www.icivil.ir

پرتال جامع دانشجویان و مهندسین عمران

ارائه کتابها و جزوات رایگان مهندسی عمران

بهترین و برترین مقالات روز عمران

انجمن های تخصصی مهندسی عمران

فروشگاه تخصصی مهندسی عمران

موضوع مقاله :بررسی انواع سقف

تهیه وتنظیم:سیدهومن حسینی

به توکل نام اعظمت...

بسم الله الرحمن الرحیم

مقدمه :

دیوارها می توانند هر فضایی را محصور نمایند ، اما سقف هر فضایی را امن می نماید. سقف ها به فضا آسایش می-بخشند و آنها را از هجوم عوامل طبیعی مانند آفتاب و برف و باران حفظ می نمایند. به کمک سقف ها همانطور که در یک قفسه کتابخانه دیده می شود می توانیم ساختمان را به طبقات متعدد تقسیم نماییم در حقیقت ، دیوارها محیط اطراف خود را در جهت افقی تقسیم می کنند و سقف ها محیط را در جهت قائم تقسیم می نمایند.

●مهم ترین ویژگی های یک سقف را می توان به ترتیب زیر برشمرد :

مقاومت و پایداری آن در برابر نیروهای وزن خود و بارهایی که قرار است سقف تحمل نماید که عمده ترین آن در بام بار برف می باشد. سقف باید به وسیله مصالح عایق مانع از عبور رطوبت به داخل فضا شود . دوام قطعات و اجزای مختلف تشکیل دهنده سقف در برابر فرسودگی. همچنین مقاومت در برابر گرما و سرما و آتش سوزی از جمله ویژگیهای یک سقف مناسب است .همچنین فاصله دهانه ها برای ستون گذاری نیز در انتخاب صحیح سقف نقش اساسی دارد.دراین مقاله سعی شده تمام سقف های موجود درجهان را موردبررسی قرار گیرد.

●معرفی کانال تلگرامی دنیای مهندسی(ادمین : سیدهومن حسینی)

متاسفانه اکثر ادمین ها مطالب کانال های دیگر راکپی میکنند واین موضوع باعث یکنواخت شدن کانال های موجود درتلگرام شده است.درکانال دنیای مهندسی سعی برآن است تا مطالب براساس نیاز دانش پژوهان و دانشجویان مهندسی عمران و معماری و مشتاقان علم با موضوعات مشخص تهیه و دراختیار این عزیزان قرارگیرد.همچنین کانال دنیای مهندسی سامانه پیامکی ای را راه اندازی نموده است که اعضای کانال میتوانند سوال یا مقاله درخواستی خود را ازطریق این سامانه ارسال و پیگیری نمایند.همچنین تمام پست های کانال شماره گذاری شده است تا نظم و انسجام وفهرست واری مطالب موجب راحتری در مطالعه وپیگیری اعضا باشد.

فهرست فصل های کانال دنیای مهندسی به شرح ذیل میباشد:

فصل اول:آموزش تمام نرم افزارهای مهندسی

فصل دوم: مجموعه کامل وکاربردی نرم افزارهای مهندسی ویژه تلفن های همراه

فصل سوم: مجموعه کامل پروژه های مهندسی(فولاد وبتن و راهسازی و...) ویژه دانشجویان

فصل چهارم: مجموعه آزمون های کارشناسی ارشد و دکترای دانشگاه سراسری و آزاد

فصل پنجم: موضوع آزاد(عکس و مستند و مقالات درخواستی و کتب و ائین نامه های مهندسی و...)

www.Telegram.me/WorldEngineering

●فهرست مطالب ●صفحه

۱-سقف چوبی ۴
۲-سقف طاق ضربی ۱۹
۳-سقف تیرچه بلوک ۲۲
۴- سقف سیاک ۴۷
۵- سقف کامپوزیت ۵۱
۶- سقف عرشه فولادی ۵۷
۷- سقف بیگیت(عرشه فولادی قوس دار) ۶۳
۸- سقف روفیکس ۶۹
۹-سقف حبابی ۱۲۴
۱۰- سقف کوبیاکس ۱۳۹
۱۱- سقف یوبوت ۱۵۳
۱۲- سقف هالوکور ۱۷۱
۱۳-سقف حفره ای وافل ۱۷۶
۱۴- سقف پیش تنیده ۱۸۴
۱۵- سقف دال بتنی ۲۲۶
۱۶- سقف تیردال ۲۴۳
۱۶,۱-سقف دابل تی ۲۴۰
۱۷-سقف LSF ۲۶۲
۱۸-سقف LCP ۲۷۰
۱۹-سقف TCF ۲۷۴
۲۰-سقف ICF ۲۹۷
۲۱-سقف LGS ۳۰۶
۲۲-سقف PBS ۳۱۲
۲۳-سقف CSF ۳۱۵
۲۴-سقف CSD ۳۱۶
۲۵- سقف های خرپایی یا فضایی ۳۱۸
۲۶-سقف های کـــــــــــــــاذب ۳۴۷
بررسی سقف ها از لحاظ دهـــانه ۳۵۵
پیوست دانستنیهای سقف ۳۵۶
منابع ۳۶۷

۱.سقف چوبی

●سازه های چوبی

چوب از قدیمی ترین مصالحی است که در اختیار بشر قرار گرفته است و به عنوان مواد اولیه در ساختمان سازی به کار می رفت. در فرهنگ های مختلف برای ساخت خانه از الوارهای چوبی و آجر استفاده می شد. اما با گذر زمان، کما کان اعتبار و جذابیت خود را حفظ کرده است. چوب دوام بالایی دارد و بسیار سبک است. به راحتی می توان از آن به عنوان مصالح در ساختمان استفاده کرد و هر طور که صاحب خانه خواست با توجه به سلیقه او خانه را با چوب تزئین کرد. اما استفاده از سازه های چوبی در ساختمان باعث باعث ایجاد ویژگی خاصی می شود که با تمام مصالح ساختمانی دیگر فرق دارد. پس معماران باید اطلاعات ضروری در مورد چوب و نقش آن در سازه های چوبی داشته باشند تا بتوانند کیفیت طراحی را بالا ببرند و از مصالح بهینه استفاده کنند.در سراسر دنیا صدها نوع چوب در مقیاس های متعدد مورد استفاده قرار می گیرند که با یکدیگر تفاوت های اساسی داشته و هرکدام ویژگی های منحصر به خودشان را دارند. اغلب از چوب در مراحل پایانی پروژه و برای زیباتر کردن کار استفاده می شود.

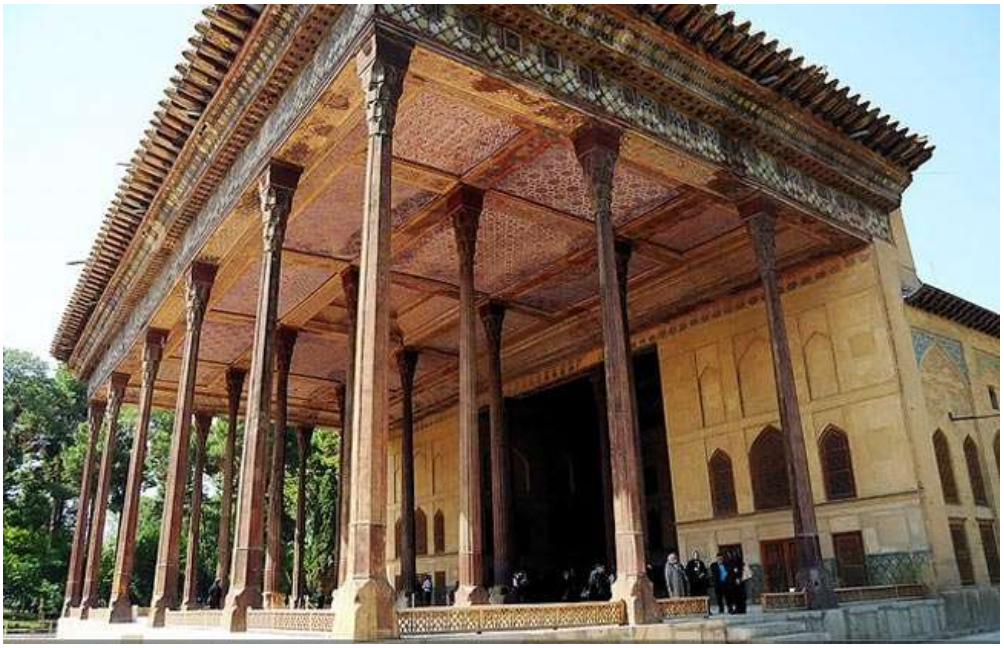
●پیشینه موارد استفاده از چوب:

استفاده از چوب در سازه در کشور ما قدمت زیادی دارد، همانگونه که می دانیم در زمانهای دورتر به دلیل نبود فلز ،چوب کاربرد فراوان و اثر گذاری در ساختمانها داشته است. آثار چوبی ۴۲۰۰ سال پیش از میلاد در ایران کشف شده است، در کاوشهای شوش شواهدی دال بر کلبه های چوبی را یافته اند. در حوالی رود هیرمند شهری با اسلوب شهرسازی و به طور منظم در هزاره سوم قبل از میلاد وجود داشته است .این شهر در یک آتش سوزی و زلزله منهدم شده است، کاوشهای باستان شناسی نشان می دهد که چوب در پوشش خارجی برخی از بناها، سقفها و نعل درگاه ها و تیرها به کار رفته است. در ۵۵۰ سال پیش از میلاد در سقف کاخ های عظیم و زیبای تخت جمشید چوب هایی از سدر مقاوم لبنان، چنارکرمان استفاده شده بود .که

متأسفانه پس از یورش اسکندر مقدونی پارسه به آتش کشیده شد. هرودوت دانشمند یونانی در کتاب خود از فارس و ایران چنین یاد می کند» :پارسه سرزمین بسیار سرسبز و دارای جنگلهای انبوه می باشد، اما متأسفانه امروزه این سرزمین خشک و بی آب و علف شده است.
در دوره ساسانی در کاخ های عظیم کسری و قصر شیرین از چوب استفاده شده است. در مواردی نیز از درهای چوبی با پوشش مسی و طره های چوبی با روکش فلز که نشان عظمت بنا بود استفاده شده است.
در بناهای دوره اسلامی درگنبد سازی جهت ضد زلزله نمودن آن ، در دوره ایلخانی و دوره تیموریان جهت تزئینات، در دوره صفویه در بناهای چهلستون)ستونهای چوبی چنار و سقف تالار مرکزی)عالی قاپو ،هشت بهشت و... و همچنین در دوره قاجار در کاروانسراها، حجره ها، مدارس، کاخهایی مانند کاخ گلستان، سلطنت آباد، شمس العماره، باغ ارم شیراز می بینیم چوب جایگاه خاصی داشته و دارد. در بسیاری از موارد حتی چوب به عنوان وسیله ای برای انتقال بار به زمین استفاده شده و یا به صورت شمع بکار رفته شده و می شود.

استفاده از چوب برای سازه عال قاپو

کاخ چهلستون، ۱۸ ستون چوبی و سیستم پوشش سقف چوبی



در ساختمان های چوبی از الوارهای درخت کاج استفاده می شود. اما نیازی نیست کسانی که پا به این عرصه می – گذارند حتماً مدارک کافی در مورد آناتومی و دانستن خواص فیزیکی و اساسی این ماده است.هنگام استفاده از چوب، آگاهی از این نکته مهم است که یک تکه از چوب، یک تیر یا تخته قسمتی از ارگانیزم نباتی یک درخت و رشد کیفیت آن منوط به محیط پیرامون اش است. هیچ تکه چوبی با تکه ای دیگر یکسان نیست. ویژگی آنها در درجه اول به دونوع درخت و در درجه دوم به وضعیت آن مطابق با تنه بستگی دارد.

تنه متشکل است از سلول های طولی لوله ای که انتقال مواد غذایی مورد نیاز برای رشد درخت را بر عهده دارند. دیوارهای سلولی که در برگیرنده حفره لوله ای هستند از سلولز و لیگنین(ماده ای پرکننده) ساخته شده اند. ساختار دیواره های سلولی و کالبد سلول، تعیین کننده قدرت چوب است.بر خلاف مصالح ساختمانی از قبیل بتن غیر مسلح یا بلوک های بنایی، چوب دارای ساختار مشخص تری است. مسیرهایی که مواد غذایی از آنها می گذرند و به شاخه ها می رسند باعث می شوند که مسیرهای مستقیمی در الوار ایجاد شود. رشد سلولی در بخش های مرکزی تنه که حفره مغز حرام نام دارد و قدیمی ترین قسمت تنه است رخ می دهد. این مساله به مراحل رشد سالانه که در مناطق معتدل عموماً از آوریل تا سپتامبر رخ می دهد بستگی دارد و حلقه های سالانه را بوجود می آورد.

ویژگی های تحمل باریک سازه چوبی اساساً بابارگذاری در عرض مسیر بافت یا موازی با آن تعیین می شوند. بنابراین نقشه ها باید حاوی اطلاعاتی درباره دستورالعمل نصب باشند. در برش ها، هاشورزدگی نشان دهنده آن است که آیاچوب در عرض یا به موازات بافت بریده شده است یا خیر.

فرآیند رشد به راحتی با نگاه کردن به برش عرضی تنه قابل فهم است. مطابق نوع چوب، ناحیه بیرونی(**Sapwood**، قسمتی از درخت که منتقل کننده آب و شیره است) تمایز کمتر یا بیشتری با موارد کهن سال تر که برش های داخلی مغز چوب هستند دارا می باشد. مغز چوب هیچگونه نقش تغذیه ای ندارد و از این رو خشک تر از قسمت های حامل شیره گیاهی است.

- تفاوت مغز چوب و بخش انتقال دهنده شیره را می توان به صورت زیر دسته بندی کرد:

  - درختان مغز چوبی
  - درختان دارای بافت منعقد شده
  - درختان شیره ای (انتقال دهنده شیره)

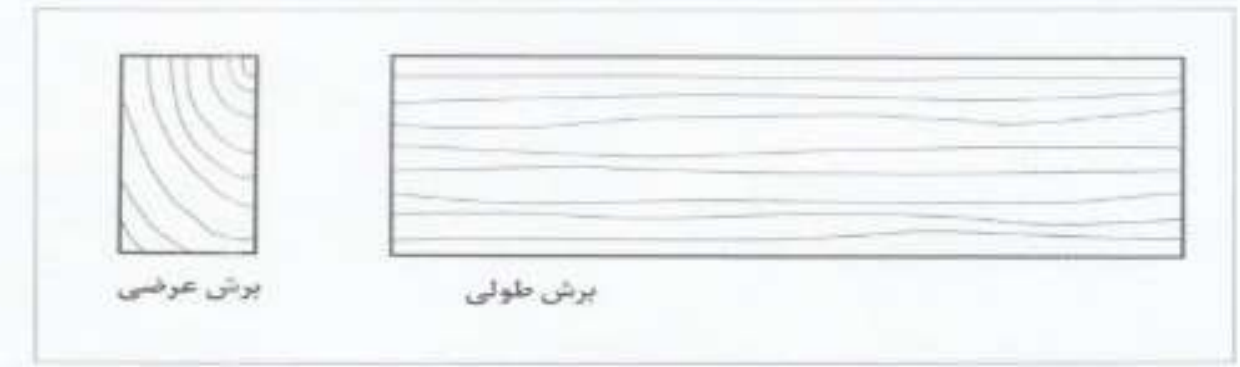
درختان مغز چوبی دارای هسته تیره هستند و در میان آنها شیره روشنی وجود دارد. وجود چنین شیره ای در هسته درختان باعث می شود که به طور خاص به عنوان درختان پایدار در برابر تغییرات آب و هوایی مورد توجه قرار گیرند. از جمله این درختان می توان به کاج، کاج اروپایی، صنوبر و درخت گردو اشاره کرد. در درختان دارای بافت منعقد شده هیچ تفاوتی بین رنگ هسته چوب و شیره وجود ندارد و تنها تفاوت آنها در رطوبت شان است. هر دو دارای رنگ روشنی هستند، مغز این درخت ها خشک و شیره آنها چسبناک است. درختان کاج، میلاد، شاه درخت، راش و افرا از این گونه هستند. در درختان شیره ای بر خلاف دو مورد فوق هیچ تفاوتی در رنگ و چسبناکی شیره و هسته وجود ندارد. درختان غوشا، توسکا و تبریزی از این نوع هستند.

- **انواع برش در چوب**

به دلیل اختلافی که در حجم آب بخش شیره ای و هسته درخت وجود دارد، نرخ انقباض در این دو بخش متفاوت است. این اتفاق در حلقه هایی که سالانه ایجاد می شوند هم دیده می شود. بنابراین الوارها رفته رفته خمیده می – شوند.الوارها را می توان به طور مماس یا به صورت محوری برش داد. نوع برش ها بر مقدار حجم تأثیر می گذارد. در انواع مختلف چوب، مقدار انقباض در برش های مماسی بیشتر از برش های محوری است. این مقدار گاهی به بیش از دوبرابر می رسد. انقباض (آب گرفتگی) طولی بسیا ناچیز است.

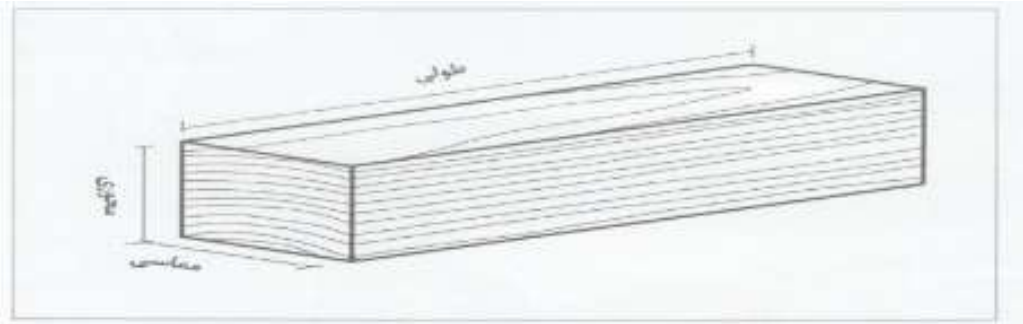
یکی از مهم ترین مواردی که در سازه های چوبی باید به آن توجه داشت عامل تغییر مکان در چوب بر اثر انقباض و آماس است. برای این امر می توان در میان الوارها فاصله انداخت. تخته های الوار را می توان با یک پیچ از هم جدا کرد. این پیچ در میان الوار یا در کناره ها قرار می گیرد. با این کار امکان حرکت عرضی برای الوار فراهم می آید.

تفاوتی که در میزان این انقباض ها وجود دارد باعث می شود برش الوارهایی که از یک تنه ایجاد می شوند با زوایای مختلف انجام شده و هر کدام به نحو متفاوتی دچار خمیدگی شوند. قوس هایی که درالوارها ایجاد می شوند سبب می گردند حلقه های سالانه کوچکتر شوند. تنها تخته هایی که درمرکز تنه قرار دارند مستقیم باقی می مانند. البته بخش شیره ای درخت نیز لاغر می شود.

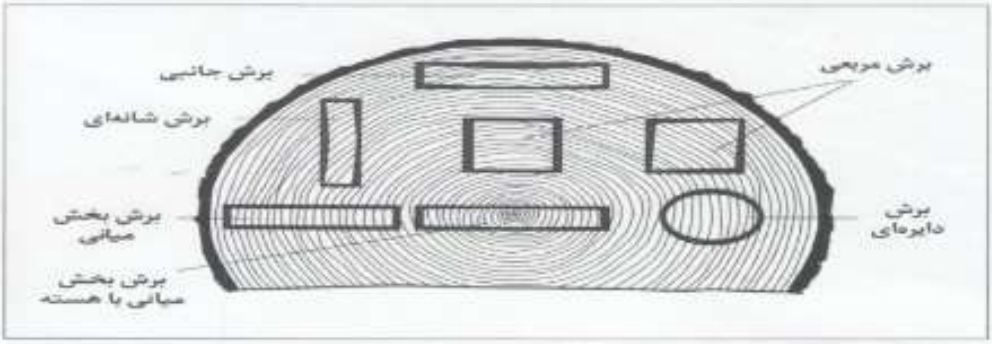


تصویر(۱) برش مقطعی و طولی

تصویر(۲) برش مقطعی از درختان هسته چوبی، شیره‌ای و درختان بافت منعقدشده



تصویر(۳) نمای ایزومتریک از برش‌های مکعبی الوار که نماهای مماسی و محوری را نشان می‌دهد.



تصویر(۴) مقطع عرضی از تنه درخت، انواع برش

خلل و فرجی که در ساختار چوب وجود دارد یک عایق خوب محسوب می شود. ضریب انتقال حرارت الوارهای کاج بسیار خوب است.در درخت صنوبر و کاح ضریب انتقال حرارت .۱۳/ w/mk است.

این مقدار برای درخت راش .۲۳/w/mk است. در مقایسه با آجر با مقدار .۴۴/w/mk و در مقایسه با بتن که ضریب انتقال حرارت آن ۸/۱ w/mk است، چوب عایق گرمایی بهتری نسبت به مصالح ساختمانی دیگری است.

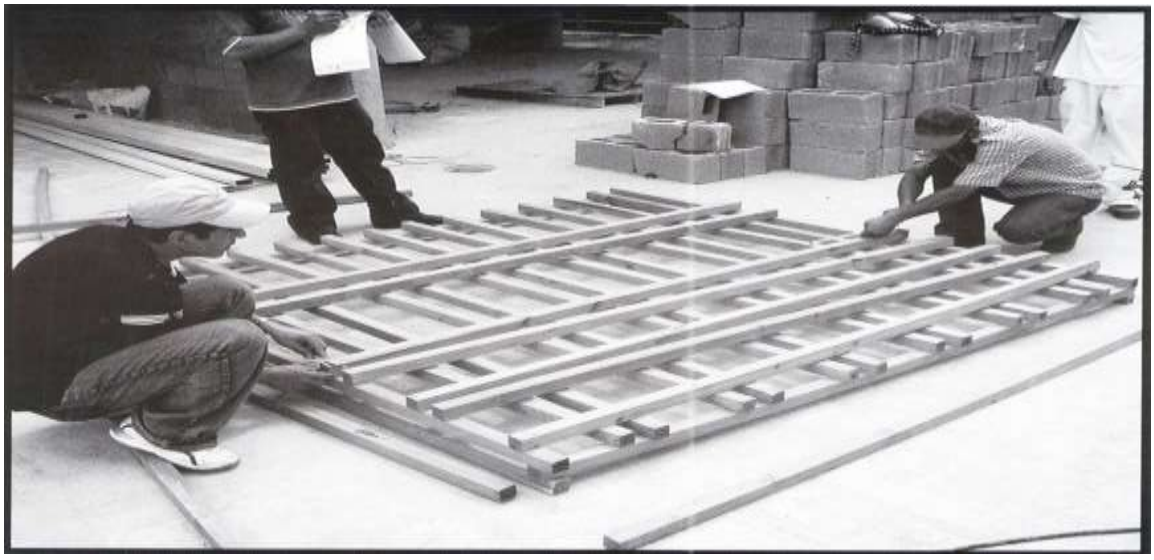
انبساط حرارتی چوب با فولاد و بتن فرق دارد و این مقدار آنقدر ناچیز است که می توان در ساخت و ساز ساختمان آن را در نظر نگرفت. چوب دارای چگالی خام بسیار کم است و این مشخصه باعث می شود توانایی نگهداری حرارت در آن نسبت به مصالح ساختمانی جامد دیگر، مثل ملات یا بتن، کمتر باشد. ضریب نگهداری گرما در الوارهای چوب درختان کاج و صنوبر برابر ۳۵۰ wh/mk است، در صورتی که این ضریب برای بتن استاندارد برابر ۶۶۰wh/mk است.

در شب سرد و روز گرم، تعادل گرمایی در الوارهای چوبی نسبت به سازه های دیگر کمتر اتفاق می افتد. چگالی غیر خالص پایین هم به این معنی است که چوب دارای ضریب عایق صوتی کمتری است، اما صدا را بهتر جذب می کند و این به خاطر سلول های بازی است که در بافت چوب قرار دارد.

برای به دست آوردن عایق صوتی و ظرفیت نگهداری گرما در ساختمان باید مصالح سنگین را با هم ترکیب کنیم. به طور مثال از مصالحی استفاده کنیم که چگالی غیر خالص چشمگیری داشته باشند، مثل فیبرهای سیمانی یا صفحات گچی که در دیوار از آنها استفاده می شود. این مصالح را می توان در سقف هم استفاده کرد، اما وزن سقف زیاد می شود. الوارهای چوبی که برش مقطعی بزرگی خورده اند، به نسبت آرام تر می سوزند. این به خاطر لایه های ذغال چوب است که باید از بخش بیرونی آتش بگیرند و به داخل سرایت کنند و این باعث می شود که توانایی

پیشروی کاهش یابد. این موضوع در یک تیر فولادی به طور کامل فرق می کند. به طور مثال اجزای فولادی به راحتی قابل احتراق نیستند، اما در دمای بالا تغییر فرم پیدا می کنند.

با افزایش نرخ آتش سوزی در چوب، مقدار رطوبت موجود کاهش می یابد. سرعت آتش سوزی در چوب های نرم حدود ۰/۶ تا ۰/۸ میلیمتر بر دقیقه و برای درخت بلوط حدود ۰/۴ میلیمتر بر دقیقه است. به علاوه رفتارهایی که از چوب در هنگام آتش سوزی سر می زند به بخش بیرونی چوب بستگی دارد. اگر مساحت زیادی از درخت برابر آتش یکسان قرار گیرد، مقاومت درخت نسبت به آتش کاهش پیدا می کند. این پدیده در شکاف های انقباضی کاملاًمشاهده می شود. به همین دلیل، چوبی که تعداد لایه های آن بیشتر باشد و مقدار شکاف های آن کمتر باشد، در برابر آتش مقاومت بهتری نشان می دهد. در چوب های سخت می توان مدت زمانی را که چوب می تواند در برابر آتش مقاومت کند را به دقت محاسبه نمود.



- توانایی تحمل بارگذاری

مطالعات انجام شده در آزمایشگاه و نیز روی اعضای سازه های چوبی نشان می دهد که اتصالات ساختمانهای چوبی دارای استحکام خوبی هستند و استخکام واقعی ساختمان از میزان محاسبه شده آن بیشتر است. برآورد شده است که امروزه با بکار گرفتن تکنولوژی جدید (مهندسی ارزش) می توان میزان مصرف چوب را در ساختمان حدود بیست تا سی درصد کاهش داد و این میزان صرفه جویی در ساخت تعداد بیشتر ساختمانهای چوبی تأثیر گذار است.

از طرف دیگر در کشوری همانند ایلات متحده امریکا و کانادا بیش از ۹۰ درصد سازه های ساخته شده قاب چوبی هستند. وقوع زلزله های مهیب در این مناطق باعث شده مهندسان به یک روش طراحی زلزله ای که به طور همزمان هر دو عامل ایمنی و محدود کردن خسارت اقتصادی را دارد، روی بیاورند. استفاده از روش طراحی زلزله ای بر اساس عملکرد به مهندسانی نیاز دارد که با تحلیل های دینامیکی آشنا باشند. پیشرفت های زیادی در زمینه مدل سازی کامل سازه های چوبی حاصل شده است ولی همچنان تکنیک هایی لازم است که به مهنداسان اجازه دهد عملکرد سازه ای قابل انتظاری را در شرایط بارگذاری لرزه ای ارزیابی کنند.

بر خلاف ملات، چوب می تواند نیروهای کششی و فشاری را تحمل کند، اما به دلیل ساختار سلولی، با قرار گرفتن در یک مسیر در حالت بحرانی قرار گیرد. اگر موازی محور بافت یا به عبارت دیگر در راستای محور طولی بارگذاری انجام شود، چوب می تواند چهار برابر نیروی فشار را تحمل کند؛ در صورتی که هنگام اعمال نیرو در راستای شعاعی اینگونه نیست. چوب ها ذر برابر نیروی کششی زیاد واکنش نشان می دهند. برای استفاده از چوب به عنوان مصالح ساختمانی، باید نحوه قرارگیری الوارها توجه کرد. همچنین باید الوارها در راستای طولی تحت فشار قرار گیرند، در این حالت بیشترین مقدار نیروی فشار و کششی را می تواند تحمل کند. مقدار توانایی تحمل در برابر نیروها به ضخامت دیواره سلول الوارها و همین طور به چگالی چوب بستگی دارد. بعضی از الوارهای سخت مثل کاج برای حالت هایی که بارگذاری فشاری دارند، بسیار مطلوب هستند. نوعی از درختان که شبیه کاج هستند و بافت آنها به صورت طولی است، برای بارگذاری خمشی بسیار مناسب هستند. زمانی که در ساختمان سازی از یک ماده طبیعی استفاده می کنیم، به دلیل رشد طبیعی و یک سری اختلالات طبیعی در رشد گیاه، نمی توان از همان ابتدا مقدار تحمل الوارها در برابر نیروهای مختلف تضمین کرد. به طور چشمی می توان بعضی از درختان را دسته بندی کرد و با استفاده از مکانیزم های خاصی تمام مشخصه های درخت اعم از ترک، چگالی خام، الاستیسیته و انحرافات موجود در بافت را تشخیص داد و برای فروش درجه بندی کرد.

جدول(۱) دسته‌بندی کلاس‌ها و درجه‌ها در استاندارد آلمان

توانایی تحمل نیرو	گرید	دسته‌بندی کلاس
بیشتر از میانگین	I	۱۳S
نرمال	II	۱۰S
کم	III	۷S

- چوب سخت

اصطلاح چوب سخت عبارت است از الوارهای گردی که پوست درخت از روی آنها کنده شده است یا برشی از چوب سخت باشند. الوارهای ساختمانی در کارخانه های چوب بری و الوارساز به صورت الوارهای مستطیلی تولید می شوند و به وصورت عرضی و طولی برش خورده می شوند.

