                                               | کم                                                                                  | هزینه اجرا و مصالح                                         |
| دارد                                                                                | ندارد                                                                               | بالا (دگی در هنگام بتن ریزی)                               |

## مقایسه سقف های یوبوت و کوبیاکس

| یوبوت                                                                             | کامپوزیت و عرشه فولادی                                                            |                                  |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|
|  |  |                                  |
| دارد                                                                              | دارد                                                                              | امکان پوشش دهانه بلند            |
| زیاد                                                                              | کم                                                                                | مقاومت در برابر انتقال صوت       |
| ندارد                                                                             | دارد                                                                              | نیاز به اجرای سقف کاذب           |
| متوسط                                                                             | زیاد                                                                              | سرعت و سهولت اجرا                |
| دارد                                                                              | ندارد                                                                             | مقاومت در برابر آتش              |
| کم                                                                                | زیاد                                                                              | هزینه اجرا در دهانه تا ۸ متر     |
| کم                                                                                | بسیار زیاد                                                                        | هزینه اجرا در دهانه بیش از ۸ متر |
| زیاد                                                                              | کم                                                                                | صلبیت سقف                        |
| ندارد                                                                             | دارد                                                                              | ارتفاع سقف                       |
| کم                                                                                | زیاد                                                                              | ضخامت سقف                        |

مقایسه سقف های یوبوت و عرشه فولادی



مراجع:

۱- متولی زاده اردکانی، نوشین، دشتی رحمت آبادی، محمد علی ( ۱۵۸۵ ) " بررسی سیستم سازه ای کوبیاکس و مزایای آن"،  
کنفرانس مصالح و سازه های نوین در علوم مهندسی عمران

۲- محمدی، عرفان ( ۱۵۸۰ ) " معرفی سیستم دال مجوف یوبوت " اولین همایش ملی استفاده از فن آوری ها و تکنولوژی های  
نوین طراحی، محاسبه و اجرا

۵- Mota, M(2009). Voided Two-way Flat Plate Slabs. Structure, (April)

۰- سایت بهسازان

۳- آل یاسین، سید حامد ( ۱۵۸۵ ) " بررسی سقف های عرشه فولادی " کنفرانس مهندسی عمران، معماری و مدیریت پایدار

شهری

تابش پور، محمدرضا، بررسی تطبیق آیین نامه های مختلف دنیا در مورد اثر دیوار پر کننده ی آجری، چهارمین همایش نگرشی بر  
آیین

نامه طراحی ساختمان ها در برابر زلزله (استاندارد 2800)، (مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن، 1388.  
دانشیان، داود، نوبهاری، افسانه، مرادخانی، مهسا، 1394، مصالح ساختمانی، چاپ اول، تهران، انتشارات دانشگاه پیام نور.  
رستگاری، اعظم، فقیه الاسلام جهرمی، مرضیه، معتمد، مهشید، بررسی تئینات آجرکاری در مساجد ایران، همایش ملی معماری و  
شهرسازی ایرانی اسلامی، دانشگاه پیام نور استان گیلان، 1394.  
سرتیپی پور، محسن، 1392، شناخت مواد و مصالح، تهران، شرکت چاپ و نشر کتاب های درسی ایران.  
هوشمند زاده، محمد، تحلیل و طراحی قاب های با دیوار آجری پر کننده، نخستین همایش مدیریت بحران در صنعت ساختمان، شریان  
های حیاتی و سازه های زیرزمینی، 1390