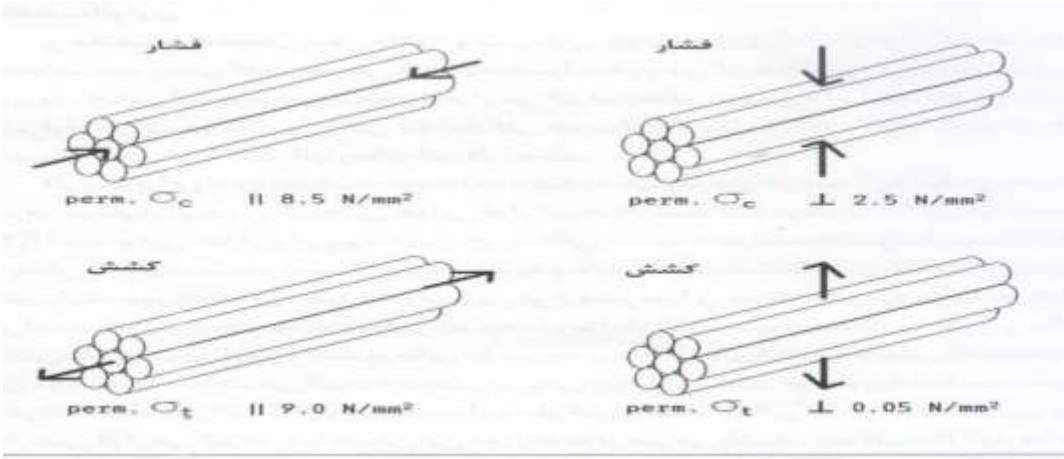
جدول(۲) مقطع عرضی از تفاله‌ها، تخته‌های ضخیم و الوارها

	Thickness t Height h [mm]	Width w [mm]
Lath	t ≤ 40	w < 80
Plank	t ≤ 40	w ≥ 80
Board	t > 40	w > 3d
Squared timber	w ≤ h ≤ 3w	w > 40

جدول(۳) مقطع عرضی از تفاله‌ها، تخته‌های ضخیم و الوارها

Lath cross sections	24/48, 30/50, 40/60
Thicknesses for planks	16, 18, 22, 24, 28, 38
Thicknesses for boards	44, 48, 50, 63, 70, 75
Thicknesses for planks/boards	80, 100, 115, 120, 125,140, 150, 160, 175

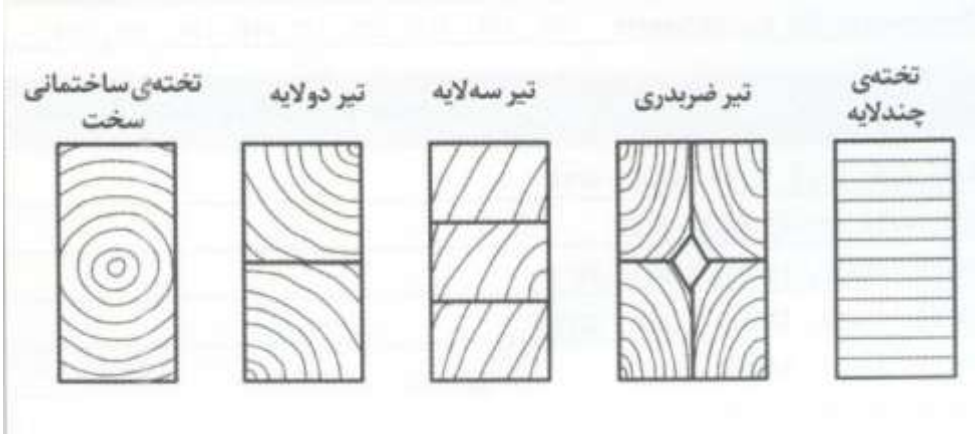
رایج ترین نوع الوارها در شمال و مرکز اروپا عبارتند از چوب های کاج میلاد، صنوبر، کاج، کاج اروپایی و یک نوع گیاه بلند همیشه بها.در آمریکا از گیاه همیشه بهار داگلاس، کاج کازولین و کاج قیدی برای الوار سازی استفاده میشود.این درجه بندی بر حسب مقدار مقاومت در برابرنیروها، ظاهر، ظرفیت رطوبت پذیری، محدودیت های موجود در عرض شکاف ها و همین طور کیفیت سطح انجام می شود. به کمک چسب می توان زبانه هایی که از هم جدا شده اند را به هم چسباند و با این کار استحکام چوب را در آن امتداد افزایش داد. این کار در الوارهای مستطیلی مرسوم است. همانطور که با چسباندن لایه های دو و سه تایی می توان کیفیت الوارها را در برابر نیروها بهبود بخشید، می توان از ۲ یا ۳ الوار نیز استفاده کرد و آنها را به طور موازی به یکدیگر چسباند.



تصویر (۵) نیروهای مجاز فشاری/کششی

در لایه های ضربدری، الوارها یک چهارم از الوار اصلی را تشکیل می دهند و با چسب به صورت موازی در کنار هم چسبانده می شوند. در این حالت، بخش های حلقه ای تصویر درخت تمایل دارند به سمت داخل خم شوند. بنابراین با ایجاد یک تیوپ مستطیلی تصویر در بخش اتصال چهار الوار به هم از چرخش الوارها جلوگیری می کنیم. الوارها چند لایه به هم چسبانده شده نیازمند یک سری اقدامات بسیار دقیق هستند تا بتوانند توانایی لازم را در برابر نیروهای مختلف داشته باشند. برای درست کردن الوارهای چند لایه باید از چوب ها به صورت موازی با هم قرار گرفته اند، آنها تحت فشار یکنواخت قرار می دهند. در این چسب ها از یک سری رزین های مصنوعی که خاصیت چسبندگی بالایی دارند استفاده می شود تا برای این چوب های چند لایه خاصیت ضد آبی ایجاد کند. این نوع رزین ها باعث تغییر رنگ چسب بین چوب ها می شوند. میزان این تغییر رنگ از روشن تا قهوه ای سوخته متغیر است.

قبل از اینکه عملیات چسب کاری یا هر کار دیگری روی این الوارها انجام شود، باید خوب خشک شوند و به صورت مکانیکی همه ترک های روی آنها برداشته شود. از این نوع الوارهای چند لایه در سازه هایی که عرض زیاد دارند استفاده می شود. این الوارها را می توان تا عرض cm۲۰۰ و طول m۵۰ تولید کرد.



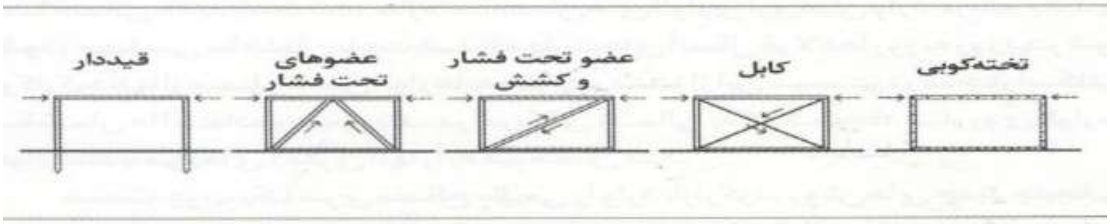
- انتخاب چوب

باید از چوبی استفاده کرد که بسیار خشک باشد. باید توجه داشت که رطوبت موجود در چوب کمتر از ۲۰٪ است. در بسیاری از کشورها، چوب ها را با توجه به مقاومت طبیعی آنها در برابر حشرات دسته بندی می کنند.این تقسیم بندی شامل هسته چوب درختان بلوط، اقاقیا، ساج و بنگومی است. در آمریکا هسته چوب درختان اقاقیای سیاه، گردوی سیاه و درخت ماحوت هم به این تقسیم بندی اضافه می شود.این نوع درختان می توانند بدون استفاده از محافظ شیمیایی در بخش هایی که در تماس با محیط مرطوب قرار دارند، کاربرد داشته باشند. اما زمانی که این چوب ها را در تماس با خاک قرار می دهیم، باید از محافظ های شیمیایی استفاده کنیم.

- تقویت

یکی از راه های احاطه بر نیروی افقی، مقاومت در برابر آنها است. اعضای مقاوم، به فونداسیون ساختمان متصل می شوند و برای بالا بردن استحکام ساختمان به کار می روند. با این کار انعطاف پذیری صلبی ایجاد می شود و از جا به جایی های جانبی جلوگیری به عمل می آید و همینطور از تغییر بیش از حد ساختمان پیشگیری می شود. یکی ازساده ترین و ابتدایی ترین روش ها برای جلوگیری از بروز خسارت، استفاده ازیک الوار بزرگ و نوک تیز است که آن را در زمین با فشار می رانند و به این ترتیب از جابجایی های کوچک ساختمان به خوبی جلوگیری می شود. مناسب ترین راه برای تقویت سازه های الواری، ایجاد یکسری دیوار و سقف صلب است. یک جعبه مقوایی را فرض کنید که تا زمانی که درب آن بسته نشود با اعمال یک فشار کوچک دریک گوشه از آن تبدیل به لوزی می شود اما زمانی که در مقطع سوم این تصویر، سرپوش افقی گذاشته می شود، سازه ای تقویت شده ایجاد می شود.عامل اصلی این سطح تقویت شده، زوایای ثابت آن است. در سازه های الواری به راحتی می توان اعضا را از هم جدا و زاویه مورد نظر را ایجاد کرد. یک سری قیدهای زاویه ای وجود دارد که حالت دیوارهای کناری را با زاویه مورد نظر ایجاد میکنند.

تصویر (۷) طرح سازه‌های پایدار (ورقه‌ای و صفحه‌ای)



تصویر (۸) سیستم‌های چوب‌کاری دیوار

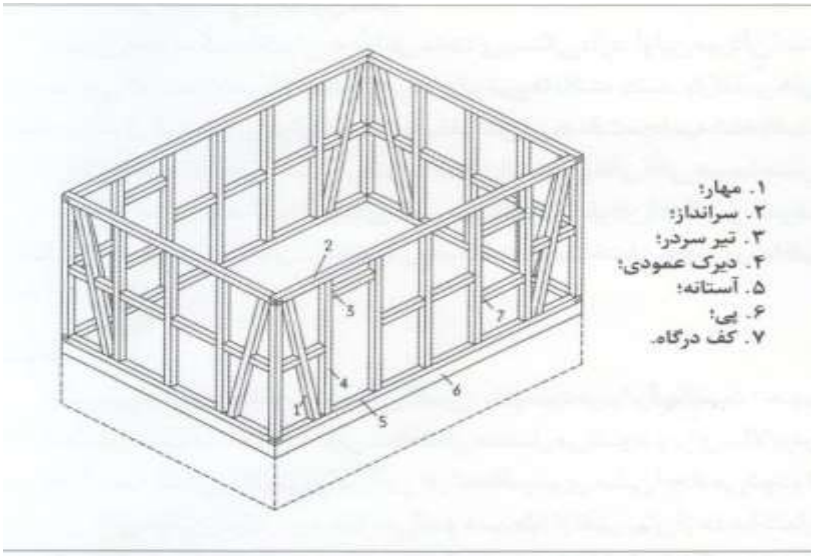
- با استفاده از دو عضو فشاری می تواند نیروهای ایجاد شده در هر مسیر را تحمل کند.
- با استفاده از عضوهای کششی و فشاری در زمانی که جهت بارگذاری تغییر کرد(از فشاری به کششی) می توان مسیر اعمال نیرو را تغییر داد.
- با استفاده از کابل های فولادی، فقط می توان نیروی کششی را تحمل کرد و در اینجا هم می توان با استفاده از چند کابل، مسیر اعمال نیرو را تغییر داد. با استفاده از تخته های تولیدی را از الوار و تخته های قطری و یک سری عناصر مسطح می توان تأثیرات قابل قبولی را برای استحکام ایجاد نمود. از این روش در طراحی سازه ای الواری استفاده می شود. یک سری امتیازات را می توان در میان سازه های چوبی ایجاد کرد.

●سازه های چوبی مرسوم

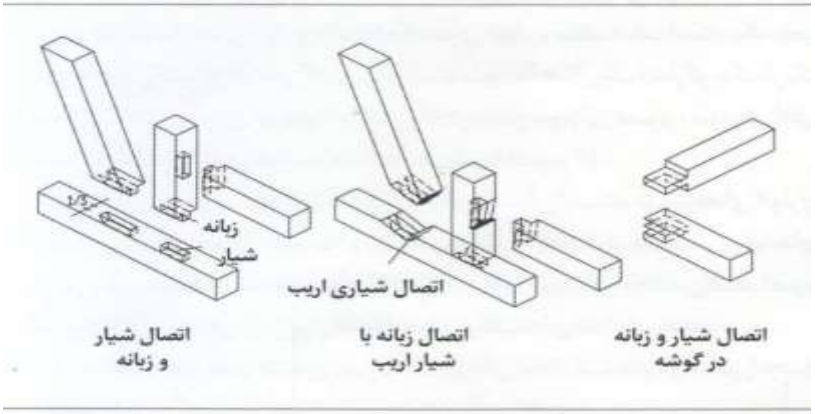
سازه های چوبی مرسوم به وضوح جریان نیروها را در ساختمان آشکار می سازند. به همین دلیل متخصصان آلمانی ها از واژه "Stilderkonstruktion" استفاده می کنند. این نوع از ساختمان ها به خاطر تمایز موجود در بخش های بارگذاری شده و بخش هایی که روی آنها باری اعمال نمی شود، جذابیت منحصر به فرد دارند. این جذابیت در بخش های میانی الوارها و دیوارها هم دیده می شود. فضاهایی که میان بخش های بارگذاری عمودی باقی می مانند با نام "پنل یا کوپه" معرفی می شوند. بخش های عمودی در ساختارهای الواری با ملات، خاک رس و نوعی حصیر بافته می شوند تا از تبادل هوا جلوگیری کنند. با پوشش دهی بخش های بیرونی ساختمان از خروج هوا جلوگیری می شود.اما باید از داخل هم یک سری پوشش دهی مناسب انجام شود. در جایی که بخش های پر شده تحت تأثیر نیروها قرار نگرفته اند می توان یک سری بازشو در دیواره ها نصب کرد. پنجره ها نمی توانند به طور تصادفی در بین دیوارها قرار گیرند اما می توان با دخالت دادن الوارها، نقاط زیادی را به عنوان جای پنجره انتخاب کرد. پس در سازه های چوبی، راحت تر می توان برای هر اتاق نور کافی تأمین کرد، در حالی که در ساختارهای جدولی اینگونه نیست.نوعی از سازه های چوبی(الواری) وجو دارد که با زبانه دار شدن یا ایجاد شیار به هم متصل می شوند. با این کار، قطعات با هم همتراز می شوند. همچنین از یک سری چوب های مورب دیوار استفاده می شود که نیروها را منتقل می کنند. سردری ها و قطعات دیگر ساختمان هم با زبانه دار شدن و ایجاد شیار به هم متصل می شوند.در اتصالاتی که با زبانه دار شدن قطعات، در کنار هم قرار می گیرند، الوارها به سه قسمت تقسیم می شوندو با ایجاد شیار و زبانه دار کردن قطعات، با هم چفت می شوند. عمق نقاطی که در آنها زبانه قرار می گیرد نباید از ۴cm بیشتر باشد، با این کار بخش هایی که در آنها زبانه ایجاد شده است، بی جهت تسلیم نیروهای وارده نمی شوند.

الوارهایی که درسقف به کار می روند از بخش بیرونی بیرونی اسکلت چوبی به راحتی دیده می شود. الوارهایی که در طبقه های بعدی استفاده می شنود روی این الوارها قرار می گیرند و معمولاً از بخش چارچوب شروع به اتصال دهی قطعات طبقه بندی می کنند. در ساختمان های چوبی که دارای دو طبقه یا بیشتر هستند، نیروی بیشتری در اسکلت ساختمان تحمل می شود و سقف های هر طبقه باید بین دیوارهای موجود آویخته شود. سازه های ساختمان های چوبی قدیمی معمولاً از چوب های سخت مثل بلوط ساخته می شدند. روش های ساخت ساختمان های چوبی در هر منطقه بامناطق دیگر متفاوت است. در آلمان اختلافات زیادی بین الوارهای ساکسون، آلبانی و فرانکونیان وجود دارد. اجزاء ساختمان ها هم در مناطق مختلف با هم فرق می کنند و حتی نام های آنها با هم فرق دارند.

فضای خای بین ستون ها معمولاً بین ۱۰۰ تا ۱۲۰ سانیمتر است، اما در ساختمان های چوبی قدیمی این مقدار کمتر بود و گاهی از این مقدار بیشتر لحاظ می شود. با توجه به تمام محدودیت های ساختاری، سازه های چوبی متفاوتی دیده می شوند که خلاقیت های خاصی در طراحی آنها وجود دارد. متولیان امور حفاظت از بناهای باستانی سعی بر آن دارند تا اختلافات موجود در هر سازه چوبی را با توجه به اقلیم خودش حفظ کنند.



تصویر (۹) نمای ایزومتریک سازه‌های چوبی مرسوم



تصویر (۱۰) نمای ایزومتریک اتصال‌های شیاری و زبانه‌دار کردن قطعات، اتصال چوب‌های مورب

•سبک سازی سقف

سبک سازی و کاهش وزن سازه ها، از مهمترین عواملی است که امروزه در طراحی و اجرای سازه ها در نظر می گیرند بخصوص در مواقعی که منطقه ای زلزله خیز باشد در این مواقع دیده شده که هرچه بار سازه ها کمتر باشد تلفات جانی کمتر می باشد، با نگاهی به زلزله های گذشته در می یابیم ساختمانهایی که بعد از زلزله بر جای مانده اند که در آنها مصالح سبکتری برای اسکلت و نازک کاری به کار رفته است. چوب به عنوان ماده ای با وزن سبک خود می تواند کمک زیادی به ساخت سازه ها نماید. خانه های ساخته شده با قاب چوبی از دیرباز عملکرد خوب در مناطق زلزله خیز داشته است در زلزله های مهیبی چون ۱۹۶۴ پرنس ویلیام آلاسکا با قدرت ۸/۴ و زلزله ۱۹۹۴ نرس ریج با قدرت۷/۸ریشتر، اکثر سازه های آن چوبی بودند و این عامل باعث شد که تلفات بسیار کم باشد .همچنین با توجه به آماری که در مورد ساختمانهای چوبی تحت اثر زلزله های شدید به دست آمده، بیشتر این قبیل خانه ها بعد از زلزله پا بر جا مانده اند یا متحمل خسارات سازه ای و غیر سازه ای کمی شده اند که به آسانی قابل ترمیم بوده و امکان قابلیت استفاده بی وقفه در آنها وجود داشته است. ارتفاع سازه های چوبی مقاوم در برابر زلزله در کشورهایی با منابع عظیم چوب مانند امریکا، کانادا، استرالیا و اروپای شرقی تا ۶ طبقه اجرا شده است. با توجه به ویژگی های این سیستم (سریع سازی، آسان سازی، سبکی و (... می توانیم در مواقع اضطراری از این سازه استفاده نمائیم. همچنین با توجه به منابع عظیم چوب در شمال ایران، از این سازه می توان بهره برد.به علاوه امروزه با توجه به هزینه های بتن و فولاد می توانیم چوب را جایگزین مناسبی برای این مواد نمائیم بهر حال امید است بتوانیم در جهت شناسایی بهتر این سازه این سیستم قدمی برداریم.

• ویژگی های کلی سیستم:

این سیستم با توجه به شاخصه هایی که دارا می باشد می تواند در مواقع اضطراری که نیاز مبرم به ساخت و ساز و بهره بری سریع به خصوص در مناطقی که منابع عظیم چوب همچون امریکا، کانادا، استرالیا، اروپای شرقی و حتی شمال ایران مورد استفاده قرار گیرد که متأسفانه امروزه شاهد هستیم در ساخت و سازهای امروزی در این منطقه به هیچ وجه به سازه های چوبی اهمیت داده نمی شود که مهمترین عامل این موضوع می تواند به دلیل عدم شناخت و آگاهی مردم سازه های چوبی و اطمینان به آن و همچنین کوتاهی سازمانهای مربوطه در زمینه ساخت و ساز در کشورمان باشد که به این سیستم توجهی نمی کنند..

•مهمترین دلایل کاربرد و ویژگی های این سیستم عبارت است از:

۱.سبک سازی.

۲.کاهش وزن ساختمان.

۳. ارزان بودن مصالح نسبت به سایر مصالح ساختمانی.

۴.محدود بودن خسارات اقتصادی به هنگام زلزله.

۵.سازگار با محیط زیست.

۶.عایق مناسب در برابر صوت.

۷.امکان بازیافت به چرخه طبیعت.

۸.زیبایی بصری و نمای جذاب.

۹.نیاز به نیروی انسانی کمتر در ساخت سازه.

۱۰.اجرای آسان و سریع سازه های چوبی.

۱۱.ایمنی سازه به هنگام زلزله به دلیل سبک بودن سازه و قالبیت بالای جذب انرژی زلزله.

●معایب سیستم سازه های چوبی:

با توجه به محاسناتی که هر سیستم سازه ای دارا می باشد، بطبع معایبی را نیز دارا می باشد که می توان این معایب را به حداقل رساند، با توجه به مهندسی ارزش که امروزه جهت اجرای پروژه ها بسیار حائز اهمیت شده است می توانیم از این مهم در استفاده و ایرادات را رفع و از این سیستم سازه ای استفاده بهینه تری نمائیم. متأسفانه بدلیل عدم آشنایی عمومی در بین جامعه به این سیستم ساختمانی و همین طور عدم اطمینان به آن و نمونه هایی از پروژه های این سیستم در کشور سازه های چوبی در کشور ما جایگاهی ندارد .

بطور کلی این سیستم دارای معایب زیر می باشد:

۱.ضعف در مقابل آتش سوزی

۲.خسارات اقتصادی درهنگام بروز زلزله در مقابل حفظ ایمنی جانی.

۳.عدم استفاده در همه مناطق کشور

۴.نیاز به ماشین آلات متنوع در مواقعی که ساختمان به روش پیش سازی انجام می شود.

۵.عدم استفاده در همه اقلیم های منطقه ای موجود در ایران.

۶.عدم استفاده دولت از این سیستم در پروژه های خود.

۷.نبودن نمونه های موفق این سیستم در کشور حتی در مناطق شمالی کشور.

●در ساخت خانه های چوبی به معیارهای ذیل توجه شده است:

۱.جنس و کیفیت سازه چوبی.

۲..مکانیزم استفاده از چوب با مقاومت بالا.

۳.استفاده از مصالح ساده، سبک و استفاده از عناصر مقاوم در برابر زلزله.

با توجه به معیارهای فوق می توان ساختمانی با عمر بیش از یکصد سال انتظار داشت. مهم ترین مورد در ساخت خانه های چوبی، توجه در ساختار محکم و پیوسته اعضا ساختمان می باشد. یک خانه چوبی را می توان متشکل از کف ها، دیوارها و سقف ها بدانیم. در ساخت خانه های چوبی F.H.T این عناصر توسط متخصصین در کارخانه طراحی و ساخته خواهند شد.بدین ترتیب کیفیت هر کدام از عناصر فوق، بالا می رود و امکان ترک، شکاف و کاهش مقاومت در آن به حداقل رسیده و ضریب اطمینان ایمنی خانه بالا می رود.

●ضوابط طراحی ساختمانهای چوبی:

همانند سایر سازه های متعارف قبل از شروع طراحی، ابتدا باید بارهای وارد به سازه های چوبی مشخص و معین باشد. این بارها باید توسط آئین نامه های ملی استاندارد ساختمان تهیه و یا در غیاب وجود چنین آئین نامه هایی باید از آئین نامه معتبر دیگری استفاده نمود. بطور کلی بارهای وارده بر سازه های چوبی بر اساس یک ضابطه باری می تواند معرفی شود که می توانیم آن به در یک تعریف کلی معرفی کنیم.

- **ضوابط بار :**

بارها به طور کلی به دو قسمت باز زنده و باز مرده تقسیم می شوند، که باز مرده شامل وزن ساختمان و وزن کلیه اشیائی که بطور دائم در یک جا نصب می شوند. و باز زنده بجز باز مرده به کلیه بارها شامل بار برف، باران، باد، زلزله، شُک، اشیای متحرک و انسانها می باشد. وزن بار مرده و زنده با توجه به نوع جنس مصالح ساختمانی متفاوت است در جدول زیر نمونه ای از انواع بارهای مرده و زنده یک ساختمان چوبی آورده شده است.

اطلاعاتی درباره بارهای وارده به بخشهای یک ساختمان چوبی :

بار مرده	نوع پوشش	بار زنده	محل بار
۶۲کیلو گرم/مترمربع	کف-چوب سوزنی برگ	۸۴کیلو گرم/مترمربع	اطاقهای خواب
۱۱۲کیلو گرم/مترمربع	موزائیک و سرامیک	۹۶کیلو گرم/مترمربع	سایر فضاها
۴۲کیلو گرم/مترمربع	آهن گالوانیزه و تیر چوبی	۸۲کیلو گرم/مترمربع	سقف های شیروانی

- **طراحی قسمتهای مختلف سازه های چوبی:**

۱- طراحی اعضای خمشی:

اعضای خمشی سازه های چوبی جز با مختصر تفاوتی که بخواص چوب مربوط است، همانند فلز و بتن مسلح طراحی می گردند. در طراحی اعضای خمشی نکات زیر مهمند:

الف)خیز اعضای تحت بارهای سرویس

ب)تنش خمشی حاصل از بار موثر

ج)تنش برشی در سطح محور خنثی و در محل اتصال جان و بال

د)تنش فشاری در محل تکیه گاه

۲-طراحی اعضای فشاری:

ستونهای چوبی :اکثر ستونهای چوبی دارای مقطع مربع مستطیل می باشند و برای حالتی که در دو انتها اتصال طولانی دارند، طراحی می گردند.

مهندسان ،ستونهای چوبی را بر اساس ضریب لاغری و مساعد بودن به کمانش به سه دسته تقسیم می نمایند:

الف) ستونهای کوتاه: ضریب لاغری ستونهای کوتاه و کمتر است. شکست ستونهای کوتاه تحت بار بعلت خرد شدن چوب در جهت الیاف صورت می گیرد. بار مجاز ستونهای کوتاه بر مبنای مقاومت فشاری چوب، موازی الیاف و سطح مقطع آنها تعیین می گردد.

ب) ستونهای بلند: آن دسته از ستونهایی هستند که از تئوری کمانش اولر تبعیت می کنند. ضریب لاغری ستونهای بلند، وابسته به مدول الاستیسیته و مقاومت فشاری چوب تجاوز می کند. ستونهای بلند تحت بار کمتر از مقداری که بتوانند سبب خرد شدن چوب گردد، کمانش حاصل می کنند.

ج) ستونهای متوسط : ضریب لاغری ستونهای متوسط رقمی است بین ۱۱ و مقدار .(۰,۶۷۱) k استقامت ستونهای متوسط کمتر از مقداری است که فرمول اولر در حدود تغییرات ضریب لاغری آنها پیش بینی می کند.

•طراحی و روش ساخت:

در رابطه با روش ساخت و طراحی سازه های چوبی اعم از پیش ساخته و یا سنتی باید موارد ذیل مورد بررسی قرار گیرد:

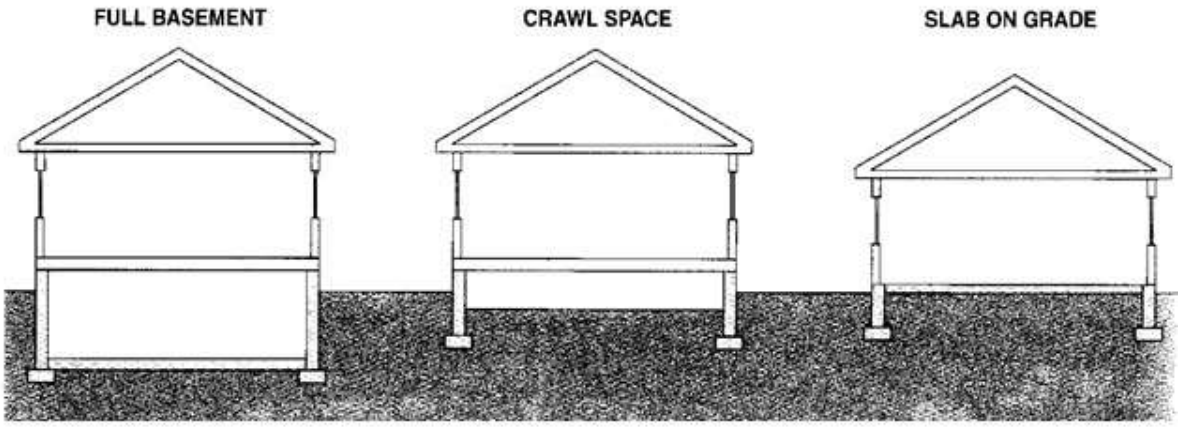
۱.سیستمهای فنداسیون

۲.سیستمهای کف

۳.سیستمهای دیوار

۴.سیستمهای بام و سقف

سه نوع فونداسیون در ساختمانهی چوبی



فونداسیون با زیر زمین فونداسیون گربه رو فونداسیون گسترده کف بتنی

۲.سقف طاق ضربی

سیستم طاق ضربی یکی از قدیمی ترین و سنتی ترین نوع سقف های رایج در کشور می باشد . جهت اجرای این سقف بین دو تیر موازی که در اصطلاح به آن پل گفته میشود تیرهای فرعی به موازات هم و عمود بر پل ها نصب میشوند .فاصله ی تیرهای فرعی معمولا بین ۰,۷ تا ۱,۲ متر میباشد و دهانه های قابل اجرا برای این نوع سقف ها حداکثر تا حدود ۵ متر میباشد .جهت اجرا این نوع سقف از آجر فشاری و ملات گچ و خاک استفاده میکنند.در این نوع سقف آجر فشاری را با ضربه دست و با فشار اندکی با ملات گچ وخاک به صورت قوسی کار میگذارند. علت اجرای قوسی این نوع سقفها انتقال بار وارده از سقف به تیرهای فرعی میباشد . مشکل عمده این نوع سقف لرزش بیش از حد آنها میباشد به گونه ای که حتی با راه رفتن بر روی این نوع سقف به لرزش در می آیند .معمولا برای جلوگیری از این عمل میلگردهایی به صورت ضربدری بین تیرهای فرعی زده میشود.همچنین با ریختن دوغاب گچ بر روی سقف و همچنین با ریختن ملات ماسه سیمان بین آجر فشاری و تیر فرعی باعث افزایش صلبیت سقف میشود.

این نوع سقف ها در سالهای نه چندان دور کاربرد بسیار فراوانی داشت که کاربرد آن به دلایل زیر بود :

-سرعت اجرای بالا

-در دسترس بودن مصالح

-عدم نیاز به تخصص اجرای بالا

- نکاتی که باید برای اجرای سقف طاق ضربی رعایت گردد :

-در سقف های طاق ضربی استفاده از آجرهای جوش ویا خام باعث ریزش طاق خواهد شد .

-در اجرای این سقفها زنجاب نمودن آجر قبل از استفاده حتمی و ضروری است .

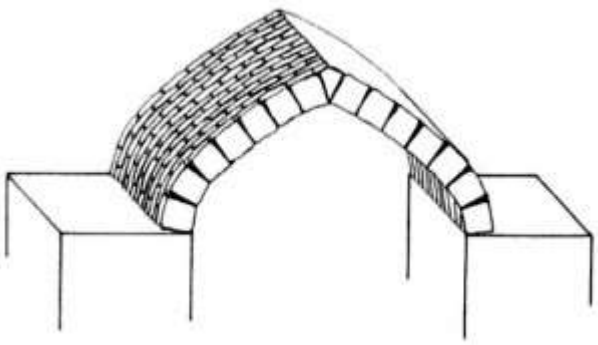
-در این سقفها حدالامکان تمام دهانه ها یکجا و بطور مساوی بایستی اجرا شوند .

-میزان و مقدار قوس مناسب بایستی در تمام طول دهانه ها رعایت گردد زیرا قوس زیاد باعث هدر رفتن اندود خواهد شد .

-ملات مصرفی در اجرای طاق ضربی ملات یک به دو میباشد .

-مطابق آیین نامه ۲۸۰۰ ایران تیر آهن ها بوسیله میلگرد یا تسمه ی فولادی بصورت ضربدری به یکدیگر بسته میشوند،بصورتی که اولا طول مستطیل ضربدری شده بیش از ۱,۵ برابر عرض آن نباشد و ثانیا مساحت تحت پوشش هر ضربدری از ۲۵متر مربع تجاوز ننماید.

طاق ضربی یکی از انواع سقف‌های سنتی ایران است که نمونه های بارز (با خیز نسبتا بلند) آن را می توان در بافت قدیمی شهر یزد دید. سهولت استفاده، پایین بودن هزینه ساخت و امکان تغییر بخش‌هایی از ساختمان بعد از استفاده از سقف طاق ضربی، از دلایل رواج این سقف بوده است



●مراحل اجرای طاق ضربی

۱.آماده کردن تیرآهن‌ها

تیرآهن‌های مصرفی باید کاملا سالم، بدون هیچ گونه پوسیدگی، ترک خوردگی باشند. در این مرحله نباید .تیرآهن‌ها را در فضای باز به مدت زمان طولانی و به مقدار زیاد انبار کرد

۲.تیرریزی

روش قرار دادن مستقیم سر تیرآهن‌ها بر روی دیوارهای آجری صحیح نیست، لذا باید از یک زیر سری بتنی در سراسر دیوار، در ترازی که تیرآهن‌ها قرار می‌گیرد به‌صورت یک کلاف بتنی سرتاسری استفاده نمود. در صورتی که سر تیرآهن‌ها را به‌صورت مستقیم بر روی دیوار قرار دهیم، به‌دلیل این‌که عرض بال تیرآهن نسبتا کم است و فشارهای وارده بر یک نقطه وارد می‌شود، امکان شکستن و خرد شدن آجر زیر تیرآهن وجود دارد. استفاده از کلاف افقی زیر سقف موجب می‌شود که بار زیر سقف به‌صورت یکنواخت به دیوار انتقال یابد. معمولا فواصل تیرآهن‌های طاق ضربی بین ۹۰ تا ۱۱۰ سانتی‌متر است. تیرآهن‌ها را به صفحات فولادی که پیش‌تر در کلاف افقی تعبیه شده‌اند جوش می‌دهند. صفحات یاد شده توسط آرماتورهای فلزی در بتن محکم شده‌اند. برای پاتاق یا .دهانه طاق ضربی نیز باید باید یک تکیه‌گاه مناسب در نظر گرفت

۳. نصب میل مهار

در سقف‌های ضربی ساده‌ترین روش برای جلوگیری از نزدیک و دور شدن تیرها در طول دهانه، استفاده از میل های سقف را باید توسط تسمه‌ها و آرماتورها فلزی حداقل ۱۰ میلی‌متری به‌صورت ضربدری مهار است. تیرآهن به‌یکدیگر متصل نمود. برای حداکثر ۲۵ متر مربع از یک عدد ضربدر استفاده می‌شود

●معایب سقف طاق ضربی

یکپارچه نبودن، عدم انسجام کافی، خوردگی آهن در تماس با سیلیکات گچ، لرزش در اثر محرکات محیطی و ایجاد ظاهر نامناسب در سقف سنگینی بسیار زیاد، عدم صلبیت دایافراگم سقف و تخریب در هنگام زلزله به شکل آوار که برای ساکنین خطرناک است امکان رد شدن تاسیسات مثل لوله از روی سقف امکان‌پذیر نیست مگر با افزایش ضخامت سقف که باعث سنگینی می‌شود از معایب استفاده از سقف‌های طاق ضربی می‌باشد.

●تبدیل سقف طاق ضربی به سقف کامپوزیت

سقف‌های طاق ضربی که متشکل است از سقف‌های آجری اجرا شده بین پروفیل های فولادی تحت زلزله بسیار آسیب پذیر می باشند. در ساختمان‌های بنایی خرابی این نوع سقف ها منجر به خرابی کل ساختمان می گردد که باعث از دست رفتن جان ساکنین می شود. یکی از بهترین روش‌های مقاوم سازی این سقف‌ها که معمولا برای سقف‌های پشت‌بام انجام می‌گردد، تبدیل آن به سقف کامپوزیت (مرکب) می‌باشد. برای این‌کار ابتدا کف‌سازی سقف تخریب شده و تمام نخاله‌های روی آن تخلیه می‌گردد. این مرحله ضمن کاهش وزن سقف و در نتیجه نیروهای لرزه‌ای وارد بر آن باعث ایجاد دسترسی به سطح آجری سقف و پروفیل‌های آن می‌گردد. پس از آن ناودانی‌هایی به عنوان برش‌گیر بر روی پروفیل‌های سقف توسط جوشکاری متصل می‌گردد و یک مش فولادی بر روی آن قرار می‌گیرد. سپس کل سقف بتن ریزی شده و سقف آسیب پذیر طاق ضربی به یک دال صلب و یکپارچه بتنی تبدیل می‌گردد .سقف کامپوزیت ضمن حفظ یکپارچگی سقف طاق ضربی و جلوگیری از ناپایداری آن باعث ایجاد صلبیت در دیافراگم و در نتیجه توزیع نیروی مطلوب‌تر بین المان‌های باربر جانبی می‌گردد.

شکل ۳-۱- نمایی از اجرای سقف طاق ضربی یک ساختمان اسکلت فولادی

۳.سقف تیرچه بلوک

سقف های تیرچه بلوک که خود نوعی دال یکطرفه می باشد ، از سه عنصر دال ، تیرچه و بلوک تشکیل یافته که تیرچه ها و بلوک ها خود انواع مختلفی دارند.این نوع سقف یکی از رایج ترین انواع سقف به حساب می آید. اجزای تشکیل دهنده سقف تیرچه – بلوک شامل تیرچه ، بلوک پرکننده و بتن وآرماتورحرراتی وآرماتور تقویتی برش (اوتکا) می باشد.دهانه های قابل اجرا برای این نوع سقف ها حداکثر تا حدود ۷ متر میباشد.

یکی از متداول ترین و رایج ترین سقف های موجود در کشور سقف تیرچه بلوک میباشد.در این سیستم از تیرچه ها به عنوان تیر فرعی استفاده میکنند و بلوک ها تنها نقش پر کننده بین تیرچه ها را دارند و نقش سازه ای ایفا نمیکنند.

- کاربرد تیرچه و بلوک در ساختمان :

تیرچه و بلوک برای پوشش سقف ساختمان های اسکلت آجری و اسکلت فلزی واسکلت بتن آرمه استفاده می شود. سقف تیرچه و بلوک جزء دال های یک طرفه به حساب می آید که در این نوع سقف برای کاهش بار مرده از بلوک های توخالی بسیار سبک (مجوف) بتنی یا سفالی یا فوم برای پر کردن سقف استفاده می شود.فاصله ی بین تیرچه ها در این سقف ۵۰ سانتی متر میباشد.تیرچه ها در دو نوع بتنی و فولادی میباشد همچنین از بلوک های سفالی و یا فوم های پلی استایرن در بین تیرچه ها استفاده میکنند.

امروزه استفاده از فوم به جای سفال ترجیح داده میشود زیرا این فوم ها هم باعث کاهش وزن سقف می شوند و به سبک سازی ساختمان کمک میکنند و علاوه براین مدت زمان اجرای سقف را کاهش میدهند.همچنین مقدار مصالح پرتی نسبت به سفال به مقدار زیادی کاهش می یابد.در صورتی که تیرچه به یک تیرآهن منتهی میگردد میبایست با استفاده از میلگرد ممان(لنگر) منفی، تیرچه به تیرآهن مهار شود تا در زمان زلزله دچار گسیختگی نگردد. میلگردهای ممان منفی موجب میشود تا سقف به صورت یکپارچه عمل کرده و ایمنی آن بسیار بالا رود.باید توجه داشت که هر تیرچه باید توسط این میلگردها به تیرآهن باربر خود متصل گردد.

- دلیل محبوبیت سقف تیرچه و بلوک :
  - باعث سبکی سقف می گردد
  - دوام خوب در مقابل آ تش سوزی دارد
  - مقاومت خوبی در مقابل نیروهای افقی مانند باد و زلزله دارد
  - عایق صوتی خوبی است
  - عایق حرارتی در مقابل سرما وگرماست
  - عایق رطوبتی است
  - صاف و هموار بودن سطح زیر و روی سقف پس از اجرا از دیگر محاسن این نوع سقف محسوب می گرد
  - عدم نیاز به استفاده از جک های زیر سقفی
  - سرعت و سهولت اجرا
  - امکان اجرای همزمان چند سقف
  - یکپارچگی سقف و اسکلت

- کاهش مصرف بتن و وزن کمتر
- پایین بودن تنش در بتن
- مقاومت نهایی و شکل پذیری بالا
- حذف اثر فولاد در زیر سقف
- امکان اجرای داکت و بازشو
- یکنواختی بیشتر زیر سقف و مصرف گچ وخاک کمتر

● نکات فنی :

حداکثر فاصله ۲ تیر نباید از ۷۰ cm بیشتر باشد ولی اغلب مهندسین ایرانی فاصله ۲ تیرچه را ۵۰ cm محاسبه می‌کنند به همین دلیل تمام بلوک‌های موجود در بازار۴۰ cm می‌باشد. حداقل ضخامت سقف اگر تکیه گاه تیرچه را ساده محاسبه کنیم۱ تقسیم بر ۲۰ دهانه می‌باشد و اگر تکیه گاه را گیر دار یا نیمه گیر دار محاسبه کنیم می‌توانیم ضخامت سقف را تا ۱ بر ۲۶ دهانه اجرا کنیم. برای بارهای یکنواخت یا استاتیک، سقف تیرچه بلوک مناسب می‌باشد و برای بارهای دینامیک و متمرکز مانند پارکینگ و ... نباید از تیرچه بلوک استفاده شود. برای سقف‌های تیرچه بلوک حداکثر دهانه ۸ متر است ولی بهتر است از سقف‌های ۶/۵ متر بیشتر برای سقف‌های تیرچه بلوک استفاده نشود. حداکثر بار تا ۸۰۰کیلوگرم بر متر مربع را می‌توان به وسیله سقف تیرچه بلوک پوشانید و برای بارهای بیشتر بهتر است از دو تیرچه کنار هم استفاده کنیم.

- فاصله محور تا محور تیرچه ها در سقف های تیرچه فولادی برابر ۵۰ تا ۷۵ سانتی متر میباشد.
- حداقل ضخامت بتن در روی بلوک، ۵ cmاست. (یا ۱۲/۱ فاصله محور به محور تیرچه ها)
- برای سقف معمولی با ضخامت ۱۴ cm، ۱۴۰لیتر بتن در هر مترمربع مورد نیاز است این در حالیست که در سقف های اجرا شده با تیرچه و بلوک، این مقدار به حدود متوسط ۶۰ لیتر در هر متر مربع کاهش می یابد.
- سقف های اجرا شده با تیرچه و بلوک ، در مواردی که بار یکنواخت روی سقف عمل نماید، بسیار مناسب اند ولی در صورتی که بار منفرد سنگین یا متحرک و مرتعشی باشد، نباید سقف تیرچه و بلوک بکار رود، برای کف پارکینگ ها در صورتیکه بار چرخ بیش از ۷۵۰ kgباشد، سقف تیرچه و بلوک مورد استفاده قرار نمی گیرد.
- در این نوع سقف ها، تیرچه ها به فاصله حداکثر ۷۰ cmمحور تا محور، کنار هم و در امتداد دهانه کوتاهتر سقف قرار می گیرند.
- عرض تیرچه ها نباید از ۱۰ cmکوچکتر باشد و نیز نباید از ۳/۱ برابر ضخامت کل سقف کمتر باشد.
- حداقل فاصله دو بلوک دو طرف یک تیرچه، پس از نصب نباید کمتر از ۱۰ cmباشد.
- ضخامت سقف برای تیرهای با تکیه گاه ساده ≤ ۲۰/۱ دهانه
- ضخامت سقف برای تیرهای یکسره تکیه گاه های گیردار ≤ ۲۶/۱ دهانه
- در سقف هایی که مسأله خیز مطرح نباشد مقادیر بالا تا ۳۵/۱ دهانه نیز کاهش می یابد.
- حداکثر دهانه مورد پوشش سقف با تیرچه های منفرد نباید از ۸ mبیشتر شود (در جهت اطمینان ۷ mو در صورت وجود سربارهای زیاد و یا دهانه بیش از ۷ mاز تیرچه های مضاعف استفاده شود.
- سطح مقطع میلگرد کششی برای فولاد نرم، از ۰,۰۰۲۵ و برای فولاد نیم سخت و سخت از ۰,۰۰۱۵ برابر سطح مقطع جان تیر نباید کمتر باشد. و نیز از ۲,۵٪ سطح مقطع جان تیر بیشتر نشود.

≥ ۱۶mm قطر میلگرد کششی ≤ ۸mm

- اگر ضخامت بتن پاشنه ۵,۵ cmیا بیشتر باشد, حداکثر مقدار بالا به ۲۰ mmافزایش می یابد.

-فاصله میلگرد کششی از لبه جانبی بتن پاشنه تیرچه , به شرط وجود بلوک، نباید از ۱۰ mmکمتر و از اسطح پایین تیرچه نباید از ۱۵ mmکمتر باشد. در صورتیکه این تیرچه ها در محیط های باز ادامه یابند، اجرای یک لایه اندود ماسه و سیمان پر مایه به ضخامت حداقل ۱۵ mmدر زیر پوشش ضروری است.

- $As \geq ۰,۰۰۱۵bw.t$

As سطح میلگرد عرضی

Bw عرض جان مقطع

t فاصله دو میلگرد عرضی متوالی

-قطر میلگردهای عرضی از ۵ mmتا ۱۰ mmمتغیر است و $۴۵۳۵ \geq \theta \leq$

-فاصله میلگردهای عرضی متوالی در تیرچه ها، حداکثر ۲۰ cmاست.

-قطر میلگرد بالایی تیرچه های ماشینی :

برای L=۳m ، ۶mm

برای L=۳~۴m ، ۸mm

برای L=۴~۵. ۵m ،۱۰mm

برای L=۵. ۵~۷m ، ۱۲mm

-قطر میلگردهای کمکی اتصال ۶ mmمیباشد که در فواصل ۴۰ تا ۱۰۰ سانتی از یکدیگر نصب میشوند.

- ضخامت بتن پاشنه ۴,۵ تا ۵ سانتیمتر است و عرض آن ۱۰ تا ۱۶ سانتیمتر است.

-حداقل تاب فشاری بتن پاشنه , ۲۵۰ kg/cm^2 است.

- مواد تشکیل دهنده بتن پاشنه تیرچه شن وماسه تا ۱۲ mmسیمان ۳۰۰-۴۰۰ کیلوگرم

- باز کردن قالبها بعد از ۲۴ تا ۴۸ ساعت مقاومت عملی بتن تیرچه در مدت ۱۰ روز.

-عرض بلوک معمولاً ۲۰ تا ۲۵cm

-وزن بلوک سفالی ۷kg

-وزن بلوک بتنی با مصالح رودخانه ای ۱۱ تا ۱۷kg

-قطر میلگرد افت و حرارتی برای میلگرد ساده، دست کم ۵ mو قطر میلگرد افت و حرارتی برای میلگرد با مقاومت بالا ۴ mm

-حداکثر فاصله بین دو میلگرد افت و حرارتی ۲۵ cmاست. میلگرد بالایی تیرچه در صورتی که داخل دال ۵ cmبالایی قرار گیرد بعنوان میلگرد افت و حرارتی منظور میشود.

- با وجود طرح تیرچه ها با فرض تکیه گاه ساده , لازم است فولادی معادل ۰,۱۵ سطح مقطع فولاد وسط دهانه (فولاد کششی) در روی تکیه گاه اضافه گردد.

حداقل تا فاصله ۵/۱ دهانه آزاد از تکیه گاه به طرف داخل دهانه ادامه یابد

در آیین نامه امریکا این مقدار ۰,۲۵ Lnبرای دهانه انتهایی و ۰,۳ Lnدهنه داخلی از هر طرف

- برای جلوگیری از پیچش تیرهای T و برای توزیع یکنواخت بار روی تیرچه و بلوک و در محلهایی که بار منفرد موجود است، کلاف میانی بتنی در جهت عمود بر تیرچه ها تعبیه میشود. حداقل عرض کلاف میانی، برابر عرض بتن پاشنه تیرچه و ارتفاع آن برابر ارتفاع سقف است. برای دهانه کمتر از ۴ mو بار زنده سقف کمتر از ۳۵۰

kg/cm^2به کلاف میانی نیازی نیست.
اگر $LL \leq 350 kg/cm^2$ و $L \geq 4m$ یک کلاف میانی
اگر $LL \geq 350 kg/cm^2$ و $L = 4 \sim 7m$ دو کلاف میانی
اگر $L \geq 7m$ سه کلاف میانی

-حداقل سطح مقطع آهن های طولی کلاف برابر نصف مقادیر میلگرد کششی تیرچه هاست.
-در مورد میلگرد آجدار این مقدار ۶ mmو در مورد میلگرد ساده ۸ mmاست.
-آیین نامه امریکا پیشنهاد می دهد که از میلگرد ۱۲Φ یکی در بالا و یکی در پایین کلاف استفاده شود.
-فاصله شمع بندی و قالب بندی در جهت عمود بر تیرچه ها ۱ الی ۱,۲ متر است. (با خیز مناسب ۲۰۰/۱ دهانه به طرف بالا

●معایب

اما همانند دیگر سقفها این نوع سقف نیز دارای معایبی نیز هست که عمده عیب آن:

- اجرای آن نسبت به سقف های مشابه زمان زیادی نیاز دارد
- اجرای سقف تیرچه و بلوک نیاز به نیروی ماهر و متخصص داردکه متاسفانه به این موضوع اهمیت چندانی داده نمی شود
- به دلیل اجرا بوسیله جک و شمع امکان اجرای چند سقف به صورت همزمان وجود ندارد
- و بزرگترین عیب این سقف این است که در دهانه های بزرگ نمی توان استفاده گردد

● نکات مربوط به تیرچه ها :

۱.اندازۀ عرض تیرچه ها۸تا۱۲سانتیمتر است.
۲.ضخامت تیرچه ها معمولا۴سانتیمتر است.
۳.پس ازبتن ریزی تیرچه ها آن را بوسیله ویبراتور خوب ویبره کنیم.
۴. بتن داخل قالب فلزی یا سفالی جهت ساخت تیرچه با عیار۴۰۰تا۵۰۰کیلوگرم سیمان در متر مکعب بتن ریز با مصالح سنگی ریزدانه تهیه شود.
۵.فاصله محوروسط تا محوروسط تیرچه دیگر معمولا۵۰ سانتیمتر شود.

●انواع تیرچه:

الف) تیرچه پاشنه بتنی
ب) تیرچه فلزی با جان باز (کرمیت)
ج) تیرچه پاشنه سفالی
د)
●تیرچه های پیش کشیده
●تیرچه های پس کشیده
●تیرچه های پیش تنیده (اشپنیت)
ر) تام تیرچه

●انواع بلوک پرکننده:

الف) بلوک پلی استایرن و پلاستوفوم

ب) بلوک سفالی

ج) بلوک سیمانی وبتنی(هبلکس)

●بررسی انواع تیرچه

الف)تیرچه پاشنه بتنی مطابق شکل از اجزای ذیل تشکیل شده است:

۱.آرماتورهای کششی

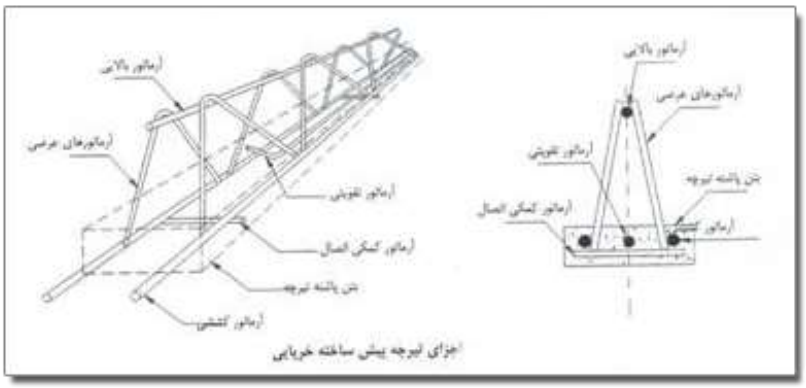
۲.آرماتورهای عرضی

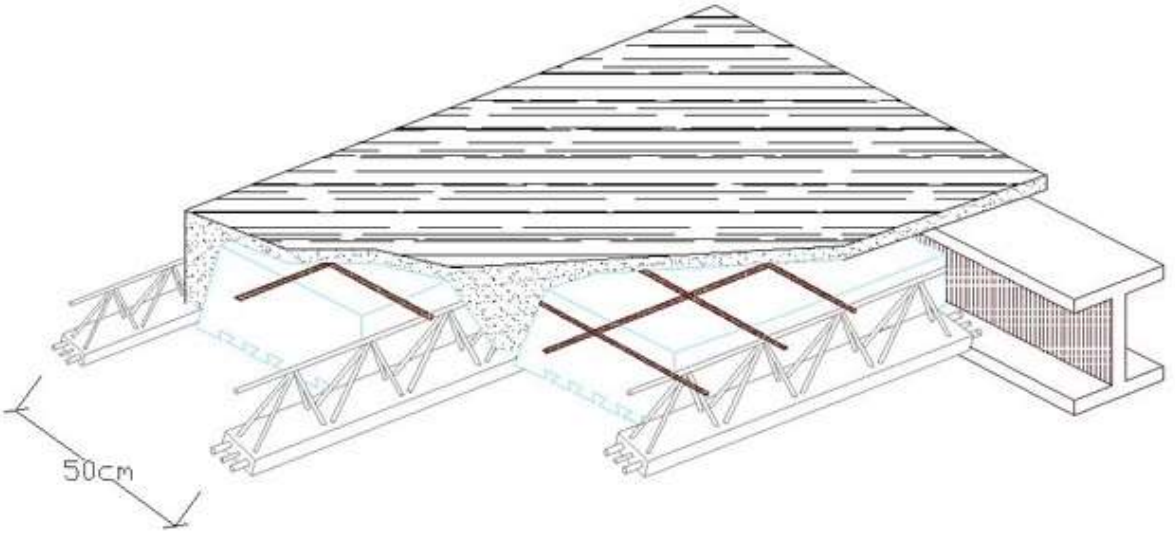
۳.آرماتورهای بالایی

۴.بتن پاشنه تیرچه

۵.آرماتورهای تقویتی

۶.آرماتورهای کمکی اتصال





شکلی از تیرچه هایی با باشنه بتنی

- **تیرچه بتنی**

۱ – مشخصات این نوع سقف بر اساس نشریه شماره ۹۴ سازمان برنامه و بودجه تعیین می‌شود.

۲ – در تمامی سقفهای معرفی شده ، میلگرد افت و حرارت با قطر ۶ میلیمتر کفایت می کند. چنانچه فاصله آکس تا آکس تیرچه‌ها تا ۵۰ سانتیمتر باشد، در جهت تیرچه‌ها بین هر دو تیرچه یک عدد و چنانچه فاصله آکس تا آکس تیرچه‌ها بیش از ۵۰ سانتیمتر باشد، در جهت تیرچه‌ها بین هر دو تیرچه دو عدد میلگرد حرارتی مورد نیاز است. میلگردهای حرارتی در خلاف جهت تیرچه‌ها هر ۲۵ سانتیمتر یک عدد می‌بایستی اجرا گردد.

۳ – میلگرد تقویت ممان منفی تیرچه‌ها حداقل می‌بایستی سطح مقطعی برابر ۱۵٪ سطح مقطع میلگردهای کششی همان تیرچه را دارا باشد و طول آنها از هر طرف یک پنجم طول تیرچه باشد. باید توجه نمود که این میلگردها را با میلگردهای تقویت برشی (اتکای سر تیرچه) اشتباه نکنیم. این میلگردها درون جان تیرچه خم نمی‌خورد بلکه بصورت صاف به میلگرد فوقانی تیرچه‌ها بسته می‌شود.

۴ – در سقفهایی که بار زنده کمتر از ۳۵۰ کیلوگرم بر متر مربع باشد ، در دهانه‌های زیر ۴ متر نیازی به کلاف میانی (Tie Beam) نمی‌باشد و در دهانه‌های بین ۴ تا ۵,۳۰ متر یک کلاف میانی و در دهانه‌های بیش از ۵,۳۰ متر دو کلاف میانی مورد نیاز است. در تمام این حالات حداقل سطح مقطع کل میلگردهای طولی کلافهای میانی بایستی برابر نصف سطح مقطع میلگرد کششی تیرچه‌ها باشد.

۵ – در سقفهایی که بار زنده بیشتر از ۳۵۰ کیلوگرم بر متر مربع باشد ، در دهانه‌های زیر ۴ متر یک کلاف میانی (Tie Beam) و در دهانه‌های بین ۴ تا ۷ متر دو کلاف میانی و در دهانه‌های بیش از ۷ متر سه کلاف میانی مورد نیاز است. در تمام این حالات حداقل سطح مقطع کل میلگردهای طولی کلافهای میانی بایستی برابر کل سطح مقطع میلگرد کششی تیرچه‌ها باشد.

۶ – میلگرد زیگزاگ تیرچه‌ها برای هر طول تیرچه بصورت جداگانه بایستی طراحی گردد.

۷ – در سقفهایی که خیز مطرح نباشد می‌توان تا دهانه‌ای معادل ۳۲ برابر ضخامت سقف ، از این سقفها استفاده نمود. اما اگر خیز مطرح بوده و تیرهای اسکلت دارای تکیه‌گاه گیردار باشند حداکثر دهانه مجاز ۲۶ برابر ضخامت سقف و در صورتیکه تیرهای اسکلت دارای تکیه‌گاه ساده باشند حداکثر دهانه مجاز ۲۰ برابر ضخامت سقف می‌باشد.

۸ – در این سقفها چنانچه میلگرد زیگزاگ برای برش انتهایی محاسبه شود، نیازی به تقویت برشگیر (اتکای سر تیرچه) نمی‌باشد. ولی در صورتیکه میلگردهای زیگزاگ برش انتهایی را جوابگو نباشند باید از تقویت برشی (اتکا) طبق محاسبه استفاده نمود.

نکتهٔ مهم : دانستن این نکته مهم است که محدودیت و تعدد انواع سقفهای تیرچه و بلوک قابل اجرا دقیقاً بستگی به وجود انواع بلوکه‌های سقفی موجود در بازار دارد و از آنجا که بدلیل حجم و وزن زیاد بلوکه‌های سقفی عملاً حمل و نقل آن از یک نقطه کشور به نقطه‌ای دیگر مقرون به صرفه نمی‌باشد، بنابراین ممکن است در بعضی نقاط کشور عملاً امکان اجرای برخی از سقفهای معرفی شده زیر بدلیل نبودن بلوکه متناسب با آن وجود نداشته باشد و یا احیاناً در بعضی مناطق علاوه بر سقفهای معرفی شده زیر بتوان سقفهای دیگری نیز اجرا نمود. درضمن لازم به ذکر است که با استفاده توأم انواع بلوکه‌های سقفی با مواد دیگر (مانند یونولیت) گاه بنا به ضرورت می‌توان سقفهایی با ارتفاع بیشتر نیز اجرا نمود.

●ب)تیرچه فلزی با جان باز (کرمیت)

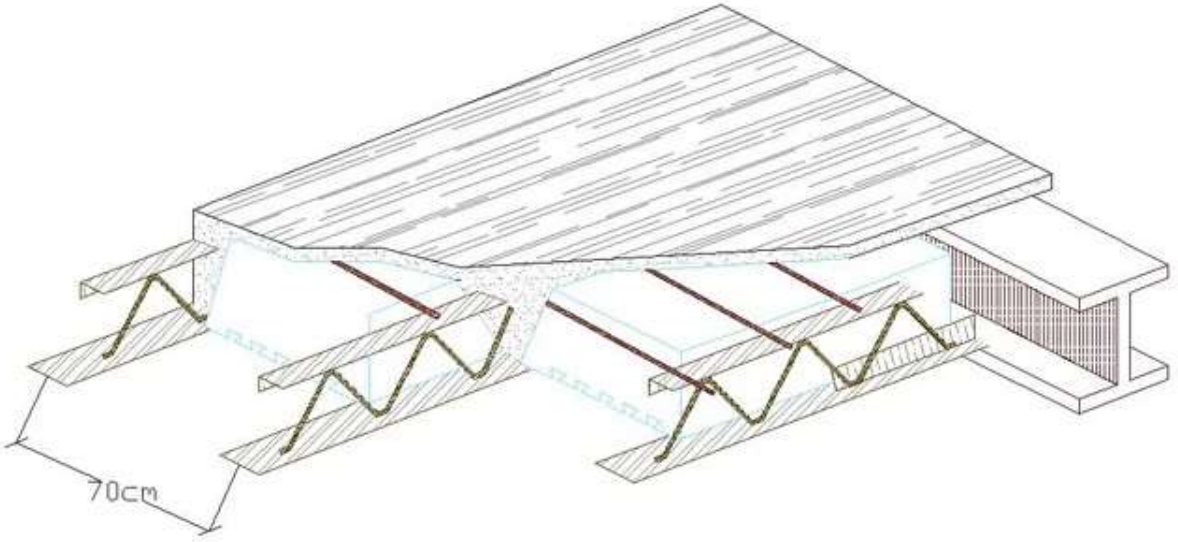
به طور کلی سقف تیرچه کرومیت (فلزی،فولادی و یاتیرچه خود ایستا) دارای عملکرد دال یک طرفه می باشد. در این سیستم تیرچه عضو پیش ساخته ای است که به صورت خر پای دو سر مفصل به تیرهای تکیه گاهی متصل می گردد. تیرچه فلزی در دو مرحله تحت بارگذاری قرار می گیرد :

مرحله اول باربری :

قبل از گرفتن بتن و در زمان اجرا ، تیرچه بار مرده سقف شامل : وزن تیرچه، بلوک، بتن در جا و بار زنده (عوامل اجرایی) را در حد فاصل تکیه گاهها تحمل می کند.

مرحله دوم باربری :

پس از گرفتن بتن (رسیدن به ۷۵٪ مقاومت مشخصه) تیرچه به صورت یک تیر با مقطع T شکل در می آید که تمامی بارهای وارد بر سقف را تحمل می کند.

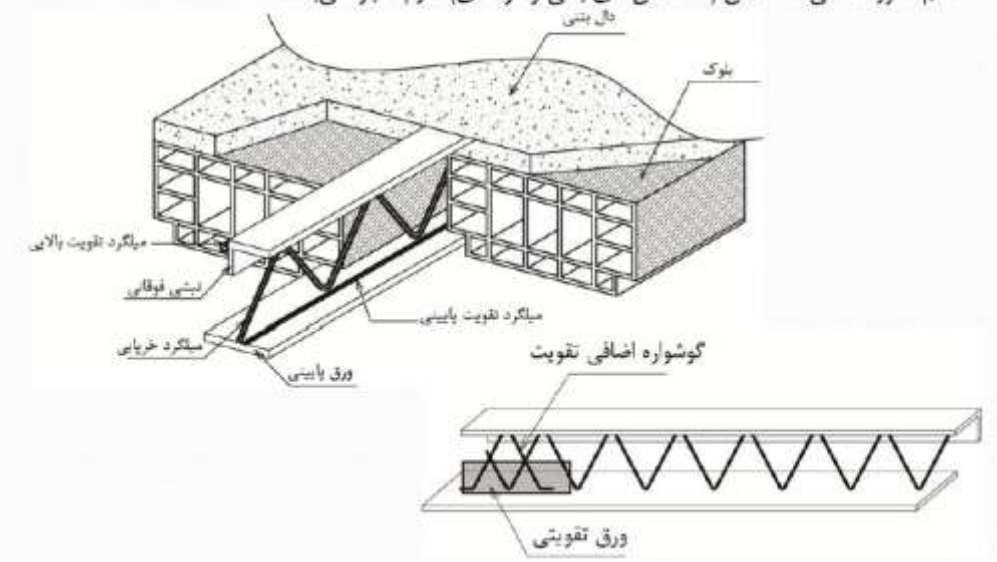


تیرچه فلزی با جان باز (کرمیت)

تیرچه با پاشنه سفالی

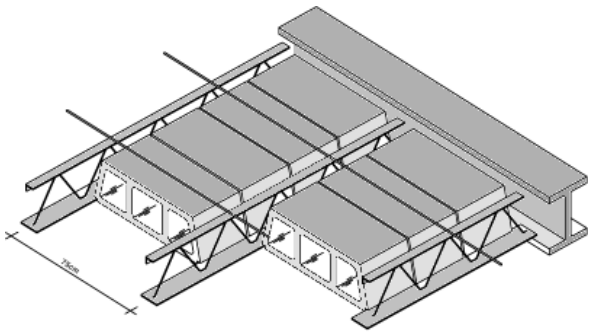
تیرچه های فولادی با جان باز (کُرمیت)

نشریه ۱۵۱ سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی به نام "راهنمای طراحی و اجرای سقف تیرچه‌های فولادی با جان باز در ترکیب با بتن" در سال ۱۳۸۱ تنظیم و منتشر شده است. استاندارد شماره ۱۳۹۷۷ در زمینه تیرچه‌های فولادی با جان باز توسط مؤسسه استاندارد تحقیقات ایران منتشر شده است. بدیهی است با توجه به ترکیبی بودن این سقف‌ها از بتن و فولاد رعایت کلیه ضوابط مرتبط با موضوع در مباحث نهم و دهم مقررات ملی ساختمان (ساختمان‌های بتنی و فولادی) لازم‌الاجرا می‌باشد.



سیستم سقف کُرمیت از تیرچه های فولادی با جان باز در ترکیب با بتن استفاده می شود. در ساخت تیرچه های مذکور از یک تسمه، در بال تحتانی و نیز یک میلگرد خم شده در جان استفاده می شود. برای پرکردن فضای خالی بین تیرچه ها از قالب های ثابت مانند بلوک های سیمانی، پلی استایرن، طاق ضربی ، قالب های موقت فولادی (کامپوزیت) و یا هر پرکننده سبک استفاده می شود. فواصل تیرچه ها بسته به نوع قالب از ۷۳ سانتی تا ۱۰۰ سانتی متر متغیراست ، روی سقف نیز با ۴ الی ۱۰ سانتی متر بتن پوشانده می شود.تیرچه ها از نوع خود ایستا بوده و به همین علت هیچ نوع شمع بندی در زیر سقف مورد نیاز نمی باشدو تیرچه ها به نحوی طراحی می شوند که بتوانند وزن بتن خیس، قالب ها و عوامل اجرایی سقف را به تنهایی تحمل کنند.

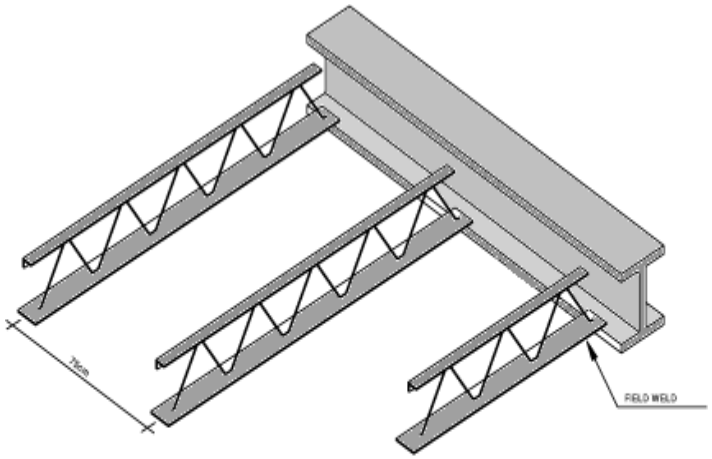
پس ازاین که بتن به ۷۵٪ مقاومت مشخصه خود می رسد ، تیرچه های فولادی با بتن به صورت یک مقطع مختلط وارد عمل شده و بارهای مرده و زنده سقف را تحمل می کنند.



JOIST AND FILLER BLOCKS

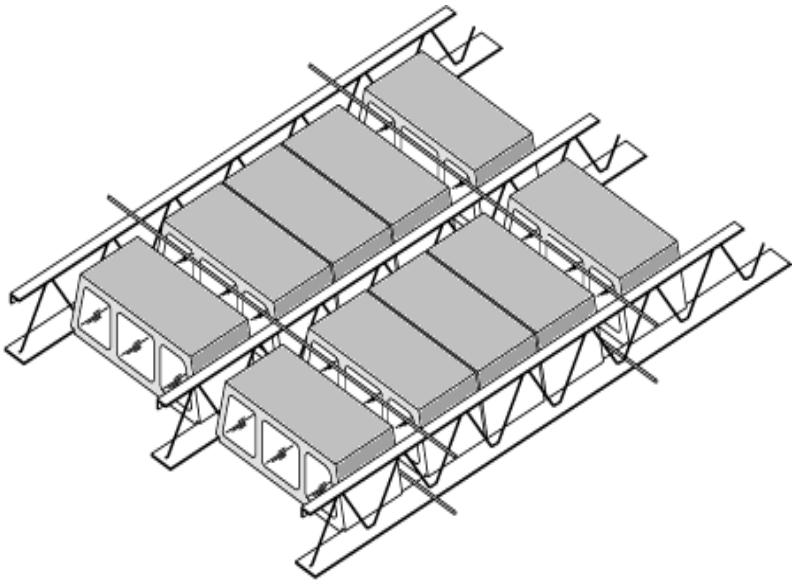
●سقف تیرچه و بلوک کُرمیت

با متداول شدن سقف های تیرچه و بلوک سنتی برخی از مشکلات سیستم طاق ضربی مرتفع شد. اما این سقف ها مشکلات دیگری را به همراه خود پدید آوردند که عمده ترین آنها ضرورت استفاده از شمع بندی در زیر سقف است.



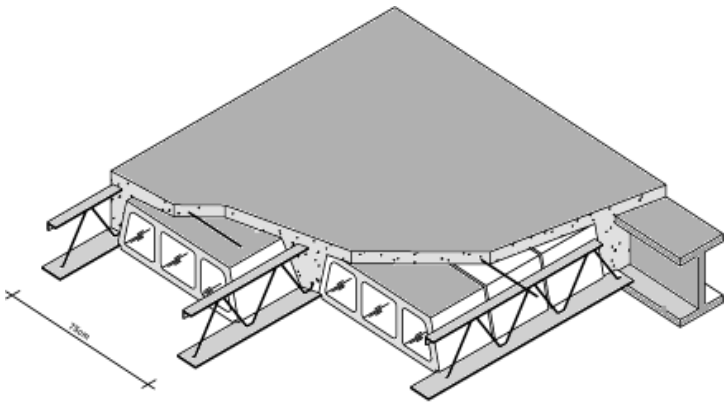
ERECTED JOISTS

شمع بندی علاوه بر دست و پاگیر بودن هزینه زیادی را نیز بر ساختمان تحمیل می کند. در سال ۱۳۶۳ با استفاده از بلوک کُرمیت به جای طاق ضربی که قبلا در این سیستم بعنوان قالب ثابت بکار می رفت عملا" سقف تیرچه وبلوک کُرمیت وارد بازارشد.



BRIDGING

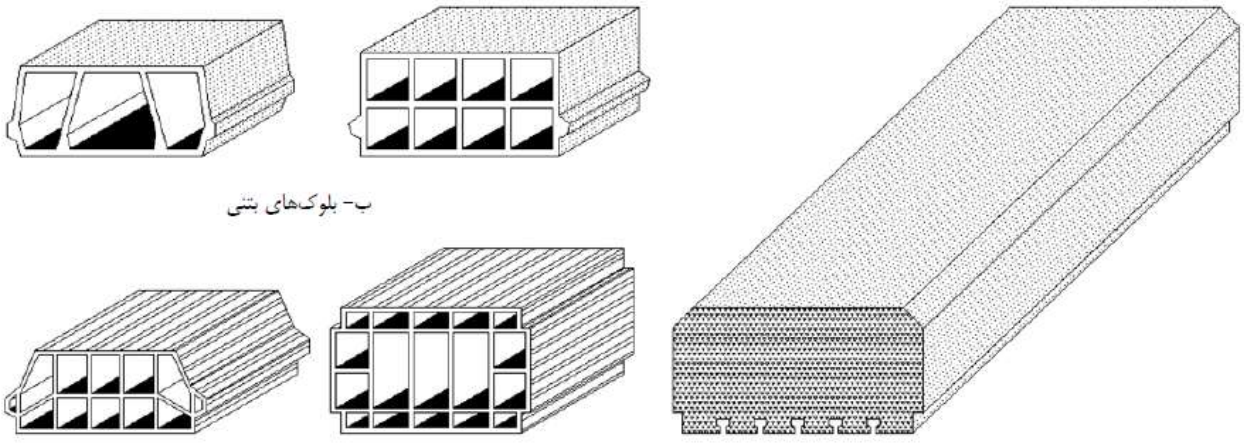
این سقف به علت خود ایستا بودن تیرچه ها نیازی به شمع بندی ندارند و به همین علت از سرعت اجرای بسیار بالایی برخوردار می باشد. اجرای این سقف بر روی اسکلت های فولادی بتنی و دیوارهای باربر امکان پذیر می باشد.



COMPLETED ROOF

●سقف پلیمری کُرمیت

در راستای سبک سازی ساختمان، این شرکت هم زمان با ستفاده از قالب کامپوزیت و بلوک های پوکه ای اقدام به استفاده از مصالح پلیمری در ساختمان کرده است. استفاده از بلوک های پلی استایرن نسوز در سقف باعث کاهش مصرف تیرچه تا حدود ۲۰٪ و کاهش فولاد مصرفی سازه تا حدود ۷٪ می شود. سهولت اجرای این نوع سقف، باعث افزایش سرعت اجرا و درنیتجه کاهش هزینه های اجرایی می گردد. در عین حال در هزینه های حمل و نقل نیز صرفه جویی قابل ملاحظه ای صورت می گیرد. شیارهای مناسب ایجاد شده در زیر این بلوک ها باعث پیوستگی گچ و خاک در زیر سقف می گردد.



ب- بلوک‌های بتنی

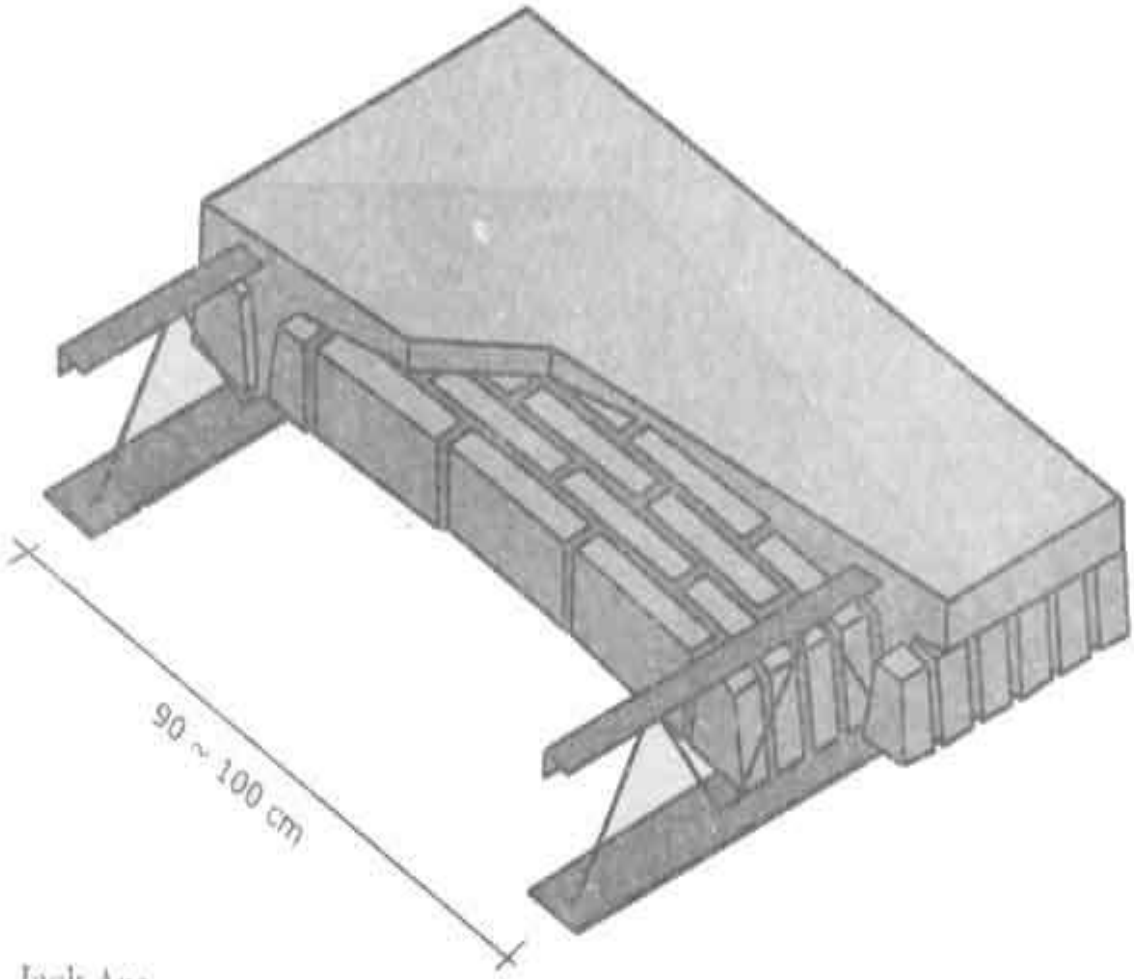
ج- بلوک‌های سفالی

الف- بلوک پلی‌استایرن

نمونه‌ای از بلوک‌های بتنی، سفالی و پلی‌استایرن

●سقف ضربی کُرمیت

به علت اجبار در استفاده ار مصالح فشاری از زمان های قدیم استفاده از طاق قوسی متداول بوده و به همین جهت استفاده از سیستم طاق ضربی نیز به عنوان نوعی طاق قوسی رواج داشته است. وجود اشکالات عمده در عملکرد سقف های ضربی با تیرآهن مانند عدم ایجاد یک دیافراگم مناسب بین ستون ها و مصرف زیاد فولاد در مقایسه با مقدار باربری ، باعث شد تا در سال ۱۳۵۶ با ارائه طرحی بهینه « سقف ضربی کُرمیت » نسبت به اصلاح این سیستم اقدام گردد.در سیستم طاق ضربی کُرمیت وجود بتن روی سقف می تواند یک دیافراگم مناسب بین ستون ها ایجاد کند و همچنین به علت بازبودن جان تیرچه ها مقدار زیادی در مصرف فولاد صرفه جویی می شود.اگر چه از این سیستم در انبوه سازی استفاده نمی شود ، اما برای پروژه های کوچک و یا دور افتاده ، هنوز هم کاربرد دارد.

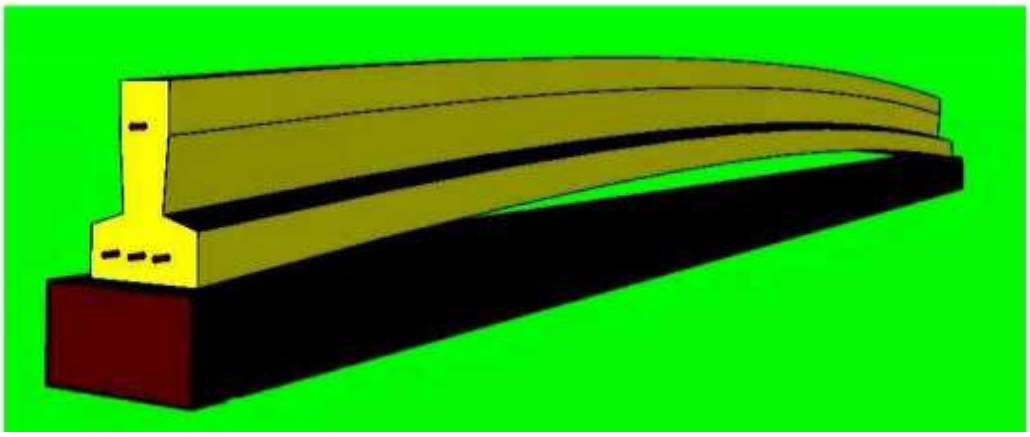


Jack Arc
With Kormit Joist

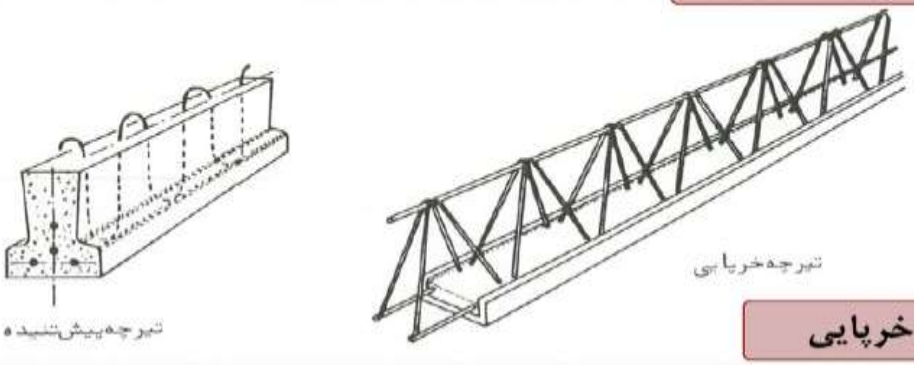
●د)تیرچه پیشتنیده

تیرچه پیش تنیده بتنی نسل جدیدی از تیرچه های ساختمانی است که با بکارگیری تکنولوژی پیش‌تنیدگی تولید گردیده و بهترین جایگزین برای تیرچه‌های بتنی فندوله‌ای، تیرچه کرومیت، تیرچه‌های فلزی و دیگر سیستم های سقف موجود است، چراکه علاوه بر صرفه اقتصادی بسیار بالا، از لحاظ کیفیت و عملکرد نیز به هیچ‌وجه قابل مقایسه با این سیستم ها نیست.

تیرچه بتنی پیش تنیده از نوع پیش‌کشیده است که بصورت صنعتی تولید می‌گردد. کابل های بسیار پرمقاومت (با مقاومت حدود 4.5 برابر مقاومت میلگرد AIII) به جای میلگرد استفاده شده و توسط جک های قوی کشیده شده و سپس بتن با مقاومت بالا پرس میشود و در نهایت پس از گیرش بتن جک ها باز میشوند. نیروی کششی موجود در کابل ها باعث میشود تا در وسط دهانه تیرچه ها خیز منفی ایجاد شود که خود این خیز منفی به بالا رفتن ظرفیت باربری کمک میکند. روش اجرای تیرچه پیش تنیده درست همانند تیرچه‌های کرومیت و فندوله ای است و هیچگونه تفاوتی وجود ندارد.

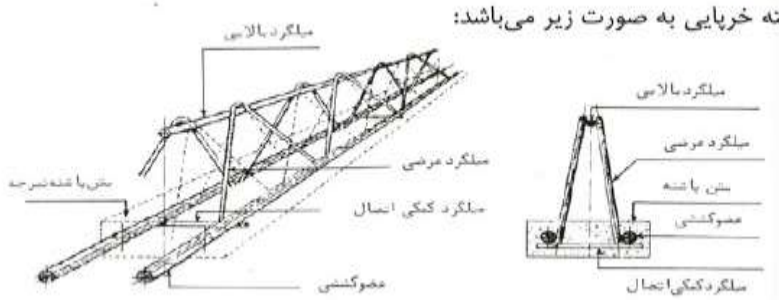


انواع تیرچه ها از نظر نوع



تیرچه های خرپایی

اجزای مختلف تیرچه پیش‌ساخته خرپایی به صورت زیر می‌باشد:



بعضی مزایای تیرچه بتنی پیش تنیده

1- کاهش هزینه خرید تیرچه تا 50 درصد قیمت تیرچه معمولی .

2- تاییدیه فنی از مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن

3- به علت وجود یک توده بزرگ بتن در تیرچه پیش تنیده، بخش بزرگی از فضای خالی بین بلوک‌های سقفی پر شده و در نتیجه حجم بتن ریزی سقف 25 درصد کاهش یافته و لذا هزینه خرید و پمپاژ بتن درجاریز کاهش می‌یابد.

4- امکان اجرای سقف با دهانه‌های بلند. (تا 15 متر برای سربار مسکونی)

5- عدم نیاز به اجرای شمع‌بندی موقت در زیر تیرچه تا دهانه 4متر برای سربار مسکونی.

6- امکان اجرای تنها یک ردیف شمع‌بندی برای دهانه‌های بزرگتر از 4متر. (در محل کلاف‌های عرضی)

7- نیروی فشاری پیش‌تنیدگی در تیرچه پیش تنیده مانع ترک‌خوردگی بتن در طول عمر مفید ساختمان گردیده، لذا مانع ایجاد ترک در نازک‌کاری زیر سقف می‌گردد.

●ر)معرفی تام تیرچه:

این تیرچه به عنوان تیرچه نوین فولادی با جان باز مطرح بوده و جهت ساخت سقف های نوین در ساختمان های اسکلت بتنی، فلزی، بنایی و ICF مورد استفاده قرار می گیرد. بال تحتانی تیرچه از جنس تسمه به عنوان عضو کششی عمل نموده و بال فوقانی و جان تیرچه ها از میلگرد همراه با بتن به عنوان مقطع مرکب یکپارچه Tشکل عمل می کنند. در فضای خالی بین تیرچه ها از بلوکهای سبک یونولیتی استاندارد و یا قالبهای فلزی موقت استفاده میشود.

●مزایا:

الف: دارای تأییدیه فنی از مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن

ب: مورد تأیید وزارت مسکن و شهر سازی به عنوان فن آوری نوین ساختمانی

پ: دارای قابلیت احراز شرایط وام ساخت صنعتی

ت: قابلیت اجرای تیرچه ها با فواصل ۷۰ و ۷۵ سانتیمتری از یکدیگر

ث: قابلیت اجرا در دهانه های بزرگ (بالای ۶ متر)

ج: وزن سبک بدلیل عدم استفاده از پاشنه بتنی(حدود ۵ کیلوگرم بر مترطول)

چ: سبکتر و ارزانتر از تیرچه کرمیت با هر دهانه

ح: ارزانتر از تیرچه پاشنه بتنی یا سفالی در دهانه های بیش از ۳,۵متر

خ: قابلیت حمل و نقل و اجرای سریع و آسان

د: قابلیت جوشکاری و نصب یراق آلات در زیر سقف

ذ: قابلیت ایجاد خیز منفی در دهانه های بالای ۶ متر

ر: محاسبات تیرچه بر اساس آخرین تغییرات آبا

ز: قابلیت تولید انبوه در حداقل زمان

ژ: تولید تیرچه با ارتفاع متعارف و استاندارد ۲۰ و ۲۵ سانتیمتری

س: قابلیت کنترل کیفی تیرچه در مقایسه با تیرچه پاشنه بتنی

●روش اجرا:

اجرای این تیرچه همانند تیرچه پاشنه بتنی نیاز به قراردادن شمع در زیر تیرچه ها می باشد. اما فاصله این تیرچه ها از یکدیگر تا ۸۳ سانتیمتر قابل قبول بوده و امکان اجرای تیرچه های با ارتفاع ۲۰ و ۲۵ سانتیمتر وجود دارد. سایر نکات اجرایی تیرچه نوین تام همانند سایر تیرچه های معمول بازار می باشد.

●مقایسه تام تیرچه با تیرچه های معمول بازار:

فن آوری نوین: تیرچه نوین "تام تیرچه" به عنوان فن آوریهای نوین تلقی شده و وام ساخت صنعتی به آن تعلق می گیرد، در حالیکه تیرچه پاشنه بتنی جزء فن آوریهای نوین محسوب نمی گردد.

ارزانتر از تیرچه بتنی: قیمت تیرچه تام تقریباً در تمام موارد ارزانتر از تیرچه بتنی می باشد.

ارزانتر از تیرچه کرومیت: تیرچه کرمیت به دلیل خود ایستا بودن دارای وزنی حدود ۲ برابر تیرچه نوین "تام تیرچه" بوده که مسلماً قیمت تمام شده بالاتری خواهد داشت.

هزینه حمل: هزینه حمل و نقل تیرچه تام حدود ۳۰٪ کمتر از تیرچه کرومیت و حدود ۵۰٪ کمتر از تیرچه بتنی میباشد.

●مقایسه قیمت تیرچه های مختلف در جدول زیر آورده شده است؛

جدول۱- قیمت تمام شده تیرچه در هر مترمربع سقف (تومان) - بار کل سقف؛ ۷۰۰کیلوگرم بر متر مربع

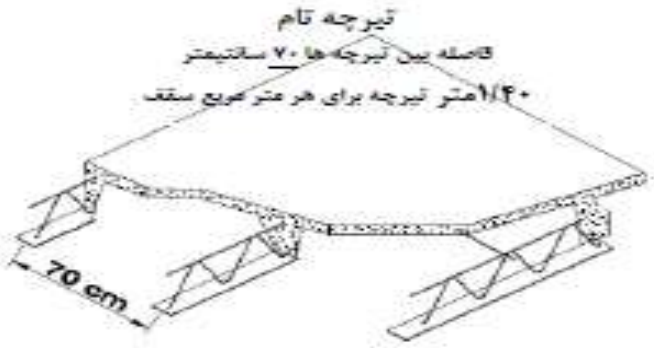
فایل مقایسه قیمت تیرچه تام با تیرچه های کرومیت و بتنی

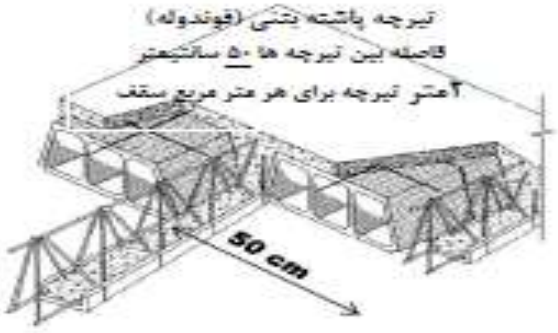
تاریخ به روز رسانی: ۹۳/۰۸/۱۵

قیمت ها بازای هر متر مربع سقف می باشد.

طول دهانه (متر)	۳.۵	۴	۴.۵	۵	۵.۵	۶	۶.۵	۷
تیرچه تام	۱۲,۶۰۰	۱۳,۷۰۰	۱۶,۳۰۰	۱۸,۶۰۰	۲۰,۰۰۰	۲۱,۷۰۰	۲۴,۲۰۰	۲۷,۲۰۰
تیرچه پاشنه بتنی	۱۲,۶۰۰	۱۴,۲۰۰	۱۶,۸۰۰	۱۹,۶۰۰	۲۱,۸۰۰	۲۳,۱۰۰	۲۷,۷۰۰	۳۱,۷۰۰
تیرچه کرومیت	۲۰,۴۰۰	۲۰,۹۰۰	۲۳,۱۰۰	۲۵,۶۰۰	۲۷,۵۰۰	۳۲,۰۰۰	۳۶,۸۰۰	۴۱,۹۰۰

برای تبدیل قیمتها به مترطول مطابق جدول زیر عمل شود:
برای محاسبه قیمت مترطول تیرچه تام، قیمت مترمربع آنرا بر ۱/۴۰ تقسیم نمایید.
برای محاسبه قیمت مترطول تیرچه بتنی، قیمت مترمربع آنرا بر ۲ تقسیم نمایید.
برای محاسبه قیمت مترطول تیرچه کرومیت، قیمت مترمربع آنرا بر ۱/۴۰ تقسیم نمایید.





وزن یک مترمربع سقف تیرچه و بلوک با تیرچه تام جهت آگاهی طراحان و شرکتهای مشاور؛

جدول ۲- بار مرده یک متر مربع سقف تمام شده با تام تیرچه

بار مرده سقف تیرچه یا بلوک پلی استایرن (یونولیت) - تراز طبقات مسکونی

توضیحات	ضخامت (متر)	مساحت (متر مربع)	وزن واحد حجم	وزن واحد سطح (کیلوگرم بر متر مربع)
سرامیک (پوشش کف)	0.01	X	2100	21
ملات ماسه سیمان	0.02	X	2100	42
کف سازی (بتن با پوکه معدنی)	0.08	X	800	64
دال بتنی ۶ سانتی	0.06	X	2400	144
چاله بتن و تیرچه	X	(0.25×0.08)/0.7	2500	56
وزن بلوک پلی استایرن (یونولیت)	0.25	X	12	3
گچ زیر سقف	0.015	X	1300	20
وزن تاژک کاری	X	X	X	5
اضافه بار به جهت تیغه بندی داخلی	X	X	X	100
				SUM=455 ~ 500

تیرچه نوین تام تاکنون در بیش از پانصد هزار مترمربع سقف در استانهای تهران، گیلان، گلستان، البرز، مازندران، قم، خراسان، مرکزی، خوزستان، کهکیلویه و بویراحمد، هرمزگان، سیستان و بلوچستان و فارس اجرا شده است.

●انواع بلوک

انواع بلوک ها

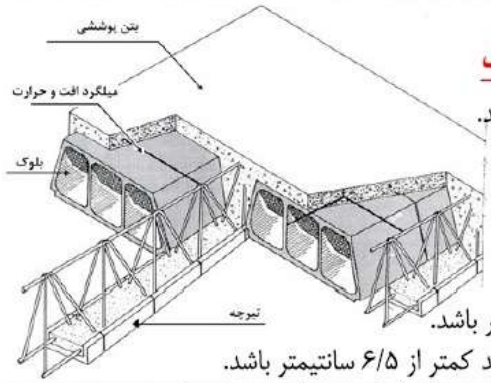
برای پر کردن فضای خالی بین تیرچه‌ها از بلوک‌ها استفاده می‌شود. این بلوک‌ها توخالی بوده و جنس آنها از نوع بتن، سفال و حتی پلی‌استایرن کندسوز (Fire Resistant=FR) می‌تواند باشد. سطح زیرین بلوک‌ها به منظور انجام نازک‌کاری مناسب صاف بوده و بلوک باید بتواند وزن سربارهای عادی (مانند عبور افراد) را تحمل نماید. **البته بلوک‌ها در محاسبات مقاومت سقف به حساب نمی‌آیند.**

در انتخاب بلوک‌های سیمانی و سفالی به موارد زیر توجه گردد:

- جنس بلوک‌ها برروی بتن اثر شیمیایی مخرب نداشته باشد.
- ارتفاع بلوک‌ها تابعی از ارتفاع کل سقف است. عرض بلوک بین ۲۰ تا ۲۵ سانتیمتر است.
- وزن بلوک‌های سفالی هر عدد ۷ کیلوگرم و وزن بلوک‌های بتنی بین ۱۱ تا ۱۷ کیلوگرم می‌باشد. در انتخاب وزن باید به کاتالوگ‌های کارخانه سازنده توجه شود.
- ضخامت جدارهای عمودی و افقی بلوک بتنی از ۱۵ میلیمتر کمتر نباشد.
- حداقل محل نشیمنگاه بلوک ۱۷/۵ میلیمتر است.
- بلوک‌های **سفالی عاری از ترک** و دانه‌های آهکی بوده و رنگ آنها کاملاً یکنواخت باشد. سطح بلوک کاملا صاف و عاری از خمیدگی باشد و سطح خارجی بلوک جهت نازک‌کاری شیاردار می‌باشد.
- ضخامت جدارهای عمودی و افقی بلوک سفالی از ۸ میلیمتر کمتر نباشد. جذب آب بلوک بیشتر از ۲۰ درصد نباشد.

نحوه اجراء و جزئیات اجرایی سقف‌های تیرچه-بلوک توسط سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور در ۲ نشریه - شماره ۸۲ و شماره ۹۴ ارائه شده است که در آن‌ها استانداردها و ضوابط اجرای سقف‌های تیرچه-بلوک آمده است.

سقف تیرچه بلوک در مواردی که بار یکنواخت روی سقف عمل می‌نماید، بسیار مناسب است ولی در صورتی که بار منفرد سنگین یا متحرک و مرتعش وجود دارد (مانند کف حیاط ماشین رو و کف پارکینگ با بار چرخ بیش از ۷۵۰ کیلوگرم) ، سقف تیرچه بلوک توصیه نمی‌شود.



اجزای و ویژگی های تشکیل دهنده سقف تیرچه بلوک

- فاصله محور تا محور تیرچه‌ها نباید از ۷۰ سانتیمتر بیشتر باشد.
- ضخامت بتن پوششی قسمت بالای تیر (بتن روی بلوک)، نباید از ۵ سانتیمتر یا یک دوازدهم فاصله محور به محور تیرچه‌ها کمتر باشد.
- عرض تیرچه‌ها نباید از ۱۰ سانتی متر کوچکتر باشد و همچنین نباید از یک سه و نیم برابر ضخامت کل سقف کمتر باشد.
- حداقل فاصله دو بلوک دو طرف یک تیرچه پس از نصب نباید کمتر از ۶/۵ سانتیمتر باشد.
- حداکثر دهانه مورد پوشش سقف (در جهت تیرچه پیش ساخته خرپایی) با تیرچه‌های منفرد، نباید از ۸ متر بیشتر شود. توصیه می‌شود برای اطمینان بیشتر دهانه مورد پوشش، بیشتر از ۷ متر نباشد و در صورت وجود سربارهای زیاد و یا دهانه بیش از ۷ متر از تیرچه‌های مضاعف استفاده شود.
- ضخامت سقف برای تیرهای با تکیه‌گاه ساده نباید از یک بیستم دهانه کمتر باشد.
- در تیرهای یکسره نسبت ضخامت به دهانه به یک بیست و ششم کاهش می‌یابد.

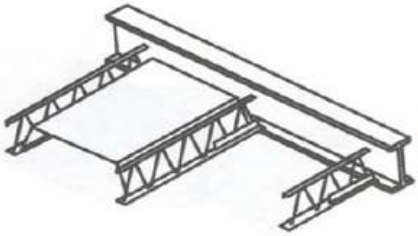
بلوک سیمانی

بلوک پلی استایرن

اینم هم نوعی از بلوک ها میباشد که طرزکاری شبیه یوبوت دارد.

در انتخاب بلوک‌های پلی‌استایرن به موارد زیر توجه گردد:

- تنها استفاده از انواع کند سوز شده بلوک پلی استایرن مجاز می‌باشد.
- برای حفاظت از بلوک سقفی پلی استایرن و جلوگیری از برخورد مستقیم هرگونه حریق احتمالی با بلوک لازم است تا زیر سقف به وسیله پوشش مناسب محافظت شود. پوشش گچ، پوشش‌های محافظ پایه گچ، ورمیکولیت یا تخته گچی به ضخامت حداقل ۱/۵ سانتیمتر که به نحو مناسب و مستقل از بلوک به سقف سازه‌ای مهار شده باشد.
- اتصال مستقیم اندود به بلوک با هر شکل هندسی (اعم از معمولی یا دارای انواع شیار) به تنهایی و بدون استفاده از اتصالات مکانیکی به هیچ وجه مجاز نبوده و **ضرورتا باید از اتصالات مکانیکی مهار شده به تیرها و تیرچه‌ها (نظیر سیستم رابیتس) استفاده شود.**
- حداقل مقاومت بلوکهای تولیدی در برابر بارهای حین اجرا باید برابر با ۲۰۰ کیلوگرم به ازای هر ۳۰ سانتیمتر طول بلوک باشد. این بار باید در نواری به عرض حداکثر ۷ سانتیمتر در وسط بلوک اعمال شود. (**دانسیته در حدود ۱۴- ۱۳کیلوگرم بر مترمکعب مقاومت موردنظر کسب می‌شود)**
- **عرض لبه نشیمن بلوک‌ها در محل قاعده باید ۲±۲۷ میلیمتر باشد.**
- **رعایت پخی در دو لبه فوقانی به ارتفاع ۵ و قاعده ۵ سانتیمتر الزامی است.**

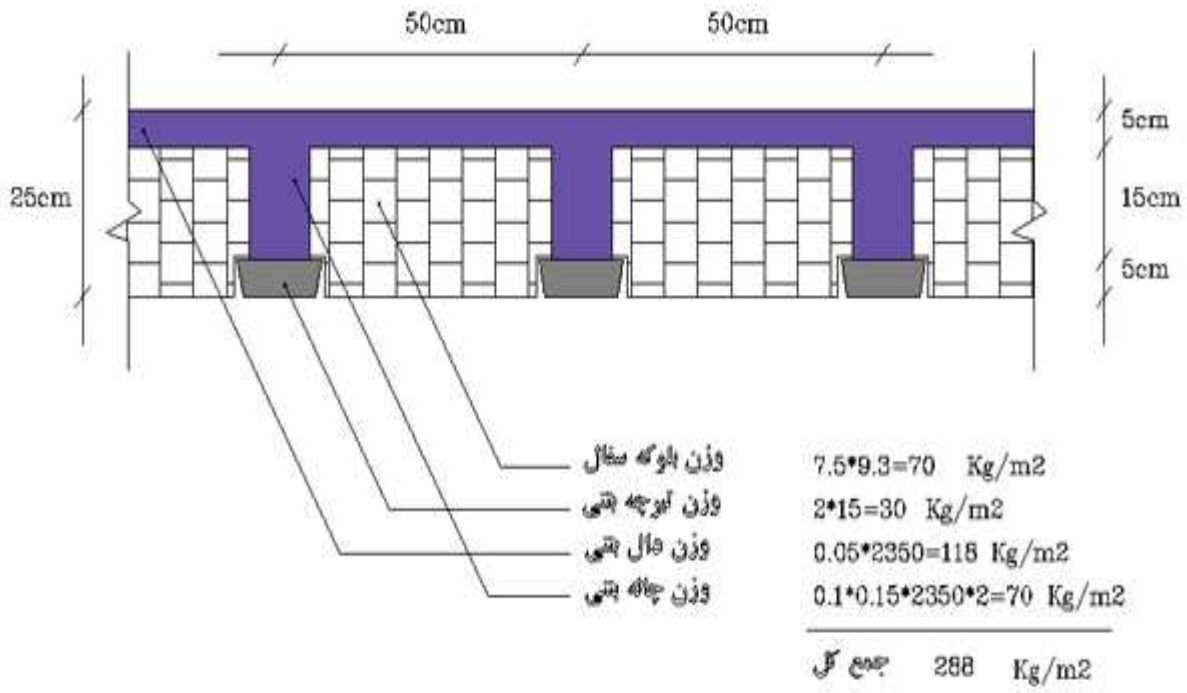


- **مقایسه بارگذاری چند نوع سقف**

نوع سقف / مشخصات اجرایی	طاق ضربی	تیرچه بلوک	کرمیت	سبک ۵۰	سبک ۱۰۰	کامپوزیت	رونیکس	دال بتنی
موزائیک	۵۶	۵۶	۵۶	۵۶	۵۶	۵۶	۵۶	۵۶
ملات ماسه سیمان	۴۲	۴۲	۴۲	۴۲	۴۲	۴۲	۴۲	۴۲
پوکه معدنی	(ضخامت متوسط ۳۸ سانتی‌متر)	۶۰	۶۰	----	----	----	----	۶۰
بتن سقف (بتن روی)	----	۱۲۵	۱۲۵	۱۲۵	۱۷۵	۲۰۰	۱۷۵ ۰۴	۳۷ ۵
تیر فرعی (تیرچه یا تیرآهن)	IPE18 ۱۹	۱۲۵	۶۷	۱۲۵	۶۳	۳۰	۲۰	----
بلوک یا طاق اجری	۱۲۵	۶۴ سفالی	۹۰ بتنی	----	----	----	----	----
اندود گچ و خاک	۲۴	۳۲	۳۲	----	----	----	----	----
اندود گچ	۱۳	۶.۵	۶.۵	۶.۵	----	----	----	----
سقف کاذب	----	----	----	۱۴-۱۰	۱۶-۱۰	۵۰	۵۰	۵۰
وزن تقریبی سقف	۳۶۰	۵۱۰	۴۸۰	۳۷۰	۳۶۰	۳۷۰	۳۶۰	۵۸

●**الف)تیرچه بتنی با بلوکه سفال**

ارتفاع کل سقف : ۲۵ سانتیمتر - مرکز تا مرکز تیرچه‌ها ۵۰ سانتیمتر



●**محاسن :**

۱ - این سقف دارای وزنی متعادل در محدوده وزن سقفهای کرومیت می‌باشد.

۲ - قیمت تمام شده این سقف معمولا پایین است خصوصا در دهانه‌های کوچکتر این اختلاف قیمت کاملا تأثیر گذار است.

۳ - بدلیل شمع بندی در حین اجرا این سقف لرزش کمتری نسبت به سقفهای کرومیت و کامپوزیت دارد و به لحاظ عایق صوت و حرارت از سقفهای کرومیت و کامپوزیت بهتر عمل می‌کند.

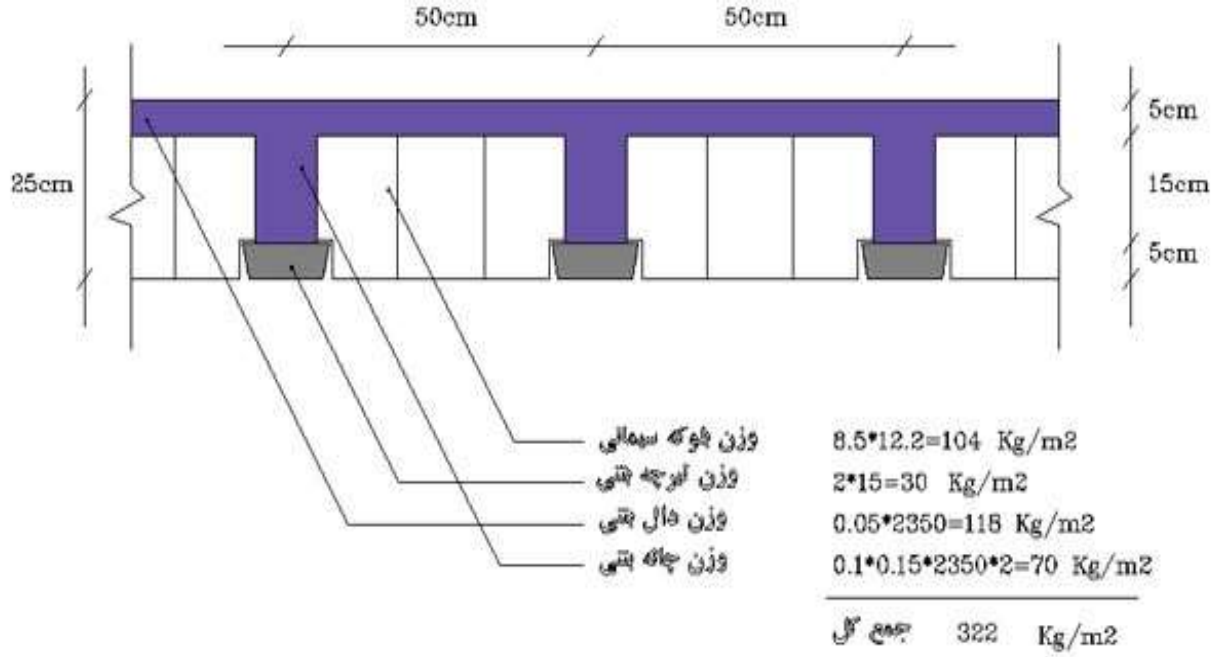
۴ - سطح نسبتا صافی در زیر سقف می‌دهد و به کاذب کاری نیازی ندارد.

نقاط ضعف احتمالی :

نقطه ضعف مشهودی را نمی توان برای این سقف برشمرد.

● ب)تیرچه بتنی با بلوکه سیمانی

ارتفاع کل سقف : ۲۵ سانتیمتر - مرکز تا مرکز تیرچه‌ها ۵۰ سانتیمتر



محاسن :

۱ - قیمت تمام شده این سقف نیز نسبت به سایر سقفها معمولا پایین است.

۲ - بدلیل شمع بندی در حین اجرا این سقف لرزش کمتری نسبت به سقفهای کرومیت و کامپوزیت دارد و به لحاظ عایق صوت و حرارت از سقفهای کرومیت و کامپوزیت بهتر عمل می‌کند.

۳ - سطح نسبتا صافی در زیر سقف می‌دهد و به کاذب کاری نیازی ندارد.

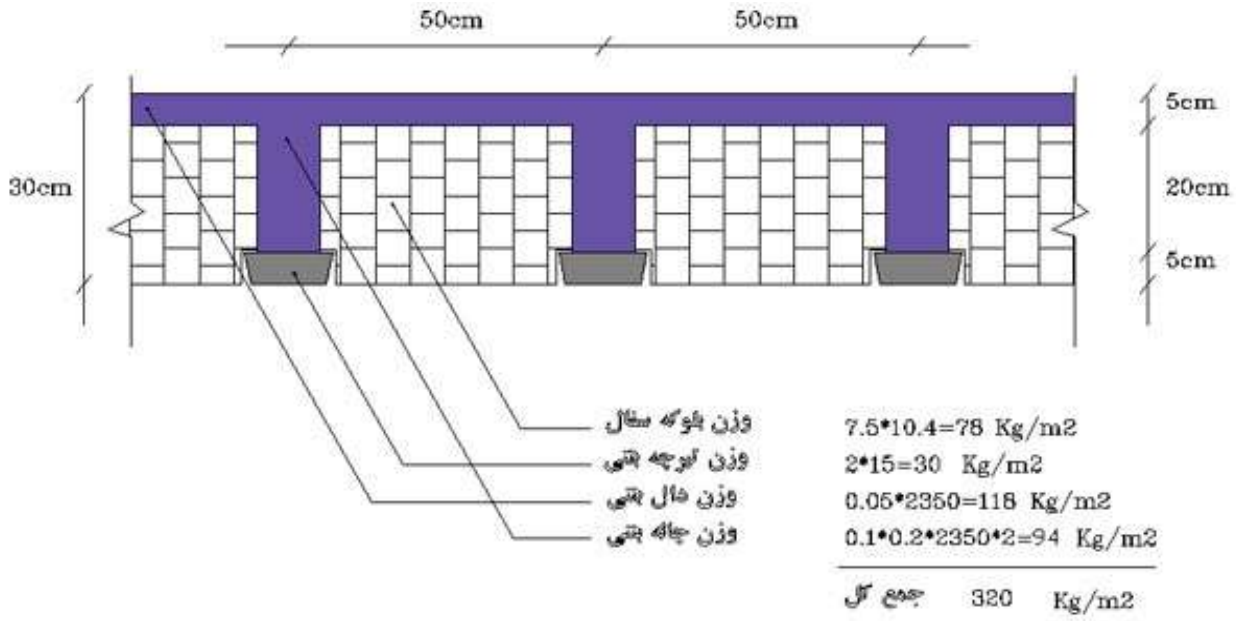
نقاط ضعف احتمالی :

۱ - این سقف در مقایسه با سقف الف سنگین‌تر است و جزو سقفهای نسبتا سنگین محسوب می‌گردد. معمولا تنها زمانی از این سقف استفاده می‌شود که امکان اجرای سقف الف نباشد (مثلا زمانی که بلوکه سفال سقف الف موجود نباشد)

۲- از آنجا که وزن این سقف با سقف ج تقریباً برابر است در دهانه های بلند تر معمولاً اجرای این سقف در مقایسه با سقف ج مقرون به صرفه نخواهد بود.

●ب) تیرچه بتنی با بلوکه سفال

ارتفاع کل سقف : ۳۰ سانتیمتر – مرکز تا مرکز تیرچه‌ها ۵۰ سانتیمتر



محاسن :

۱ – این سقف لرزش کمتری نسبت به تمام سقفهای معرفی شده و سقفهای کامپوزیت دارد و به لحاظ عایق صوت و حرارت از سقفهای کرومیت و کامپوزیت بهتر عمل می‌کند.

۲ – سطح نسبتا صافی در زیر سقف می‌دهد و به کاذب کاری نیازی ندارد.

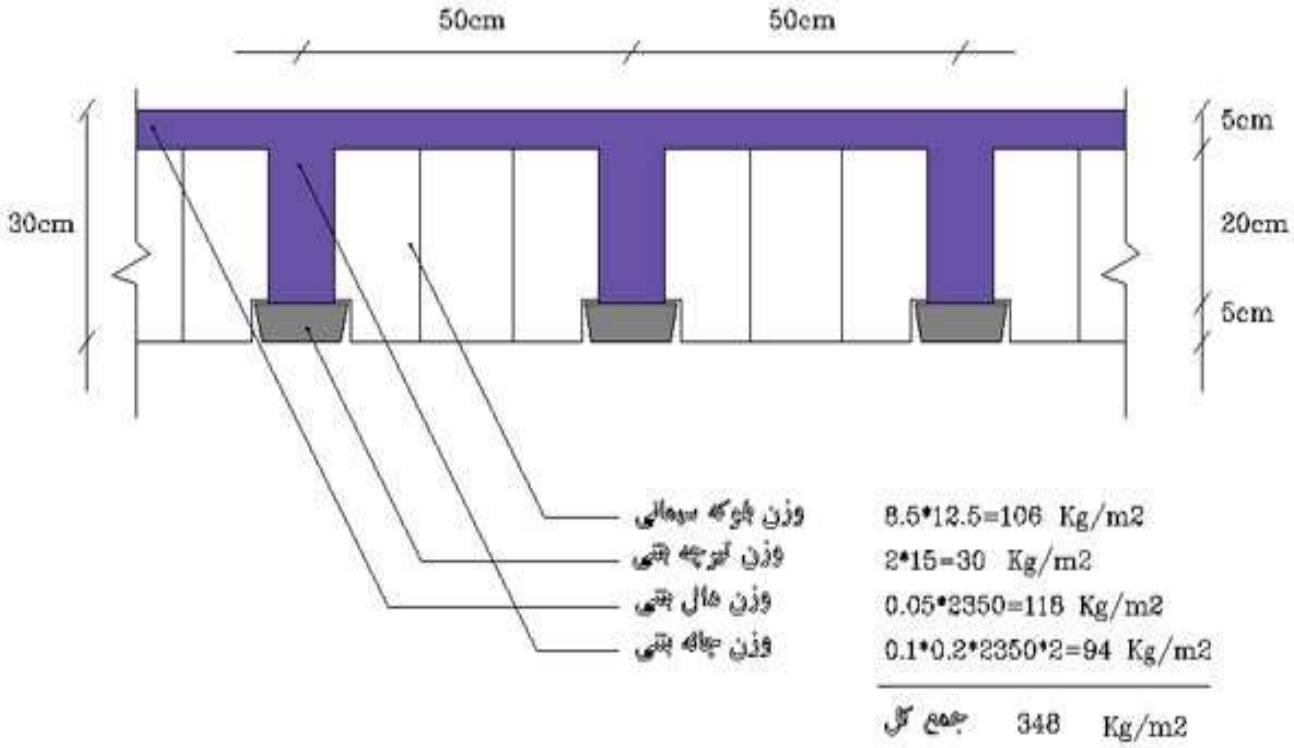
۳ – از آنجا که وزن این سقف با سقف ب تقریبا برابر است در دهانه‌های بلندتر معمولا اجریی این سقف در مقایسه با سقف ب مقرون به صرفه و اصولی‌تر خواهد بود.

نقاط ضعف احتمالی :

این سقف جزو سقفهای نسبتا سنگین محسوب می‌گردد.

●ج) تیرچه بتنی با بلوکه سیمانی

ارتفاع کل سقف : ۳۰ سانتیمتر – مرکز تا مرکز تیرچه‌ها ۵۰ سانتیمتر



محاسن :

۱ – این سقف نیز لرزش کمتری نسبت به تمام سقفهای معرفی شده و سقفهای کامپوزیت دارد و به لحاظ عایق صوت و حرارت از سقفهای کرومیت و کامپوزیت بهتر عمل می‌کند.

۲ – سطح نسبتا صافی در زیر سقف میبدهد و به کاذب کاری نیازی ندارد.

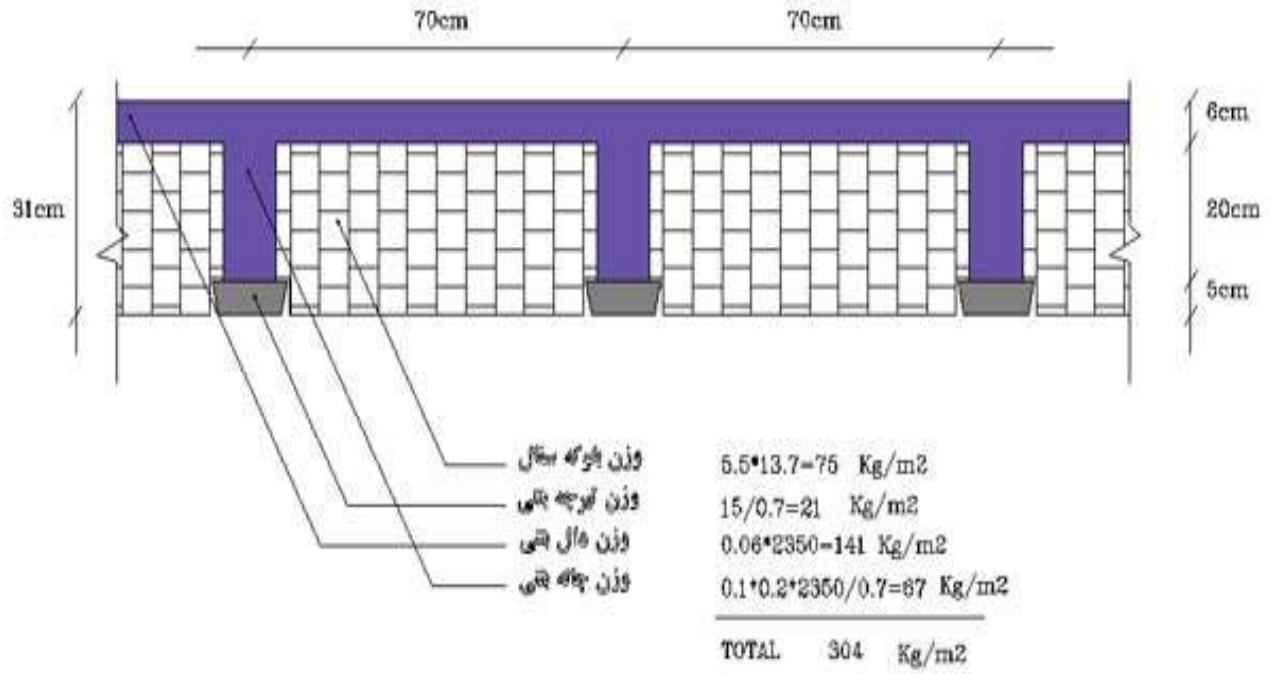
نقاط ضعف احتمالی :

۱ – این سقف جزو سقفهای سنگین محسوب می‌گردد.

۲ – معمولا اجرای این سقف با توجه به وزن آن توجیه اقتصادی ندارد.

●د) تیرچه بتنی با بلوکه سفال

ارتفاع کل سقف : ۳۱ سانتیمتر – مرکز تا مرکز تیرچه‌ها ۷۰ سانتیمتر



محاسن :

۱ – این سقف لرزش کمتری نسبت به سقفهای کرومیت و کامپوزیت دارد و به لحاظ عایق صوت و حرارت از آنها بهتر عمل میکند.

۲ – سطح نسبتا صافی در زیر سقف می‌دهد و به کاذب کاری نیازی ندارد.

۳ – در مقایسه با سقف ج علاوه بر اینکه وزن کمتری دارد معمولا در دهانه‌های کوتاهتر به لحاظ اقتصادی مقرون به صرفه‌تر است.

نقاط ضعف احتمالی :

۱ – این سقف جزو سقفهای نسبتا سنگین محسوب می‌گردد.

۴.سقف سیاک

سقف سیاک یک شیوه اجرای سقف های بتن مسلح تیر و دال یک طرفه میباشد.در این شیوه،پیش از بتن ریزی لازم است شمع های چوبی یا آهنی اجرا و آرماتور گذاری های لازم در تیرچه ها و دال انجام شود.همچنین پیش از بتن ریزی،قالب های فلزی تیرچه ها با توجه به ابعاد و فواصل محاسبه شده،در کنار هم قرار میگیند.این روش با حذف اجرای بلوک های سفالی یا سیمانی پر کننده بین تیرچه ضمن کاهش وزن سقف،نشت شیرآبه بتن را از فواصل تیرچه ها به حداقل میرساند و منجر به ارتقای کیفیت بتن میشود.همچنین در این روش تیرچه های آماده حذف میشود و یا توجه به فرم و هندسه قالب های سیاک،میتوان آرماتور گذاری تیرچه ها و شبکه مش حرارتی را براحتی انجام دادواین امر باعث صرفه جویی در مصرف میلگرد شده ولی سرعت اجرا را کاهش میدهد. قالب های مورد استفاده میبایست قوی و با کیفیت بالا بوده و براحتی قابل برداشت و نصب باشند.در این روش میتوان با اجرای لوله های پلیکا پیش از بتن ریزی،حفراتی در مقطع عرضی تیر به منظور فراهم شدن امکان عبور لوله های تاسیساتی و برقی ایجاد نمود.به این ترتیب تا حدودی زمینه اجرای تاسیسات در فواصل خالی زیر سقف و مابین تیرچه ها فراهم میشود و در نتیجه با حذف اجرای تاسیسات روی سقف و زیرسازی های مربوطه ضخامت سقف کاهش میابد.همچنین در این روش طول عمر لوله های تاسیساتی و برقی افزایش میابد.

- ویژگی های سیستم

-سهولت نصب و حمل قالبها به طبقات
-حذف بلوک های سفالی یا پلاستوفوم
-یکپارچگی سقف و کاهش وزن
-امکان عبور تاسیسات میان سقفی
-در دهانه نرمال ۵ متر در سقف سیاک تنها ۵ کیلو آرماتور لازم است در حالی که در سقف تیرچه بلوک ۱۲ کیلو آرماتور استفاده میشود.

●محدودیت ها

۱.نیاز سقف به شمع بندی(خود ایستا نبودن سقف)،باعث عدم توانایی در اجرای همزمان سقف طبقات می شود.
۲.انحصاری بودن اجرای سقف سیاک.

●الزامات سقف سیاک

-رفتار سیستم سقف بتن مسلح سیاک مشابه سقف های دال یک طرفه، متشکل از تیرچه های بتن مسلح و دال می باشد. در طراحی و اجرای این سقف رعایت کلیه ضوابط و مقررات ملی ساختمان ایران الزامی است.
-رعایت ضوابط آرماتور گذاری تیرچه ها و دال بتن آرمه بر اساس ضوابط موجود در آیین نامه ACI۳۱۸و مبحث ۹ مقررات ملی ساختمان الزامی است.
-به منظور اجرای لوله های برقی و تاسیسات در فضای مابین و زیر تیرچه ها لازم است هماهنگی لازم بین نقشه سازه و تاسیسات به عمل آید و بدلیل حذف بلوک های پر کننده،طراحی و اجرای سقف کاذب ضروری است.در این شیوه اجرا لازم است تمهیداتی برای اجرای سقف کاذب گچی یا بتنی به صورت درجا در نظر گرفته شده است.
-اجرای شمع های چوبی یا آهنی به منظور پایدار سازی قالب های فلزی ضروری است.
-در طراحی و اجرای این سقف تامین دیافراگم صلب،با توجه به ضوابط موجود در استاندارد۲۸۰۰ ایران الزامی است.
–لازم است یکپارچگی و کفایت دال بتن مسلح به عضو باربر جانبی با ارائه محاسبات مناسب در طراحی و اجرا تأمین شود.
-رعایت الزامات مربوط به بازشوها در سقف ها، بر اساس مبحث نهم مقرارت ملی ساختمان ایران الزامی است.
-در این شیوه اجرا به دلیل حذف بلوک های پرکننده، طراحی و اجرای سقف کاذب ضروری است.
-اجرای شمع های چوبی یا آهنی به منظور پایدارسازی قالب های فلزی ضروری است.
-رعایت تمهیدات لازم متناسب با شرایط اقلیمی و محیط‌های خورنده ایران الزامی است.
-رعایت الزامات مبحث ۱۹ مقررات ملی ساختمان، جهت صرفه جویی در مصرف انرژی الزامی است.
-رعایت مبحث سوم مقررات ملی ساختمان در خصوص حفاظت ساختمان ها در برابر حریق و همچنین الزامات نشریه شماره ۴۴۴ مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن مربوط به مقاومت جداره ها در مقابل حریق با در نظر گرفتن تعداد طبقات، ابعاد ساختمان، کاربری و وظیفه عملکردی عنصر ساختمانی ضروری است.
-صدابندی هوابرد و کوبه ای سقف بین طبقات می‌بایست مطابق مبحث هجدهم مقررات ملی ساختمان تأمین شود.
-اخذ گواهینامه فنی برای محصول تولیدی، پس از راه‌اندازی خط تولید کارخانه، از مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن الزامی است.

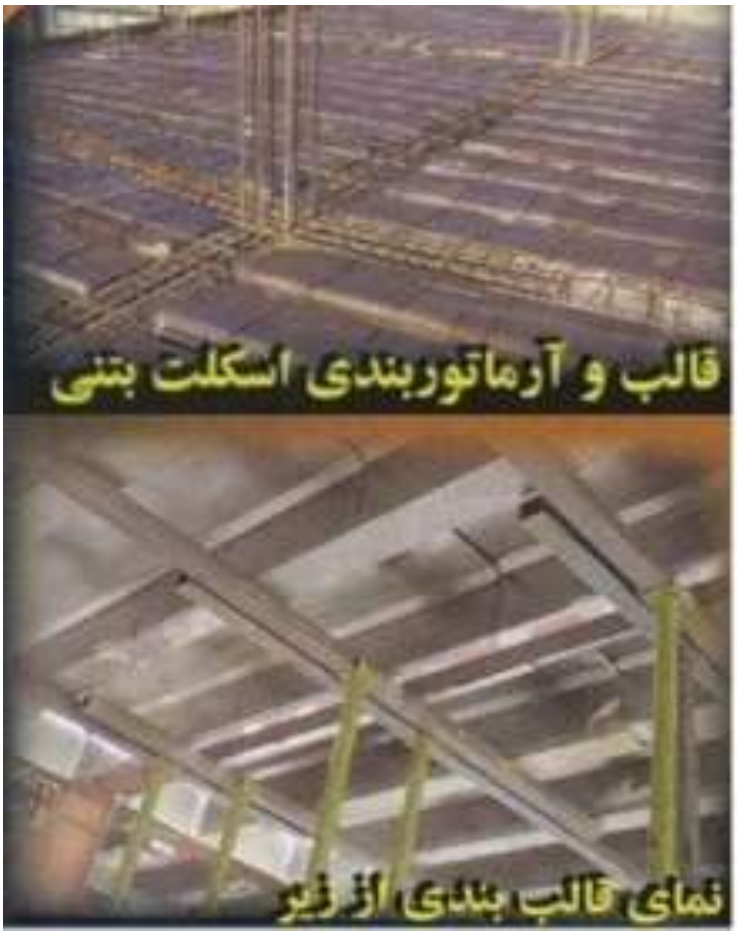
●مراحل اجرای سقف سیاک

۱.بستر سازی درتراز زیر سقف با استفاده از قوطیهای فلزی وجکهای فلزی با قابلیت تنظیم ارتفاع برای ترازنمودن بسترمناسب برای کارگذاری قالبهای فلزی.

۲.کارگذاری قالب های فلزی در جهت تیر ریزی مطابق بانقشه های محاسباتی سازه

۳.صب لقمه های بتنی پیش ساخته در داخل قالب ها جهت کنترل پوشش کامل وزیرین میلگردها.

۴.میلگردگذاری درداخل قالبها ، مطابق با نقشه ها ومحاسبات سازه ای.



۵.نصب یونولیت ها ی ۷×۷×۱۰ سانتیمتر جهت ایجاد حفره های عبور تاسیسات عمود برتیرچه

۶.بتن ریزی سقف

۷.قالب برداری

۸.عبور تاسیسات

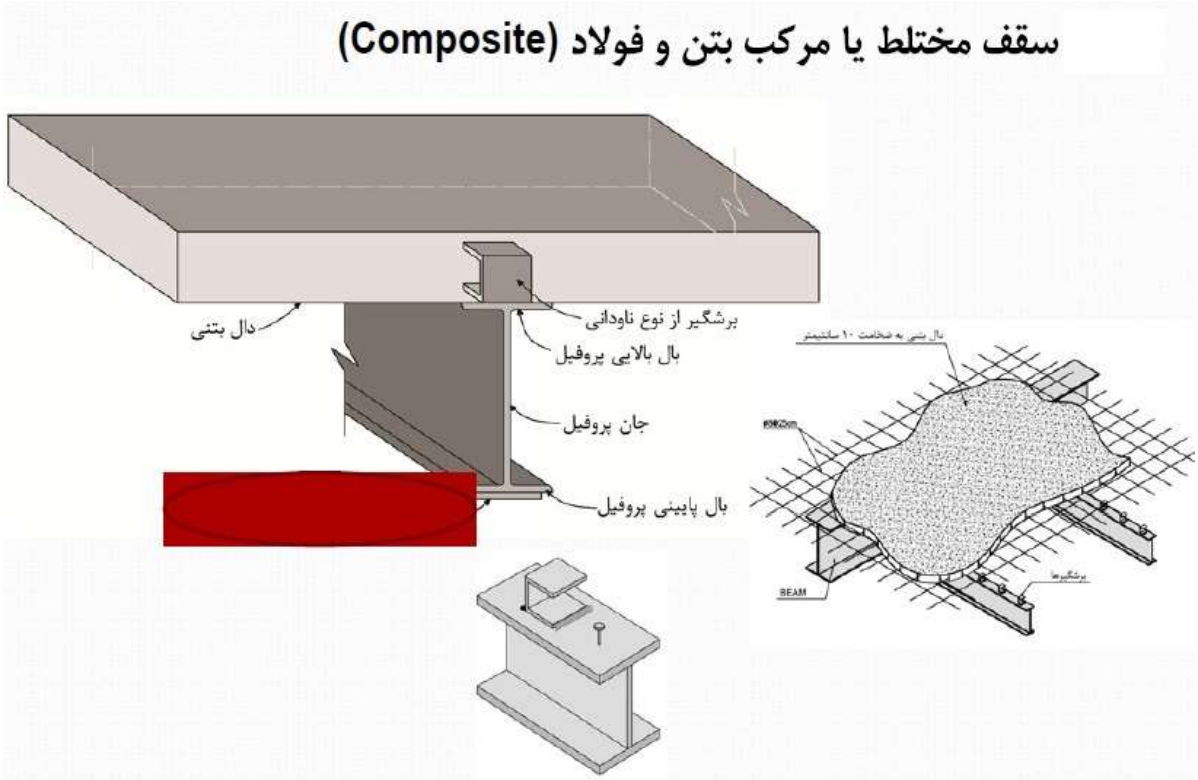
۹.نصب هر نوع سقف کاذب دلخواه

۵.سقف کامپوزیت

این نوع سقف صرفا در اسکلت فلزی قابل اجرا است. اجزای تشکیل دهنده آن شامل تیرها ی فرعی (لانه زنبوری-پروفیل) برشگیر ، بتن و آرماتورحرارتی می باشد. از آنجایی که برای اجرای سقف کامپوزیت به شمع بندی نیازی نیست این امکان وجود دارد که چند سقف به طور همزمان بتن ریزی نمود که تخته ها یا ورق های قالب بندی را نباید به هیچ وجه زودتر از زمان موعد باز کرد.

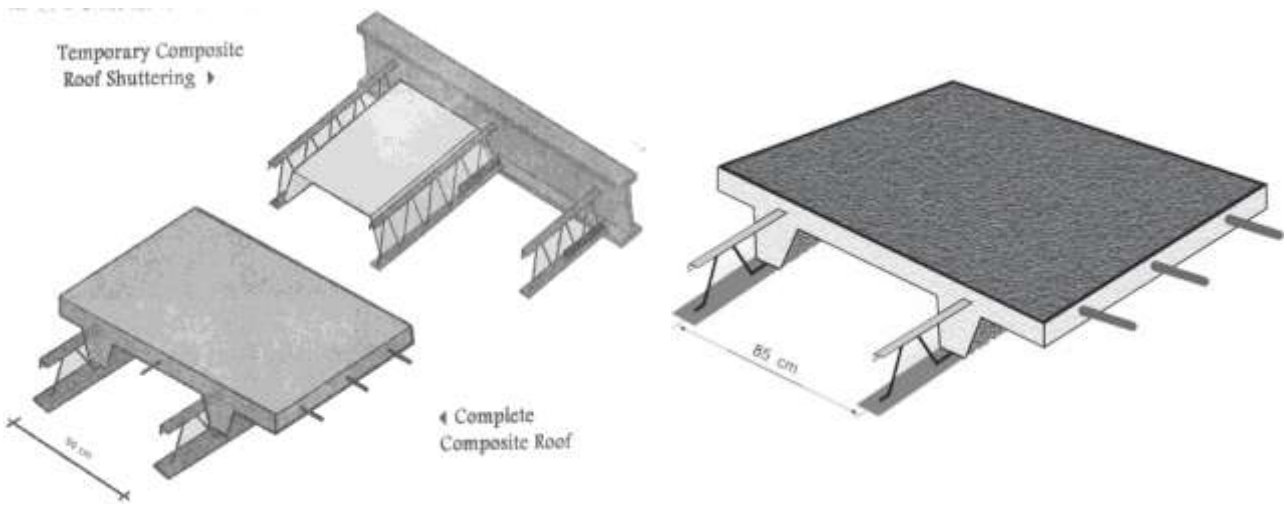
●بطور کلی می توان انواع روشهای اجرای سقف را در ۳ گروه سقف های تیرچه دار، سقفهای کامپوزیت، و دالهای بتنی تقسیم بندی نمود.که گروه سقف های کامپوزیت شامل ۴نوع سقف زیرمی باشد:

- **کامپوزیت کرمیت** (کامپوزیت پلیمری و کامپوزیت تیرچه بلوکی و کامپوزیت طاق ضربی هم داریم)
- **کامپوزیت فلزی**
- **عرشه فولادی**
- **روفیکس**



سقف بسیار خوبی است. فقط به خاطر نازک شدن المان های فولادی، کنترل فرکانس و ارتعاش خیلی مهم است. علاوه بر این پارامتر آسایش در سطح پایینی قرار دارد.

سقف کامپوزیت کرمیت



منطبق با نشریه ۱۵۱ سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی

تیرچه‌های فلزی (کرمیت) با ارتفاع cm۲۷

فاصله آکس به آکس تیرچه‌ها cm۸۵

فاصله لب به لب (آزاد) تیرچه‌ها cm۷۵

ارتفاع قالب فلزی cm۲۵

ضخامت بتن روی قالب cm۷ الی ۶

●مزایای فنی و اقتصادی

۱.کاهش وزن سقف:

سقف کامپوزیت با ۲kg/m۲۱۰ در مقایسه با سقف کامپوزیت معمولی (۲kg/m۲۶۰) و تیرچه بلوک (۲kg/m۳۵۰) به عنوان سبک‌ترین انتخاب (بعد از سقف کامپوزیت عرشه فولادی) جهت کاهش وزن ساختمان و در نتیجه کاهش نیروهای ثقلی و نیروی زلزله و در نتیجه کاهش وزن اسکلت ساختمان می‌باشد.در صورتی که استفاده از این سقف در محاسبات توسط مهندس محاسب در نظر گرفته نشده باشد و در زمان اجرا، مجری، سازه را با استفاده از این نوع سقف احداث نماید این کاهش وزن باعث بالارفت ضریب اطمینان سازه در مقابل وقوع زلزله می‌گردد. (زیرا نیروی زلزله رابطه مستقیم با وزن ساختمان دارد.)

۲.نداشتن لرزش نسبت به سیستم کامپوزیت معمولی:

سیستم کامپوزیت رایج در ایران که با تیرآهن ساده یا لانه زنبوری اجرا می‌شود، دارای جان پر نیستند ولی تیرچه‌های کرمیت دارای جان باز بوده که در هنگام بتن‌ریزی، جان تیرچه‌ها کاملاً از بتن انباشته گردیده و تشکیل مقطعی ذوزنقه‌ای شکل و بسیار مقاوم را می‌دهند.

۳.پایین بودن تنش بتن:

بال فوقانی تیرچه‌های کرمیت جهت حذف شمع‌بندی و براساس بارهای زمان اجرا طراحی می‌گردد که پس از اجرای سقف و بتن‌ریزی در بتن باقی مانده و در باربری نهایی شرکت کرده و باعث کاهش تنش در بتن می‌گردد.

۴. امکان نظارت بر اجرای سقف در طول عملیات اجرایی:

با توجه به این که قالب‌ها پس از بتن‌ریزی باز می‌شوند، مشاهده کیفیت بتن اجرا شده امکان پذیر می‌باشد و این امر امکان نظارت بر اجرا را فراهم می‌نماید.

۵.مقاومت نهایی و شکل‌پذیری بالا

۶.امکان طراحی و اجرای سقف با دهانه‌ها و باربری‌های خاص:

در سقف کامپوزیت کرمیت با توجه به سبکی وزن سقف و کاهش بار وارده به تیرچه‌ها اجرای دهانه‌های بلند تا ۸متر با اطمینان خاطر انجام گرفته و تنش بتن بسیار پایین باقی خواهد ماند و بتن را دچار لغزش ننموده و ضریب مقاومتی سقف بالا می‌باشد.

۷. کاهش مصرف تیرچه:

از آنجا که در این سیستم بلوک حذف می‌شود، وزن بلوک از وزن سقف کاسته می‌شود و این کاهش وزن حدود ۱۰ درصد کاهش مصرف تیرچه و ۷ درصد کاهش در وزن اسکلت و فونداسیون ساختمان را در پی خواهد داشت.

۸.کاهش هزینه بواسطه جایگزینی قالب‌بندی به جای بلوک:

با توجه به اینکه از هر قالب فلزی به راحتی تا ۲۰ بار امکان استفاده فراهم است هزینه مربوطه به مراتب کمتر از هزینه بلوک می‌باشد.

●سایر مزایا:

۱.عدم نیاز به شمع‌بندی

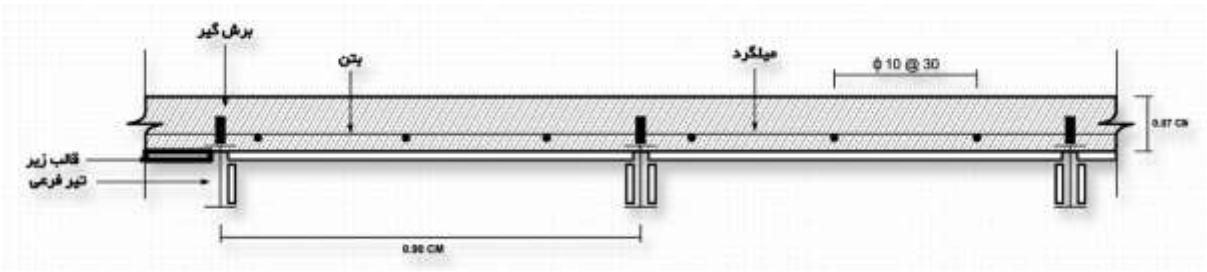
۲. بالا بودن سرعت اجرا

۳. امکان اجرای همزمان چند سقف

۴. عدم نیاز به دپوی مصالح

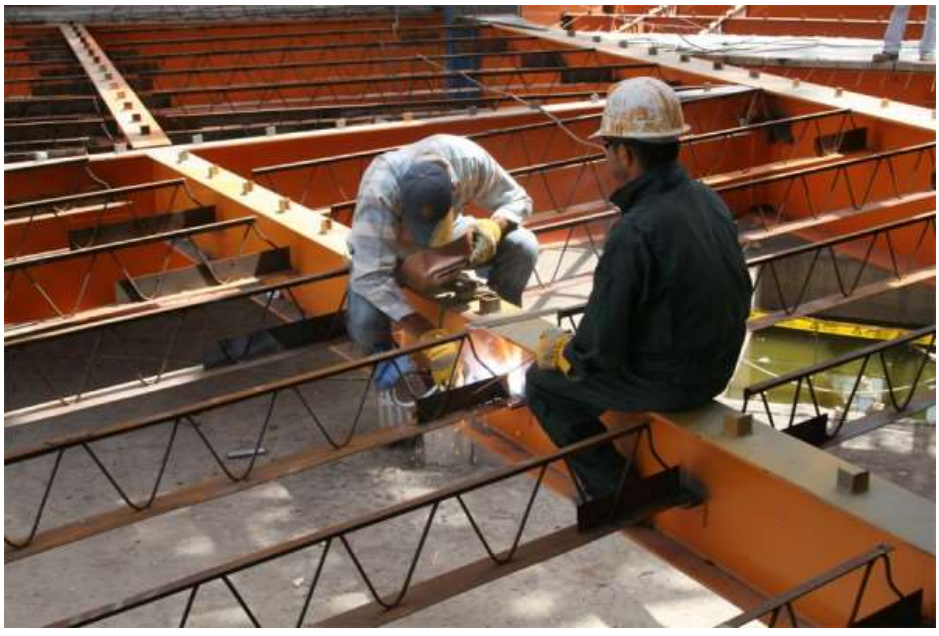
۵. سهولت اجرای داکت و تأسیسات از بین تیرچه‌ها (**cm۷۵** فاصله آزاد)

۶. امکان حذف کش‌ها



●مراحل اجرای سقف کامپوزیت کرمیت

۱.نصب تیرچه کرمیت

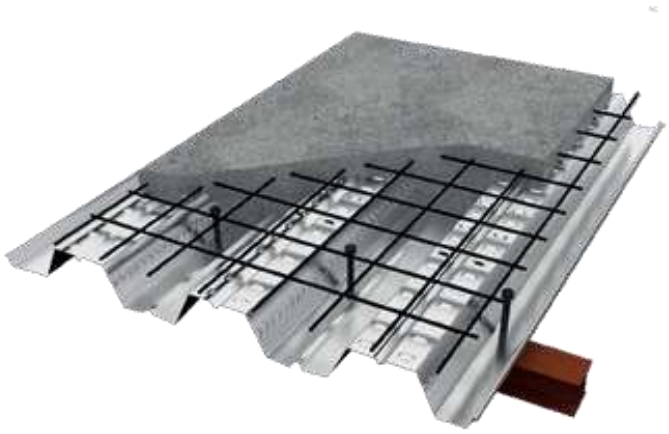


۲. نصب و فیکس کردن قالب

۳.آرماتوربندی (آرماتور حرارتی) و بتن ریزی

۴.بازکردن قالب (دکفراژ) و حمل آن به ترازهای بعدی

۶.سقف کامپوزیت عرشه فولادی



این نوع سقف در سالهای اخیر رواج زیادی درساختمان سازی پیداکرده است.دلیل اصلی این اقبال خوب سازدگان و پیمانکاران ساختمانی ، سرعت بالای اجرای آن است.اجزای تشکیل دهنده سقف عرشه فولادی شامل تیرهای فرعی ، ورق گالوانیزه ذوزنقه ای ، گل میخ ، بتن و آرماتورحرراتی می باشد. البته برخی از مهندسین طراح یک آرماتورخمشی در پایین مقطع بتنی سقف (داخل کنگره ی ورق عرشه فولادی) تعبیه میکنند. در واقع مهندس طراح دراین حالت از نقش ورق عرشه فولادی بعنوان المان کششی مقطع صرف نظر میکند وورق عرشه فولادی راصرفا بعنوان قالب در نظر میگیرد. یکی دیگر از دلایل رواج سقف عرشه فولادی ایمنی قابل قبول آن درحین اجراست.چراکه پس از پخش کردن و اتصال ورق ها به سازه(بوسیله دستگاه میخکوب) یک عرشه فولادی گسترده ایجاد می شود که یک سطح ایمن را دراختیار اکیپ اجرایی قرار می دهد و آنها میتوانند با اطمینان خاطر و ایمنی بالا به ادامه عملیات اجرایی سقف بپردازند.

برای نخستین بار در سال ۱۷۴۲ میلادی ، شیمیدان فرانسوی ، پل مالوین ، روشی برای روکش دار کردن آهن ارائه کرد . او باغوطه ور کردن آهن درون روی ذوب شده توانست آهن روکش دار تولید کند .سال ها بعد ، در دهه ۱۸۲۰ ، هنری پالمر ، مهندس و معمار ، برای نخستین بار آهن با پوشش گالوانیزه را کنگره دار کرد . این مصالح جدید عرشه موجدار فلزی به دلایل متعددی نظیر سبکی ، مقاومت بالا ، مقاومت در برابر خوردگی ، حمل و نقل واجرای آسان ،به سرعت به مصالحی رایج در صنعت ساختمان کشور هایی چون ایالات متحده ، شیلی ، نیوزیلند ، استرالیا و با گذشت زمان در هندوستان و انگلستان و متعاقب آن در دیگر کشورهای اروپایی تبدیل شد . هنری پالمر برای تولید سقف های مرکب عرشه فولادی از آهن با درصد کربن پائین **Wrought iron** استفاده می کرد که با گذشت زمان این آلیاژ جای خود را به فولاد نرم **Mild steel** داد . پس از سال ها سقف های مرکب عرشه فولادی با تغییرات متعدد و پیشرفت های چشمگیر ، به یکی از رایج ترین مصالح ساختمانی برای اجرای سقف ها تبدیل شدند . در ابتدا از اینگونه سقف ها تنها به عنوان قالب درجا برای بتن ریزی سقف های متداول استفاده می شد . سپس مهندسین محاسب به این نتیجه رسیدند که با ایجاد تمهیداتی به منظور درگیری کامل بتن و عرشه فولادی ، پس از گیرش و سخت شدن بتن ، از نقش سازه ای این عرشه ها نیز بصورت مرکب در مرحله بهره برداری استفاده

نمایند . در دهه ۱۹۸۰ و با افزایش نیاز به سقف های مرکب عرشه فولادی شرکت های بزرگی در این زمینه آغاز به فعالیت کردند و هم اکنون نیز پیشرفت این صنعت با سرعت بالایی رو به افزایش است .

- سقف کامپوزیت عرشه فولادی در مجموع شامل چهار نوع مصالح است که عبارتند از:

الف) ورق فولادی ب) برشگیر ج) آرماتور د) بتن

الف) ورق فولادی (Steel Sheet)

ورق فولادی شاخص‌ترین مصالح این نوع سقف می‌باشد که برای ساخت آن ورق فولادی گالوانیزه (هر دو طرف) با ضخامت‌های ۰/۸ تا ۱/۲ میلیمتر را به وسیله دستگاه‌های Rol Forming به روش نورد سرد (Cold Forming) به حالت موجدار شکل دهی می‌کنند به صورتی که در مقطع ورق حاصله هر موج به شکل یک ذوزنقه دیده می‌شود. برای محاسبه مشخصات هندسی مقطع می‌بایست از ضخامت پوشش گالوانیزه Zinc Coating صرف نظر نمود ارتفاع ذوزنقه‌ها (عمق کنگره) حداکثر ۷۵ میلیمتر می‌باشد همچنین عرض متوسط کنگره‌های پرشده با بتن نمی‌بایست کمتر از ۵۰ میلیمتر باشد.

ضمن رعایت ضوابط موجود برای این ورق‌ها می‌توان آنها را برای کاربری‌های مختلف به حالت‌های خاصی از ذوزنقه شکل داد تا به قابلیت‌های جدیدی دست یابند. این ورق‌ها می‌بایست در جان خود (قسمت شیبدار ورق) دارای فرورفتگی‌ها و برجستگی‌هایی باشند تا درگیری Interlock بین فولاد و بتن را ایجاد نمایند. در طی مراحل بارگیری، حمل و دپوی این ورق‌ها می‌بایست دقت لازم برای جلوگیری از تغییر شکل Deformation آنها صورت گیرد.

ب) برشگیر (Stud Shear Connector)

برشگیرها یا گل میخ‌های خاصی که در این نوع سقف استفاده می‌شود به جهت نوع مصالح و روش خاص اجرا، یکی دیگر نقاط قوت این نوع سقف محسوب می‌شود. قطر این برشگیرها حداکثر ۲۰ میلیمتر و ارتفاع آنها بسته به شکل ورق فولادی متغییر می‌باشد و در نهایت حداقل ارتفاع گل میخ بعد از نصب که از بالای ورق زوزنقه‌ای اندازه‌گیری می‌شود نباید کمتر از ۴۰ میلیمتر باشد.

این گل میخ‌ها به وسیله دستگاه جوش قوس الکتریکی خاصی که Stud Welder خوانده می‌شود به بال تیرهای سازه‌ای جوش می‌شود. این فرآیند جوشکاری می‌تواند هم به صورت مستقیم روی بال تیر سازه‌ای انجام گیرد (Direct Attach Welding) و هم از روی ورق فولادی انجام گیرد (Through the Sheet Welding) قبل از قرارگیری گل میخ یک حلقه سرامیکی در محل جوش قرارمی‌گیرد تا از حوضچه مذاب ایجاد شده در لحظه ایجاد قوس الکتریکی محافظت نماید.

ج) آرماتور (Reinforcement)

آرماتوربندی در چهار مورد زیر می‌بایست اجرا گردد:

۱- مقاومت در برابر لنگر منفی در دهانه‌های ممتد و کنسول ها

۲- بارهای متمرکز یا بازشوها

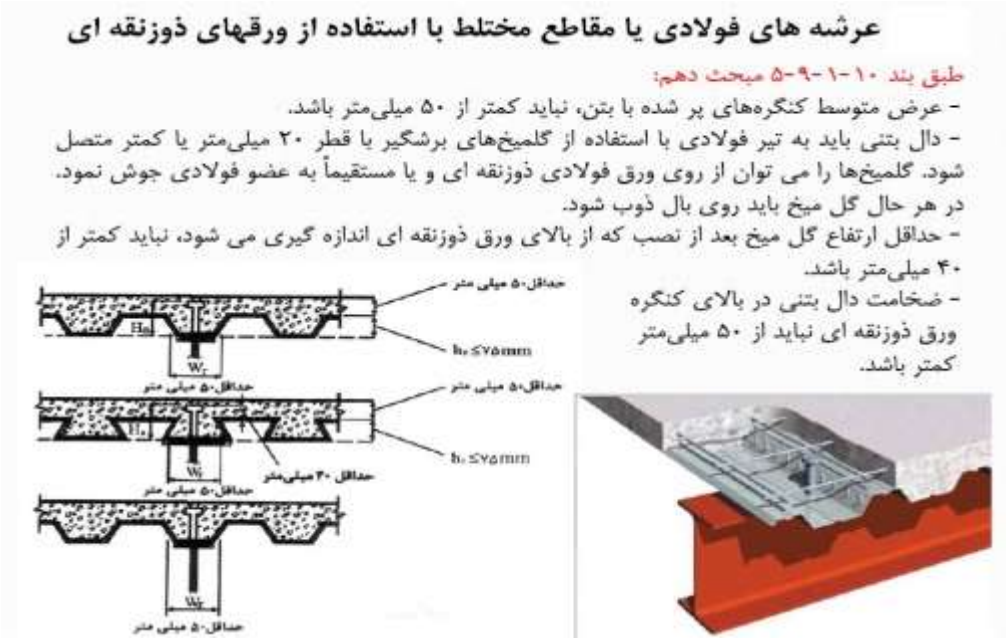
۳- آرماتور حرارتی

۴- مقاومت در برابر لنگر مثبت در صورتی که از عملکرد کششی ورق فولادی صرف‌نظر شود.

آرماتوربندی این سقف در صورتی که با استفاده از میلگردهای آجدار مرسوم و موجود در بازار صورت گیرد تا حدودی وقت‌گیر (نسبت به سایر مراحل اجرای این نوع سقف) خواهد بود اما در صورت استفاده از مش‌های آماده (**Fabric Reinforcement**) این مرحله از اجرای سقف نیز با سرعت قابل قبولی صورت خواهد پذیرفت البته این مش‌های آماده می‌بایست مطابق با استانداردهای مربوطه ساخته، حمل و نصب گردند.

د) بتن

مقاومت فشاری بتن مورد استفاده با توجه به اینکه از بتن سبک یا بتن معمولی استفاده شود می‌تواند 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 هندسی مقطع می‌بایست به جهت کنگره‌های ورق فولادی نسبت به تیر سازه‌ای موجود دقت نمود چرا که در صورت عمود بودن کنگره‌ها بر تیر، از بتن موجود در زیر سطح فوقانی ورق ذوزنقه‌ای باید صرف‌نظر نمود. ضخامت دال بتنی در بالای کنگره روق ذوزنقه‌ای نباید از ۵۰ میلیمتر کمتر باشد. با توجه به این موضوع در صورت استفاده از ورق فولادی با ارتفاع حداکثر **۷۵mm** مجموع ضخامت سقف **۱۲۵mm** خواهد بود. یکی دیگر از راهکارهای سرعت بخشیدن به اجرای این سقف استفاده از بتن دارای فیبرهای پلیمری یا فولادی (**Fibre Reinforced Concrete**) می‌باشد که با استفاده از آن می‌توان آرماتوربندی را در اکثر نقاط عرشه فولادی خذف نمود که البته تهیه، حمل و ریختن آن می‌بایست با دقت خاص و براساس آئین‌نامه‌های مربوطه باشد.



●مزایای سقف عرشه فولادی:

۱- سرعت اجرای بالا

۲- بدون نیاز به شمع‌بندی

۳- امکان اجرای چندین سقف به طور همزمان

۴- حذف کامل مراحل قالب‌بندی و دکفراژ

۵- کاهش تعداد نیروهای فرعی

۶- کاهش بار مرده

۷- در اختیار داشتن یک عرشه فولادی با ایمنی بالا قبل از بتن‌ریزی

۸- کاهش ضخامت سقف

۹- سطح یکنواخت و یکدست زیر سقف با ظاهری زیبا

۱۰- قابلیت اجرا در پلان‌های معماری پیچیده با رعایت جزئیات

۱۱- امکان شکل‌دهی و تعیین موقعیت دقیق داکت‌های تاسیساتی

۱۲- امکان اجرای سقف‌های مختلف با کاربری‌ها و دهانه‌های متفاوت

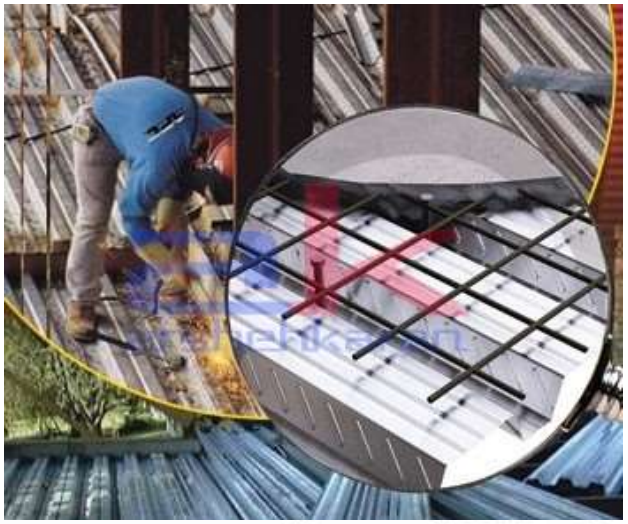
۱۳- امکان اجرا در انواع شرایط آب و هوایی

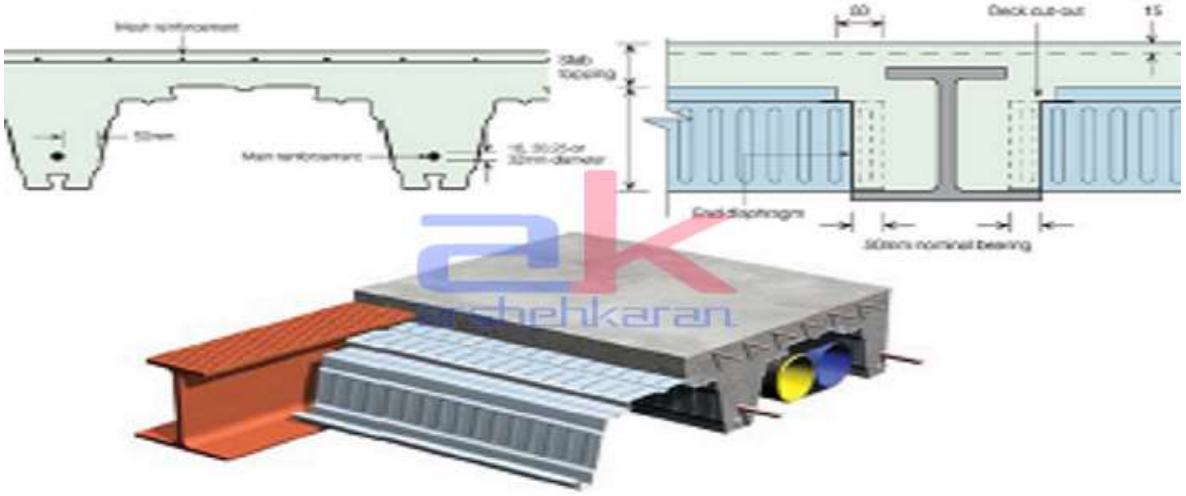
۱۴- عمر مفید طولانی

● اجرای سقف:

نصب ورق‌های فولادی با سرعت بالایی انجام می‌گیرد چرا که کافی است پس از چیدن ورق‌ها و پوشش دهانه‌ها، به وسیله‌ی دستگاه‌های میخکوب مخصوص، ورق‌ها را در محل نشیمن روی تیرهای سازه‌ای ثابت کرد پس از این مرحله که می‌بایست به صورت همزمان یا بلافاصله بعد از چیدن ورق‌ها انجام گیرد، گل‌میخ‌ها نصب و سپس آرماتوربندی و در نهایت بتن‌ریزی انجام خواهد شد. همانطور که گفته شد مراحل اجرای این سقف یکی پس از دیگری با سرعت بالایی انجام می‌شود و با توجه به این موضوع که برای اجرای سقف کامپوزیت عرشه فولادی نیازی به شمع‌بندی نیست (تا دهانه ۳ متر) این امکانوجود دارد که چندین سقف به طور همزمان پس از نصب ورق‌ها، ثابت کردن آنها و نصب گل میخ‌ها و اجرای آرماتوربندیف بتن‌ریزی شوند، این امر موجب می‌گردد تا در ساختمان‌های بلند مرتبه که معمولاً عملیات نصب اسکلت با سرعت بیشتری صورت می‌گیرد دیگر با مشکل سرعت پایین اجرای سقف‌ها مواجه

نباشیم. آنچه در اینجا لازم به ذکر است این است که در برخی از پروژه‌های ساختمانی، سازه براساس نوع سقف دیگری طراحی شده است، بنابراین تیرهای فرعی می‌بایست از نو و با توجه به مشخصات فنی سقف کامپوزیت عرشه فولادی طراحی شوند، این سقف به طور معمول تا دهانه ۳ متر بدون نیاز به شمع‌بندی قابلیت اجرا دارد بدین معنی که دهانه‌ای به طول ۶ متر بدون نیاز به شمع و فقط با نصب یک تیر فرعی به وسیله این نوع سقف قابل اجرا خواهد بود. معمولاً برای دهانه‌های بیش از ۳ متر از شمع‌بندی موقت (**Temporary Propping**) استفاده می‌شود که بسته به نیاز و شرایط از یک یا دو ردیف شمع استفاده خواهد شد.





نمونه لبه با ورق پوشش

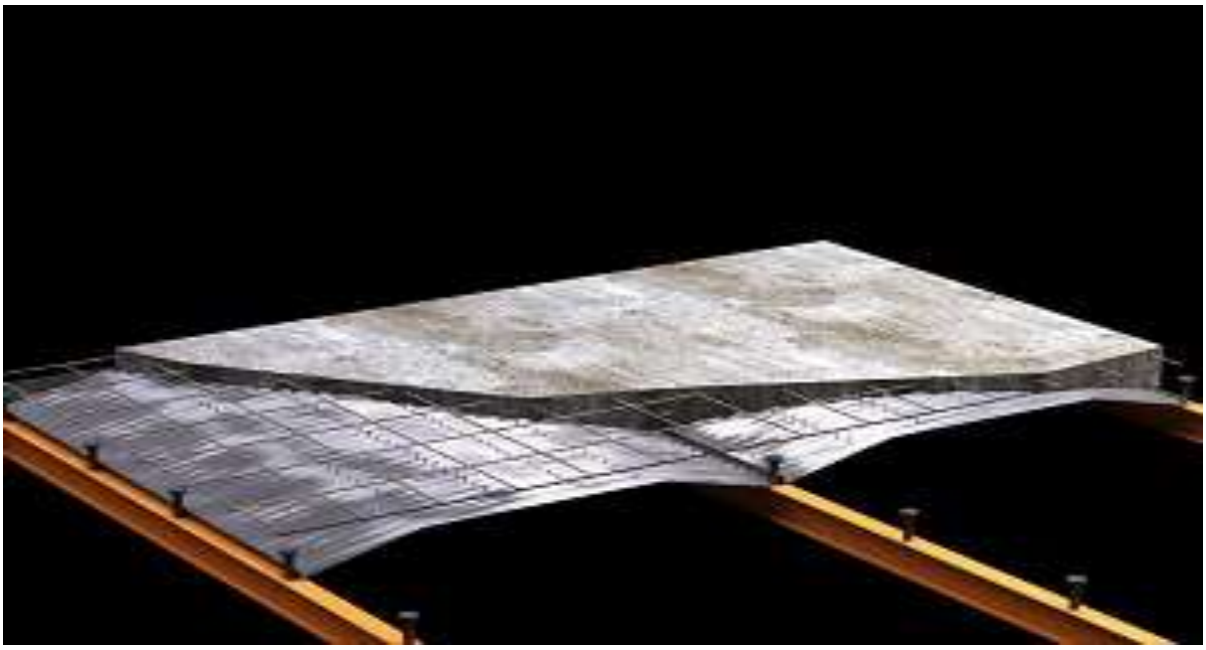
کنسول جانبی با تیر براکت

نمونه کنسول انتهایی

اتصال لبه

۷.سقف بیگیت (عرشه فولادی قوس دار)

سیستم سقف بیگیت به عنوان یک اختراع در سال ۱۳۸۹ در کشور به ثبت رسیده است. این سیستم، نوعی سقف مرکب فولادی- بتنی است که از قالب فولادی قوسی شکل با نام تجاری " بیگیت " در قالب بندی سطح زیرین دال بتن مسلح استفاده شده است. قالب بیگیت از ورق گالوانیزه به ضخامت ۶/۰ یا ۷/۰ میلیمتر ساخته شده و با شکل قوسی و کنگره ای خود قابلیت تحمل بارهای حین اجرا را دارا میباشد. این قالب در سقف بیگیت از نوع ماندگار بوده و در باربری و عملکرد سازهای سقف هیچگونه نقشی برای آن در نظر گرفته نمیشود. از طرف دیگر، در دال بتنی بالای قالب ، یک شبکه آرماتور پیش بینی شده است.



سقف بیگیت همانند سقفهای کامپوزیت متداول اجرا میشود با این تفاوت که به جای قالببندی سنتی، از قالب بیگیت استفاده شده و این قالب از دو طرف بر روی نبشیهای نشیمن که به تیرچه ها و تیرهای قاب اصلی سازه جوش شده، قرار گرفته و در جای خود محکم میشود. از مزایای این سیستم سقف میتوان به اجرای ساده و ایمن و همچنین سرعت بالای اجرا آن اشاره نمود. به طور کلی این سیستم مشمول ضوابط سقف های مختلط فولادی - بتنی مطابق با ضوابط فصل ۱۰-۱-۹ مقررات ملی ساختمان ایران بوده اما با توجه به قوسی بودن شکل قالب فولادی مورد استفاده در اجرای سقف ، ضوابط ویژه ای بر آن حاکم است. سیستم سقف بیگیت در مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی مورد ارزیابی قرار گرفته و کاربرد آن در حیطه الزامات فنی تدوین شده، مجاز میباشد.

سقف بیگیت همانند سقفهای کامپوزیت متداول اجرا می شود با این تفاوت که به جای قالببندی سنتی، از قالب بیگیت استفاده شده و این قالب از دو طرف بر روی نبشیهای نشیمن که به تیرچه ها و تیرها ی قاب اصلی سازه جوش شده، قرار گرفته و در جای خود محکم میشود. از مزایای این سیستم سقف می توان به اجرای ساده و ایمن و همچنین سرعت بالای اجرا آن اشاره نمود.

به طور کلی این سیستم مشمول ضوابط سقف های مختلط فولادی-بتنی مطابق با ضوابط فصل ۱۰-۱-۹ مقررات ملی ساختمان ایران بوده اما باتوجه به قوسی بودن شکل قالب فولادی مورد استفاده در اجرای سقف، ضوابط ویژه ای بر آن حاکم است .سیستم سقف بیگیت در مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی مورد ارزیابی قرار گرفته و کاربرد آن در حیطه الزامات فنی تدوین شده، مجاز میباشد.

●مزایای سقف بیگیت:

۱ .تامین پارکینگ:
امکان اجرای بیگیت در دهانه های بزرگ، باعث حذف ستون های پارکینگ و لذا افزایش فضای قابل استفاده در پارکینگ ها می شود.
۲ .ارزانی:
تیرریزی سقف های بیگیت، حدود ۴۵ درصد از سقف کامپوزیت، ۳۰ درصد از سقف عرشه فولادی و ۳۰ درصد از سقف تیرچه بلوک ارزان تر می باشد.
۳ .سبک سازی:
تیرریزی سقف های بیگیت، حدود ۳۰ درصد از سقف کامپوزیت، ۲۰ درصد از سقف عرشه فولادی و ۲۰ درصد از سقف تیرچه بلوک سبک تر می باشد.
۴ .کاهش تعداد ستون ها:
قابلیت ستون گذاری با فواصل ۶ متر، بدون افزایش وزن پروفیل های تیرریزی.
۵ .سادگی اجرا:اجرای بیگیت ساده و منطبق با فرهنگ ساخت و ساز کشور می باشد و نیاز به تجهیزات خاص اجرایی ندارد.
۶ .سرعت بالای اجرا:
سریع ترین سیستم اجرای سقف با توانایی اجرای کامل یک سقف در روز.
۷ .ایمنی بالا:
استحکام قالب بیگیت، باعث کاهش خطرات جانی و مالی حین اجرای سقف می شود.
۸ .قابلیت اجرا بدون شمع بندی
۹ .امکان نصب برشگیر قبل از تیرریزی
۱۰ .یکپارچگی سقف :
شکل بیگیت سبب یکپارچگی بالای بتن سقف با قالب می شود.
۱۱ .ارتعاش صفر:
ارتعاش سقف بیگیت، به علت ممان اینرسی بالاتر نسبت به سایر سقف ها و شکل خاص آن، در حد صفر می باشد.
۱۲ .پروفیل به جای تیرورق:
قابلیت استفاده از پروفیل به جای تیرورق، در پل ها تا دهانه ی ۱۰ متر.
۱۳ .تیرهای فرعی بلند:
امکان بهره وری از پروفیل، جهت تیرهای فرعی بلند تا ۱۱ متر.

۱۴ .زیبایی :
به علت شکل قوسی- کنگره ای قالب ها، در موتورخانه ها، پارکینگ ها و ... می توان از زیبایی قالب به جای سقف کاذب استفاده نمود، که باعث انعکاس نور و ایجاد روشنایی بهتر می گردد.
۱۵ .کاهش هزینه ی تیرریزی :
استفاده از تیرهای فرعی کوچک تر، که معمولاً ارزان تر نیز می باشند، سبب می گردد، که تیرریزی به راحتی و با دست قابل انجام باشد.

۱۶ .اجرای همزمان سقف ها:
اجرای بدون نیاز به شمع بندی، توانایی اجرای همزمان سقف ها را فراهم می آورد. (درصورت تامین مهار جانبی(

۱۷ .قابلیت اجرای سقف در سازه های بتنی
۱۸ .عدم نیاز به سوراخ کاری جان پل ها:
برای عبور تاسیسات، به راحتی می توان از فاصله ی میان روی پل ها و زیر قوس قالب ها استفاده نمود.

- **اجرای سقف بیگیت:**

الف- مراحل قبل از اجرای سقف بیگیت:

۱ .نصب نبشی نشیمن:

جوش نبشی ۳ به بال فوقانی تیرهای فرعی با زاویه ی ۲۰ درجه.

۲ .نصب برشگیرها:

نصب ناودانی ها یا گل میخ ها (با ارتفاع ۱۶ سانتی متر) به فواصل ۳۰ سانتی متر بر روی تیرهای اصلی و فواصل ۵۰ سانتی متر بر روی تیرهای فرعی.

ب- مراحل اجرای سقف بیگیت :
۱ .تیرریزی:

تیرریزی مطابق نقشه های اجرایی انجام می شود.

۲ .نصب قالب های بیگیت:

قالب های بیگیت، به راحتی و بدون نیاز به بست، پرچ یا جوشکاری، بر روی نبشی های نشیمن تیرها قرار داده می شوند.

۳ .اجرای فلشینگ:

درقسمت پل ها، جهت جلوگیری از ریزش بتن، از قالب فلشینگ بیگیت استفاده می شود.

۴ .بستن دور کار:

با استفاده از تخته های با ارتفاع ۲۰ سانتی متر، دور کار به طور کامل بسته می شود.

۵ .آرماتوربندی:

شبکه ی آرماتور، مطابق استاندارد سیستم بیگیت(BCS) ، اجرا می گردد.

۶ .شمع بندی:

درصورت طراحی سقف با شمع بندی، می بایست فقط زیر تیرهای سقف، قبل از بتن ریزی شمع بندی استاندارد انجام شود.

۷ .بتن ریزی:

مطابق نقشه های اجرایی و با عیار داده شده، بتن ریزی با ضخامت معادل ۱۱ تا ۱۲ سانتی متر (بسته به فواصل تیرهای فرعی) انجام می گیرد.

●الزامات فنی سیستم سقف بیگیت

۱) ورق های قوسی شکل بیگیت تنها نقش قالب بتن را ایفا می کند و مقاومت فولاد آن نباید در محاسبات منظور شود.

۲) به منظور استقرار قالب بیگیت، ضروری است دو پروفیل نبشی L۳۰×۳۰×۳ به لبه های تیرچه ها و تیرهای قاب اصلی سازه با زاویه مناسب به عنوان نشیمن گاه قالب با جوش متصل شود.

۳) ضخامت ورق قالب باید حداقل ۶/۰ میلی متر باشد.

۴) حداقل ضخامت بتن موجود در راس قالب ۵۰ میلی متر می باشد.

۵) حداقل پوشش زیر میلگردها در محل راس قالب به اندازه ۱ سانتی متر می باشد.

۶) حداکثر فاصله محور تا محور تیرچه ها در این روش ۱۵۰ سانتی متر می باشد.

۷) حداقل ضخامت بتن در محل تیرچه ها که از سطح روی تیرچه تا سطح تمام شده بتن اندازه گیری می شود، ۱۷ سانتی متر می باشد.

۸) عرض موثر دال بتنی رویه که در محاسبات منظور می شود (be) برابر است با نصف عرض موثر محاسباتی حاصل از ضوابط بند ۱۰-۱-۹-۱ مبحث دهم مقررات ملی ساختمان ایران.

۹) ارتفاع برشگیرها باید طوری در نظر گرفته شود که سطح فوقانی آن حداقل ۲ سانتی متر بالاتر از راس قالب قرار گیرد.

۱۰) به منظور بهبود عملکرد تیرهای کناری در برابر کمانش جانبی - پیچشی ضروری است تیرچه های متعامد به فواصل حداکثر ۵/۲ متر در چشمه های کناری به تیرچه های سقف جوش شود.

۱۱) در طراحی و اجرای سقف، تامین ضوابط دیافراگم صلب با توجه به مفاد بند ۲-۹ و پیوست ۶ استاندارد ۲۸۰۰ ایران الزامی است.

۱۲) قالب ماندگار بیگیت باید مقاومت لازم در برابر وزن شبکه میلگردی ، بتن تازه و بارهای حین اجرا را داشته باشد.

۱۳) ضوابط مربوط به محافظت در مقابل خوردگی به خصوص در مناطق مرطوب و حاشیه دریاها باید رعایت شود.

۱۴) در اجرا با قالب بیگیت باید تمهیدات مناسب برای بستن ابتدا و انتهای قالب ها و جلوگیری از خروج بتن و یا شیره بتن در نظر گرفته شود.

۱۵) درصورت عدم استفاده از شمعبندی زیر سقف در حین اجرا، باید تنش های حاصل از وزن شبکه میلگردی، بتن تازه و بارهای حین اجرا

به تنش های حاصل از بارگذاری پس از گیرش بتن اضافه شده و مقطع تیرچه بر اساس مجموع تنشها محاسبه شود.

۱۶) رعایت الزامات مبحث نوزدهم مقررات ملی ساختمان ایران جهت صرفه جویی در مصرف انرژی الزامی است.

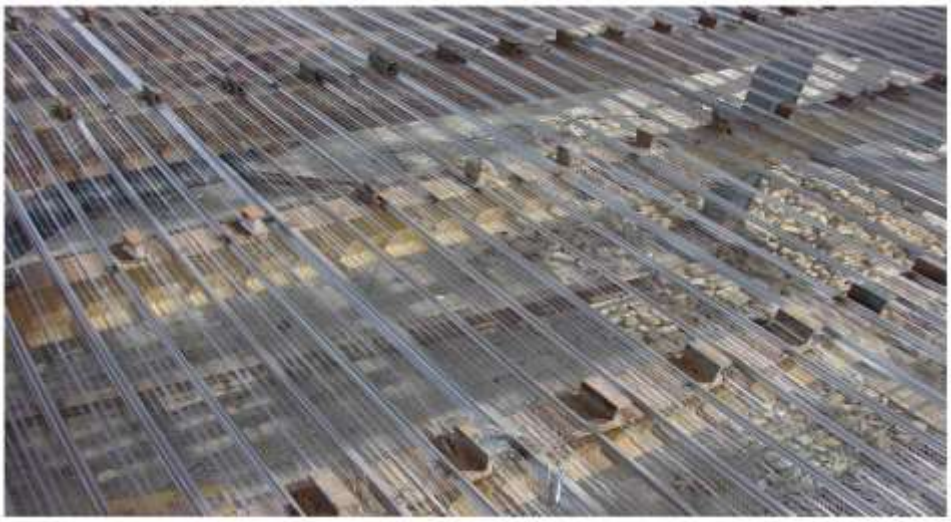
۱۷) رعایت الزامات مبحث سوم مقررات ملی ساختمان ایران در خصوص حفاظت ساختمان ها در برابر حریق و همچنین الزامات نشریه شماره۴۴۴ مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی مربوط به مقاومت اجزای ساختمان در مقابل حریق با در نظر گرفتن تعداد طبقات، ابعاد ساختمان، کاربری و وظیفه عملکردی عنصر ساختمانی ضروری است.

۱۸) صدا بندی هوابرد و کوبه ای سقف بین طبقات باید مطابق مبحث هجدهم مقررات ملی ساختمان ایران تامین شود.

۱۹) در نظر گرفتن جزئیات دقیق مسیر و محل نصب کلیه اجزای تاسیسات مکانیکی و برقی در مرحله طراحی و اجرای سقف، ضروری است.

۲۰) سایر ضوابط و ملاحظات طراحی و اجرا منطبق بر ضوابط فصل ۱۰-۱-۹ مبحث دهم مقررات ملی ساختمان ایران می باشد.

۸.سقف کامپوزیت روفیکس



این سقف درواقع همان سقف کامپوزیت است که بجای تخته یا ورق (که بعنوان قالب استفاده می شوند) از یک صفحه فلزی مشبک با نام روفیکس بعنوان قالب ماندگار استفاده میشود. جنس روفیکس ورق گالوانیزه به ضخامت ۰/۷. تا ۰,۸ میلیمتر است . همین مشبک بودن روفیکس موجب می شود بتن تازه به خوبی با آن درگیر شود و بدلیل ترکیب بتن و فلز مقاومت بدست آمده برای تحمل بارهای وارده به سقف قابل توجه خواهد بود. فاصله تیرهای فرعی تا حداکثر ۸۰ سانتی مترمیتواند باشد چراکه بیشتراز آن باعث شکم دادن روفیکس درهنگام بتن ریزی خواهد شد.اجزای تشکیل دهنده این نوع سقف شامل روفیکس ، ارماتورو بتن می باشد.ساده بودن روش اجراو سرعت بالای کار از مزایای این سقف می باشد اما از انجا که روفیکس یک قالب ماندگار است جزء مصالح مصرفی سقف به حساب امده و در نتیجه هزینه آن را کمی بالا می برد.

روفیکس صفحه فلزی مشبکی است که دارای هفت ناودانی به شکل V و تعداد حداقل ۷۰۰۰ شبکه در هر متر مربع می‌باشد .بیش از چهل و پنج سال است که در کشورهای اروپایی از این محصول استفاده می‌شود. روفیکس در ابتدا به صورت سقف کاذب مسلح (بدون نیاز به شبکه آرماتور) مورد استفاده قرار گرفت . با بستن روفیکس به زیر تیرهای فرعی توسط مفتول فلزی دیگر نیازی به نصب شبکه آرماتور برای نگهداری سقف کاذب وجود نداشت و این خود موجب صرفه‌جویی در مصرف مصالح و همینطورباعث سرعت و سهولت در اجرا می‌شد.

مقاومت خمشی قابل توجه روفیکس مهندسین را بر آن داشت که با قرار دادن آن بر روی تیرهای فرعی و ریختن بتن بر روی آن، این محصول را به عنوان قالب و همینطور بخشی از فولاد تقویتی مورد استفاده قرار دهند .آزمایشات متعدد نشان دادند که ترکیب بتن با روفیکس از طریق درگیر شدن بتن در شبکه‌های آن ، مقاومت قابل توجهی را در مقابل بارگذاری از خود نشان می‌دهد .امروزه روفیکس با حدود نیم قرن حضور در صنعت ساختمان در اروپا هنوز جزو یکی از مصالح ساختمانی شناخته شده و مفید محسوب می‌شود.

●مشخصات:

ورق اولیه: ورق رول به ضخامت ۰,۸ میلیمتر از نوع فولاد مبارکه۱۲ -ST

ـ انواع : در دو نوع روغنی و گا لوانیزه.

ـ ابعاد : عرض ۸۲ سانتیمتر و طول حداکثر ۱۲ متر.

ـ وزن : حدود ۴ کیلوگرم در متر مربع

بتن: متراکم کردن بتن نیز به راحتی توسط تخته ماله امکان پذیر است. اسلامپ مناسب برای بتن دال بین ۳ الی ۵ سانتیمتر می‌باشد .

●امتیازات سقف روفیکس

۱ـ سهولت اجرا

نصب روفیکس نیازی به نیروی ماهر مانند قالب بند ندارد و انجام آن توسط کارگران ساده ساختمانی به راحتی امکان پذیر است. همچنین همزمان با قرارگرفتن روفیکس بر روی تیرها، یک شبکه ایمنی در زیر پای کارگران گسترده می‌شود که از سقوط اجسام و افراد کاملا جلوگیری می‌نماید .

۲ ـ سرعت

سرعت قالب بندی با روفیکس در حدود ۸۰۰ مترمربع در روز با دو کارگر می‌باشد. با پوشش روفیکس در تمام طبقات ساختمان ،می‌توان کلیهٔ طبقات را همزمان بتن ریزی کردودر ضمن قابلیت شکل پذیری روفیکس این امکان را بوجود می‌آورد که فرمهای پیچیدهٔ معماری را نیز بتوان به سهولت قالب بندی کرد .

۳ـ سهولت حمل و نقل ، و حجم ناچیز ضایعات

بر خلاف مصالحی مانند بلوک سفالی و بتنی متداول ، بارگیری و حمل روفیکس هیچگونه ضایعاتی ندارد. انبار کردن روفیکس به فضای کمی نیازمند است بطوری که یک کامیون به ظرفیت ۱۰ تن قادر است بیش از ۲۵۰۰ متر مربع قالب روفیکس را حمل کند .

۴ـ افزایش استحکام سازه

قرار گرفتن روفیکس در سطح زیرین دال ، یعنی در ناحیهٔ حداکثر تنش کششی و قفل شدن بتن در شبکه‌های آن ، موجب می‌شود که تنش های حاصل از بارگذاری به ناودانی‌ها روفیکس منتقل شوند. هر یک از ناودانی‌های روفیکس دارای سطح مقطعی برابر با ۴۰ میلیمتر مربع (معادل سطح میلگردی به قطر ۷ میلیمتر) می‌باشد. فاصلهٔ

ناودانی‌های روفیکس از یکدیگر ۱۳,۵ سانتیمتر است.

بنابراین در هر متر عرض روفیکس سطح مقطع فلزی برابر ۳۰۰ میلیمتر مربع قرار می‌گیرد.

بر خلاف شبکهٔ میلگرد که درآن میلگردها مستقل از یکدیگر عمل می کنند .ناودانی‌های روفیکس از طریق شبکهٔ آن به یکدیگر متصل بوده و یک سطح یکپارچهٔ فولادی تشکیل می‌دهند.

بارگذاری های متعدد نیز نشان داده‌اند که ترکیب روفیکس و بتن در صورتی که متراکم کردن بتن و درگیری آن با شبکه‌های روفیکس به نحو مطلوبی انجام شده باشد،می‌تواند در حذف و یا کاهش مصرف آرماتور ،مؤثر واقع شود.

طبق آزمایشات انجام شده بر روی سقف روفیکس ، مقاومت خمشی ازمایشگاهی این سقفها حدودا ۲۰ درصد بالاتر از مقاومت خمشی محاسباتی انها می باشد.

این افزایش مقاومت ،بدان علت است که ،به هنگام بتن ریزی ،روفیکس در وسط دهانه حدود۱ سانتیمتر خیز بر می دارد.در نتیجه عمق مقطع مرکب بتنی دال در وسط دهانه افزایش یافته واین اضافه مقاومت رافراهم می کند.که البته در جهت اطمینان ،در محاسبات سقف روفیکس از این پدیده صرفنظر می کنند.در شکل زیر یک نمونه آزمایش خمشی دال در آزمایشگاه مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن ایران مشاهده می‌شود.در هیچ یک از بارگذاری‌ها از میلگرد و یا هر گونه مصالح تقویتی دیگر استفاده نشده و آزمایش‌ها صرفا به منظور مطالعه رفتار بتن و روفیکس صورت گرفته‌اند.جدول طراحی و انتخاب ضخامت دال بتنی روی قالب روفیکس و رابطهٔ بین ضخامت دال بتنی و اندازهٔ دهانهٔ تیرهای فرعی برای شرایط مختلف بارگذاری درنمودار هایی تنظیم شده اند.
بعنوان مثال ، چنانچه فاصلهٔ تیرهای فرعی از یکدیگر برابر با یک متر تعیین شده باشد ، دال بتنی با ضخامت ۷ سانتی‌متر می‌تواند ، با رعایت حاشیهٔ اطمینان قانونی ، سرباری معادل ۱۶۰۰ کیلوگرم بر متر مربع را تحمل کند.
آزمایشات مختلف نشان داده‌اند که ظرفیت نهایی دال در حدود سه برابر مقادیر این نمودار می‌باشد.

- **مزایای اجرایی**
- **سرعت و سهولت در اجرا**
- **عدم نیازبه نیروی ماهر**
- **کاهش هزینه مصالح سقف**
- **عدم نیاز به شمع یا جک**
- **بدون نیاز به بالابر ویا جرثقیل برای نصب روی طبقات**
- **حذف قالب بندی به روش سنتی**
- **امکان بتن ریزی همزمان همه طبقات**
- **کاهش ضخامت و وزن سقف‌ها**
- **ایمنی بیشتر در مقابل زلزله**
- **کاهش مصرف مصالح دراسکلت ساختمان**
- **ایجاد سقف دوجداره وعایق دربرابرصدا و حرارت**
- **قابلیت عبور تآسیسات از داخل ضخامت سقف**

- **جلوگیری از پوسیدگی لوله‌ها**
- **قابلیت شکل پذیری بی نظیر برای ساخت فرم‌های پیچیده**
- **قابلیت حمل مساحت‌های زیاد با صرف حداقل انرژی و هزینه**

- **کاربردهای روفیکس نسل اول**

سیستم روفیکس – دلتا:

سیستم روفیکس- دلتا چگونه متولد شد؟

یک سال پس از رخداد زلزله بم، از شرکت تکنوخلاق دعوت شد تا با حضور در این شهرستان طرحی را که مشترکاً با همکاری گروه مهندسین سالم ابداع کرده بود در یک واحد نمونه به نمایش بگذارد. بنیاد مسکن جمهوری اسلامی از پیش، تعدادی اسکلت فلزی برای احداث واحدهای مسکونی به مساحت تقریبی ۵۵ متر مربع برای این منظور آماده کرده بود و از نوآوران صنعت ساختمان خواسته بود که طرح های خود را در این واحدها به نمایش بگذارند. اسکلتی که در منطقه اسفیکان شهرستان بم دراختیار شرکت تکنوخلاق و گروه مهندسین سالم قرار داده شد برای یک بنای یک طبقه با سقف تیرچه- بلوک بود. با توجه به وزن مردهٔ اینگونه سقفها، علاوه بر چهار ستون گوشه ها، ستونی نیز در میان آن در نظر گرفته شده بود که یک سر تیرهای اصلی سقف بر روی آن تکیه داشتند. با تغییر روش در اجرای سقف از تیرچه –بلوک به "روفیکس- دلتا"، و تجدید نظر در محاسبات، نتایج زیر حاصل شدند:

حذف چهار تیر اصلی میانی سقف،

حذف ستون میانی،

حذف فونداسیون ستون میانی،

حذف شناژهای متصل کننده فونداسیون میانی به شناژهای پیرامونی

روفیکس (نسل اول) یک نوع قالب فلزی "درجا" (ماندنی) برای سازه های بتنی است.

قالب فلزی روفیکس در صنعت ساختمان موارد استفادهٔ بسیار زیادی دارد. در ایران بیشتر برای اجرای سقف (کف) مرکب، دیوار و پله های یکپارچهٔ بتنی استفاده میشود. استفاده از قالب روفیکس در زمینه های دیگر ساخت و ساز به سرعت در حال گسترش است. وزن سبک، سرعت نصب بدون نیاز به نیروی ماهر، فرم پذیری فوق العاده، حداقل ضایعات هنگام حمل، نگهداری و نصب، تأثیر آن در کاهش مصرف مصالح دیگر مانند آهن و بتن و همینطور نقش آن در بهبود رفتار ساختمان در برابر زلزله، استفاده از این محصول منحصربفرد را تقریباً اجتناب ناپذیر کرده است. ساخت بیش از ده مدرسه و آموزشگاه و همینطور دو کلینیک پزشکی تحت نظر سازمان صلیب سرخ بین المللی و هلال احمر ایران و نمایندگی جمهوری چک در شهرستان بم پس از زلزله سال ۱۳۸۳ و همینطور مصرف صدها هزار مترمربع روفیکس در طی سالهای گذشته، حاکی از روی آوردن معماران و مهندسین عمران به این محصول ممتاز ساختمانی در ایران می باشد

قالب فلزی روفیکس به عنوان یکی از مصالح سودمند در "ساخت وساز پایدار" مطرح شده است. این امتیاز، بخصوص تأثیر آن در جلوگیری از آسیب به محیط زیست و منابع طبیعی و همینطور اثر آن در کاهش مصالح دیگر کاملاً مشهود میباشد.

آتش سوزی و عوارض مخرب آن، یکی از معیارهای مهم در انتخاب مصالح ساختمانی می باشد. قالب فلزی روفیکس نه تنها هیچ گونه خطری در این مورد ندارد، بلکه در برخی از موارد به پایداری ساختمان در برابر حریق کمک نیز می کند

امروزه نه تنها مصرف قالب فلزی روفیکس در ایران به سرعت در حال افزایش است بلکه استقبال از آن، از مرزهای آن پا فرا تر گذاشته و اکنون شاهد استفاده از روفیکس در کشورهای قزاقستان، عراق و سوریه نیز هستیم.

ابداع روش نوین " **عملیات همزمان** " در اجرای ساختمان های اسکلت فلزی موجب شده که زمان اجرا بصورت چشمگیری کاهش یابد بطوریکه کارشناسان CPM اکنون استفاده از روفیکس را به عنوان عاملی تعیین کننده در برنامه ریزی عملیات ساختمانی بسیار ضروری می دانند. (لطفاً به پیوست شماره ۴ مراجعه فرمایید).

روفیکس (نسل دوم) که در آینده نزدیک به صنعت ساختمان ارائه خواهد شد، بعنوان قالب و همینطور همه و یا بخشی از فولاد تقویتی در بتن مورد استفاده قرار خواهد گرفت. در حال حاضر تشریفات مربوط به ثبت اختراع برای نسل دوم روفیکس در انگلستان در شرف انجام می باشد که پس از انجام تشریفات مربوطه و اخذ تأییدیه های لازمه، تقریباً با همان قیمت عرضه خواهد گشت. به این صورت در مصرف آرماتور، در سطح ملی، صرفه جویی قابل توجهی میسر خواهد شد.

تعریف: قالب فلزی روفیکس (نسل اول) نوعی قالب درجا است. مواد اولیه آن ورق روغنی یا گالوانیزه به ضخامت ۰/۷۰ و ۰/۸۰ میلیمتر مطابق با استاندارد DIN1623-1(ST12) است. روفیکس دارای هفت ناودانی به شکل V به عمق ۱۸ میلیمتر می باشد. ورق بین ناودانی ها بصورت مشبک (با نقش جناغی Herringbone) درآمده است که موجب درگیری بهتر بتن با آن می گردد. عرض روفیکس برابر با ۸۱±۱ سانتیمتر است و طول آن طبق سفارش بین یک متر تا هفت متر قابل تعیین می باشد.

برخی از برتری های دیگر این سیستم عبارتند از:

ایمنی اجرا: استفاده از روفیکس در مقایسه با روشهای متداول از ایمنی بیشتری برخوردار است. بعنوان مثال، برخلاف روش تیرچه بلوک که خطر شکستن و در رفتن بلوک و یا در روش قالب بندی چوبی، که خطر در رفتن تختههای قالببندی ممکن است موجب سقوط افراد شود، قالب روفیکس مانند یک توری ایمنی عمل می کند و حتی در صورت افتاد کارگر بر روی آن فقط ممکن است کمی تغییر شکل یابد ولی به هیچ وجه خطر سقوط افراد و یا اجسام از ارتفاع وجود ندارد.

تعمیرات و نگهداری: نیاز به تعمیرات و نگهداری به حداقل ممکن می‌رسد.

کاهش خسارات ناشی از تعمیرات: چنانچه نیازی به تعمیر و یا تغییراتی در سیستم لوله کشی باشد، باز کردن سقف کاذب و دسترسی به لوله ها بسیار آسانتر و ارزان تر از موقعی است که مجبور به شکافتن کف و دست یافتن به لوله ها از رو باشیم. چه بسا که پس از انجام تعمیرات و بازسازی کف احتمالاً پیدا کردن سرامیک و یا سنگی که مشابه آنچه که در بقیه سطوح کف استفاده شده میسر نباشد.

مهار پوسیدگی لوله‌ها: لوله و تأسیسات با قرار گرفتن در فضای بین دو لایه سقف دیگر یا مصالح خورنده در تماس نیستند و در نتیجه، عمر مفید آنها عملاً بطور چشمگیری افزایش می یابد.

مزاحمت کمتر برای همسایگان طبقات زیرین: در ساختمانهای روفیکس- دلتای چند طبقه، با قرار دادن لوله های هر طبقه در داخل سقف همان طبقه و گرفتن انشعاب از بالا بجای کف، هر گونه نشت آب پیش از آنکه اثر خود را به سقف طبقه زیرین وارد کند به راحتی قابل مشاهده بوده و رفع عیب بدون مزاحمت برای ساکنین طبقه زیرین انجام پذیر خواهد بود.

ستون میانی همراه با شناژهای متصل کنندهٔ آن به شناژهای پیرامونی کلاً حذف می شوند.

تیرهای فلزی بجا مانده بر روی زمین در اثر کاهش وزن سقف از لیست مصالح حذف می شوند.

تصویر ۱- با جایگزین شدن سیستم روفیکس- دلتا مقدار قابل توجهی از مصالح و نیروی کار صرفه‌جویی می‌شود.

معرفی برخی از اجزای تشکیل دهنده سیستم روفیکس- دلتا

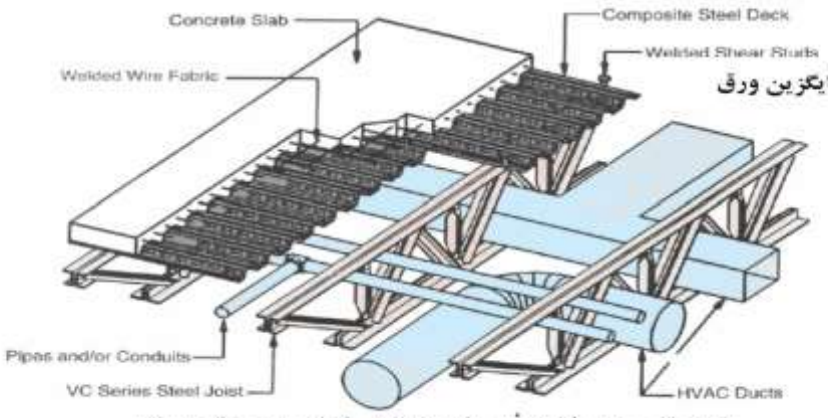
قالب فلزی روفیکس: توضیحات کاملی در باره قالب فلزی روفیکس (نسل اول) در بخش معرفی این محصول داده شد که از خواننده دعوت می شود به آن مراجعه نماید.

تیر فلزی دلتا:

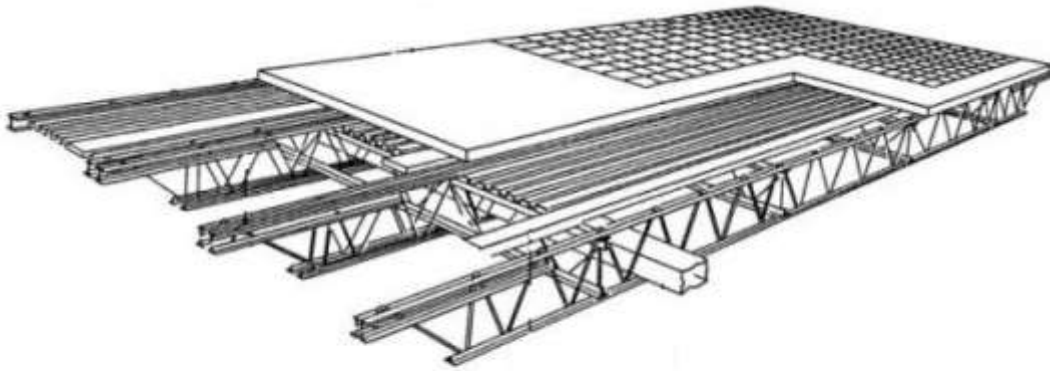
یکی از روشهای پذیرفته شده و رایج در کشورهای صنعتی برای اجرای سقف (با کف) مرکب بتنی استفاده از " تیر فلزی با جان باز open-web metal joist" است. نخستین استاندارد برای اینگونه تیرها در سال ۱۹۲۸ میلادی (۱۳۰۷ هـ ش.) توسط انستیتو تیرهای فلزی، Steel Joist Institute (SJI) در آمریکا ارائه شد. از آن تاریخ تا کنون، این سیستم تکامل چشمگیری داشته تا حدی که امروز شاهد اجرای سقف هایی با دهانه های بیش از ۷۰ متر هستیم. " تیر دلتا" نام تجارتی تیرهای فلزی با جان باز است که بصورت کارخانه ای در ایران تولید می‌شود.

تأسیساتِ سبز:

تأسیسات تهویه هوا: به این ترتیب، وجود سقف دولایه علاوه براینکه در جلوگیری از اتلاف انرژی بسیار مؤثر می باشد، فضای موجود بین دولایه سقف می تواند برای قراردادن کلیه تأسیسات تهویه، آب و برق مورد استفاده قرار بگیرد.



تصویر ۷ - نصب کلیه تأسیسات در داخل فضای بین دو لایه سقف



تصویر ۸ - شمای عمومی سقف با روش روفیکس- دلتا

برخی از برتری‌های تیر فلزی دلتا:

- سبُکی: کاهش چشمگیر وزن سازه و پی
- عدم نیاز به شمع یا جک برای نصب
- امکان اجرای اقتصادی و بهینه سقف های مرکب بتنی با دهانه های عریض بدون افزایش قابل توجه ضخامت سقف
- فراهم شدن فضای قابل توجه برای عبور دادن کلیه تأسیسات از داخل فضای بین دو لایه سقف
- عدم نیاز به کف سازی

بررسی سیستم روفیکس دلتا

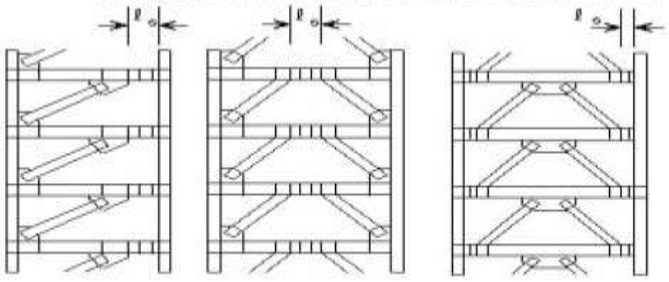
۱) از دیدگاه های مشترک معماری/ شهرسازی و مهندسی عمران:

امروزه ثابت شده که جداسازی هنر معماری و دانش مهندسی عمران اشتباه بزرگی بیش نیست. اکنون مدتی است که دانشگاههای معتبر جهان یکپارچه کردن این دو رشته را آغاز کرده اند. در این دانشگاه ها، دیگر شاهد دو دانشکده جداگانه معماری و مهندسی عمران نیستیم. دانشجویانی که از این دانشگاه‌ها فارغ‌التحصیل می شوند از هنر و فن مهندسی، هردو بهره مند می‌شوند. اینان "مهندس‌معمارهای" آینده هستند. پس شایسته است که نخست به نکته‌هایی که از هر دو دیدگاه مشترک هستند بپردازیم.

۲) از دیدگاه مهندسی عمران:

- **سبک سازی:** همانطوری که در بالا اشاره شد، با جایگزین شدن بلوک‌سفالی با روفیکس وزن مردهٔ بام از میزان تقریبی ۵۰۰ کیلوگرم در متر مربع به حدود ۲۳۰ کیلوگرم در متر مربع کاهش یافت. بنابراین، وزن کل سقف برای یک واحد یک طبقه به مساحت ۷۵ متر از ۳۷/۵ تن به ۱۷/۲۵تن کاهش می‌یابد (کاهش وزنی برابر با ۵۴٪ (یا ۲۰/۲۵تن)). این کاهش وزن تأثیر چشمگیری در سبکتر شدن بقیه اعضای اسکلت مانند تیرهای اصلی و ستونها داشته و همینطور مصرف مصالحی مانند بتن و میلگرد فونداسیون را نیز به میزان قابل توجهی پایین خواهد آورد.

- **مقاومت در برابر زلزله:** سازهٔ ساختمانهای روفیکس- دلتا، بصورتی طراحی شده که با استفاده از حداقل مصالح فلزی، حداکثر مقاومت در برابر نیروهای زلزله بوجود آید. این سازه حتی در مواقع بسیار نادر که نیروی زلزله از حد توان آن بگذرد، با تغییر شکل‌های کنترل شده در بخشهایی که از پیش برای این منظور تعیین شده اند، انرژی زلزله را جذب می‌کند و مانع فروریختن آن می‌گردد (چیزی شبیه به کاری که فیوز برق انجام می‌دهد که در مهندسی عمران به آن فیوز سازه‌ای Structural fuse و یا عضو قربانی شونده Sacrificial element گفته می‌شود و به این نوع سازه‌ها، قابهای با مهاربندی خارج از محور Eccentrically Braced Frame, EBF می‌گویند).



کاهش خطر جراحت در اثر فرو ریختن آوار ناشی از زلزله (فراهم ساختن زمان بیشتر برای فرار ساکنین): پیش از آنکه از این محصول به عنوان قالب بتن استفاده شود، روفیکس به عنوان " رابیتس آرماتور سرخود" بدون نیاز به زیربندی (مانند نبشی کشی و یا نصب شبکه میلگرد)، برای ساخت سقف کاذب به کار می‌رفت. وزن هر متر مربع روفیکس (با ورق به ضخامت ۰/۷۰ میلیمتر) کمتر از ۳/۵ کیلوگرم است و با احتساب حدود ۲/۵ سانتیمتر پوشش گچ وزن کل سقف کاذب کمتر از ۳۳ کیلوگرم در متر مربع می باشد. سقف کاذبی که با روفیکس ساخته می شود کاملاً یکپارچه بوده و برخلاف اغلب سقف های کاذب، از اجزاء تشکیل نشده که هنگام زلزله بتواند آسیبی به ساکنین ساختمان برساند (تصویر ۱۱).

تصویر ۱۰ - اجرای سریع سقف کاذب سبک و یکپارچه با روفیکس، بدون نیاز به زیربندی تا دهانه یک متر

عدم نیاز به کروم بندی برای تأمین شیب بام: تیرهای اصلی سمت شمال به میزان کمی بلندتر از تیرهای جنوبی هستند که خواه ناخواه بام را در یک شیب حدود ۵ درجه به سمت جنوب قرار می‌دهد. بنابراین نیازی به کروم بندی و کف سازی برای تأمین شیب بام نخواهد بود.

عدم نیاز به کف سازی داخل طبقات: در روشهای متداول ، معمولاً پس از اجرای سقف و عبور دادن تأسیساتی مانند لوله های شوفاژ و آب مصرفی، برای پوشاندن آنها کف سازی با استفاده از ملات پوکه لازم می باشد. در بسیاری از مواقع نیز مشاهده می‌کنیم که بجای پوکه از نخاله های ساختمانی استفاده می شود. کف سازی علاوه بر تحمیل هزینهٔ مضاعف، ضخامت و وزن سقف و نهایتاً کل بنا را نیز افزایش می دهد.

سرعت بالا : (اجرای سقف مرکب بتنی سبک با استفاده از روش روفیکس- دلتا در سه گام ساده):

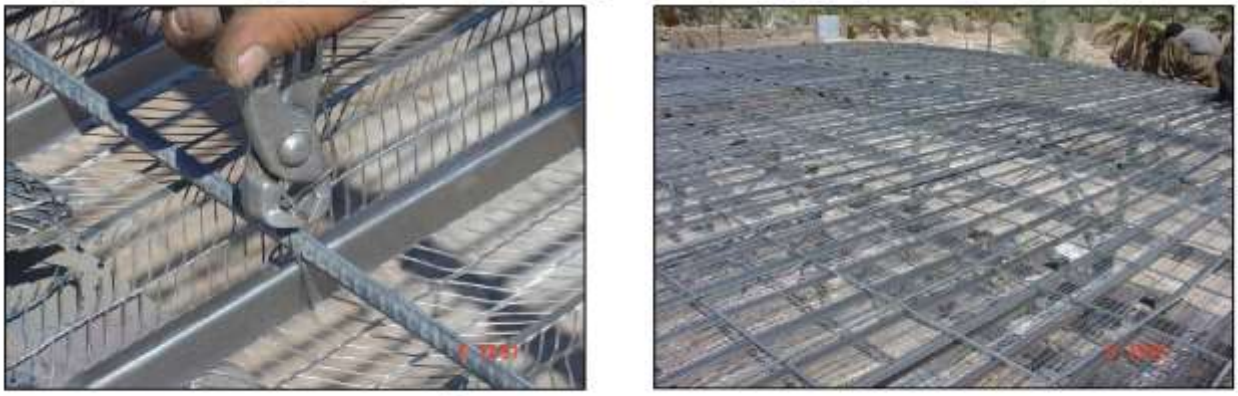
گام اول: نصب تیرهای دلتا

این تیر ها در کارخانه بصورت انبوه تولید شده و از نظر کیفیت و قیمت بهینه شده اند. وزن سبک آنها موجب می شود که هزینه حمل به محل نصب بمراتب کمتر شود. نصب تیرهای دلتا در مقایسه با تیرهای فلزی متداول بسیار آسانتر و سریعتر میباشد

تصویر ۱۲ - نصب سریع تیرهای دلتا

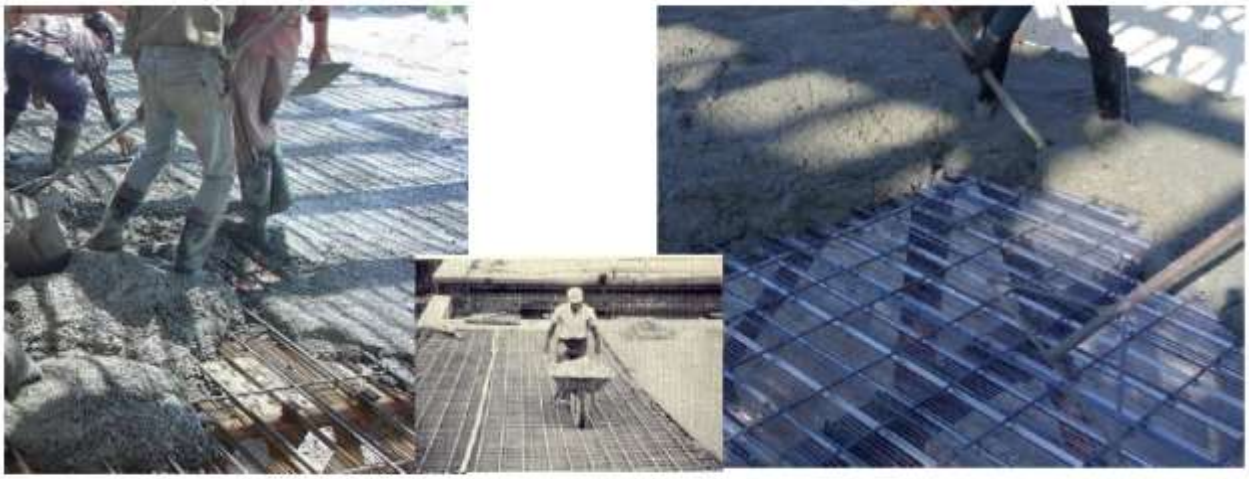
گام دوم : نصب روفیکس و شبکه آرماتور :

قالب روفیکس متناسب با اندازه دهانه‌ها در کارخانه تولید می شود. در نتیجه نیازی به بریدن و اندازه کردن آن نیست و لذا ضایعات مصرف عملاً به صفر میرسد. نصب روفیکس بر روی تیرها نیازی به نیروی ماهر ندارد و به راحتی و با سرعت قابل انجام است. پس از نصب روفیکس، شبکهٔ آرماتور بر روی آن نصب میگردد. در این مرحله، کار برای بتن ریزی آماده است (تصویر ۹).



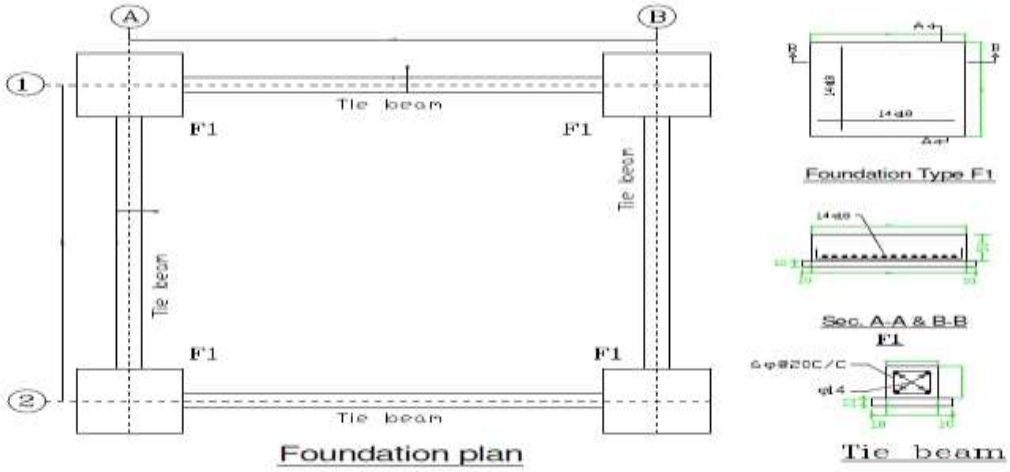
تصویر ۱۳ - نصب روفیکس و شبکهٔ آرماتور

گام سوم : بتن ریزی:

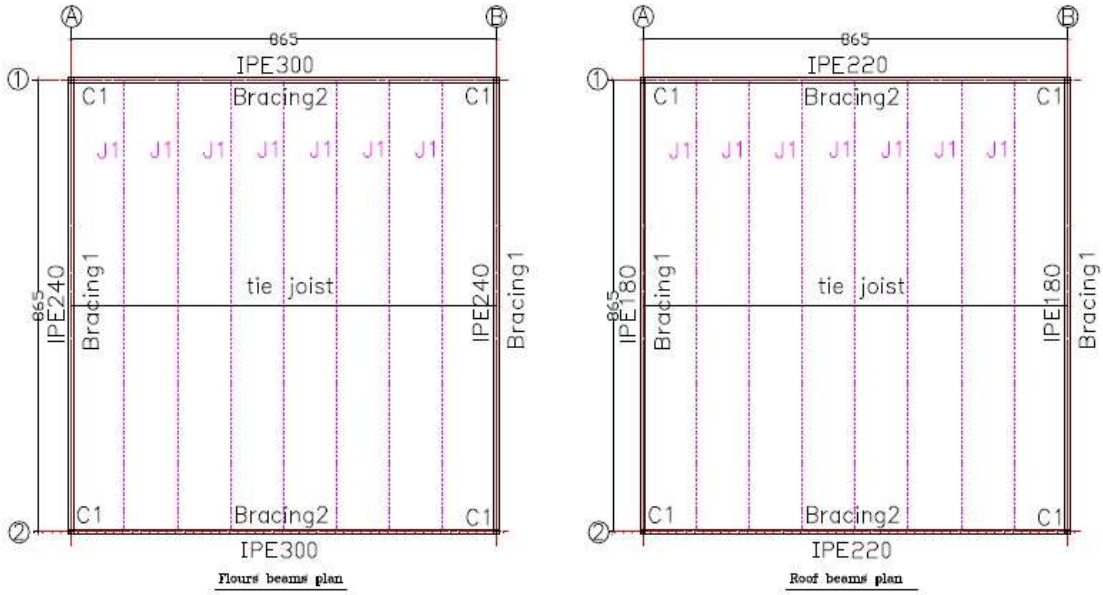


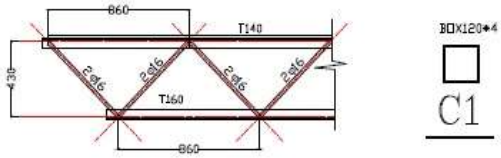
تصویر ۱۴ - بتن ریزی سقف در کمال ایمنی. حد اقل مصرف بتن در مقایسه با روشهای متداول دیگر

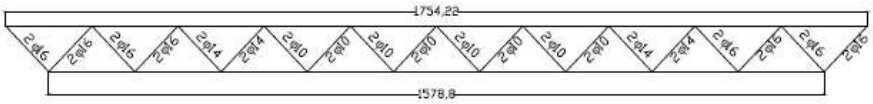
نقشه اجرایی سازه ساختمان روفیکس - دلتای دوطبقه



تصویر ۱۵ - نقشه پی (فونداسیون) برای ساختمان روفیکس - دلتا







تصویر ۱۷ - نقشه تیرریزی تیرهای با جان باز دلتا برای ساختمان روفیکس - دلتا

زمان سنجی مراحل مختلف اجرا: مراحل اجرا همراه با توضیحات لازم به شرح زیر می‌باشد:
تسطیح و خاکبرداری (آماده سازی زمین برای اجرای فونداسیون در ۳ ساعت):

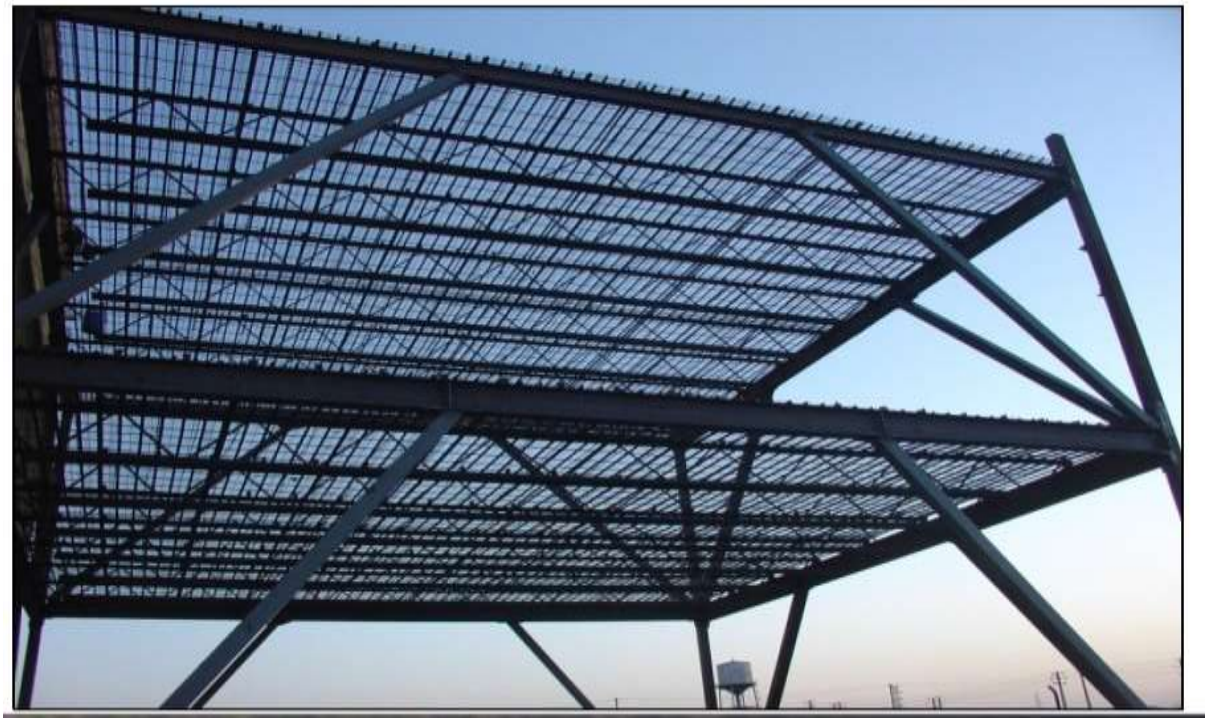
تصویر ۱۸- آماده سازی (تسطیح و خاکبرداری) زمین در ۳ ساعت

قالب بندی فونداسیون: همانطوریکه در بالا گفته شد، به دلایلی که خارج از برنامه ریزی این پروژه بود، قالب بندی فونداسیون با استفاده از روش سنتی تیغه چینی انجام شد. در پروژه‌های آینده، این مرحله از عملیات نیز با استفاده از قالب روفیکس انجام خواهد پذیرفت.

نصب آرماتور و بتن ریزی فونداسیون:

نصب اسکلت و تیرهای دلتا هر دو طبقه در ۸ ساعت

نصب روفیکس همه طبقات در عرض ۱۰ ساعت



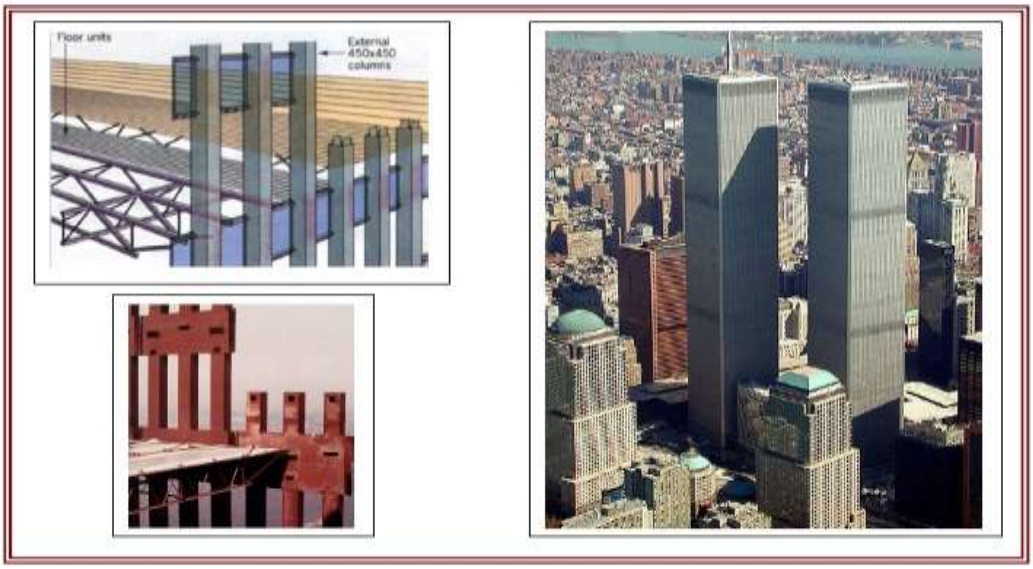
بتن ریزی هر دو طبقه در عرض چهار ساعت

بنا بر این کل زمان اجرا، از تسطیح تا بتن ریزی هر دو طبقه در عرض حدوداً ۵۳ ساعت امکان‌پذیر است

(چند ساعت نیز باید برای پاشیدن ضدزنگ به کل سازه به آن اضافه کرد).

در صورت استفاده از روفیکس برای قالب‌بندی فونداسیون، این زمان به حدود ۴۰ ساعت کاهش می‌یابد.

امکان اجرای سریع بناهای چند طبقه با سیستم روفیکس دلتا: در صورتی که اسکلت ساختمانهای روفیکس- دلتا با مقاومت کافی طراحی و محاسبه شوند، هیچ محدودیتی برای تعداد طبقات وجود ندارد. بعنوان مثال برج‌های دوقلوی ۱۱۰ طبقه نیویورک به ارتفاع ۵۲۶متر، هر دو دارای کف (سقف) مرکب (کامپوزیت) با تیرهای فلزی با جان باز بودند. انتخاب تیرفلزی با جانِ باز برای ساختن این برجها در اثر بررسی های دقیق فنی و اقتصادی صورت پذیرفته بود.



تصویر ۲۵- استفاده از تیرهای فلزی با جان باز در ساختمان های دوقلوی مرکز تجاری جهانی در نیویورک

•اجرای سقف کامپوزیت بتنی برای ساختمانهای اسکلت فلزی با استفاده از روفیکس

نکات مهم

۱- حداکثر دهانه مجاز تیرهای فرعی (بدون نیاز به زیربندی موقت) برای بتن به ضخامت تقریبی ۸ الی ۱۰ سانتیمتر برابر با یک متر است. برای دهانه های بیش از یک متر زیربندی موقت (بدون نیاز به شمع یا جک) ضروری میباشد. زیربندی موقت برای جلوگیری از خیز بیش از حد روفیکس در اثر وزن خمیر بتن و کارگرانی که آن را روی روفیکس پخش می کنند بکار میرود. برای اطلاعات بیشتر لطفاً به پیوست شماره ۲ (راه حل برای دهانه های بیش از یک متر) مراجعه بفرمایید.

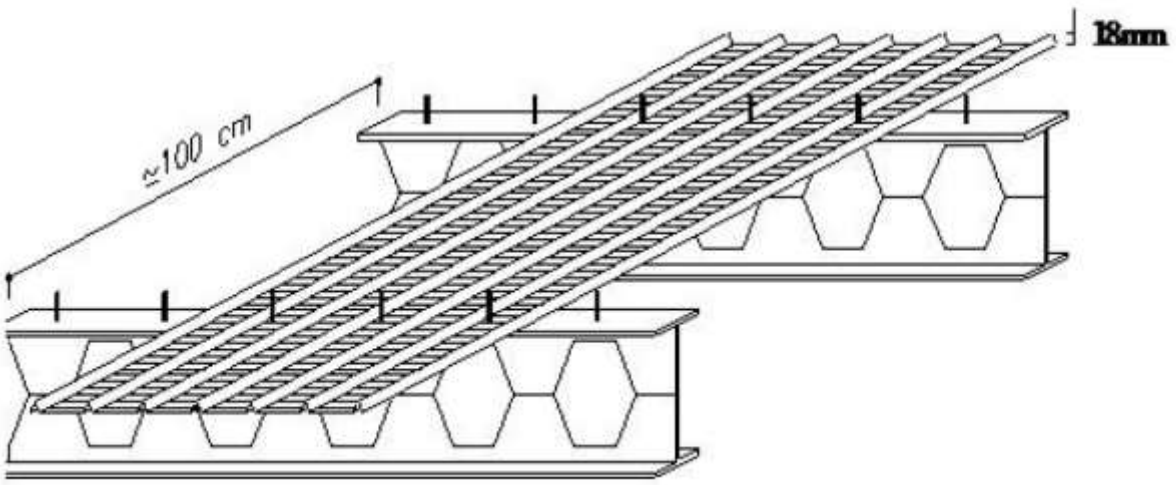
۲- لطفاً توجه کنید که بال همه تیرها در یک تراز قرار بگیرند. در این صورت از مصرف غیر ضروری بتن جلوگیری میشود.

۳- روفیکس را میتوان طبق طول مورد نیاز سفارش داد. لذا می توانید اندازه ها را از پشت تیرهای اصلی استخراج کنید. در این صورت هیچ گونه همپوشانی طولی نیاز نخواهد بود و سرعت نصب نیز افزایش خواهد یافت. همپوشانی عرضی به اندازه عرض یک ناودانی روفیکس حدوداً برابر با دو سانتیمتر در نظر گرفته می شود.

۴- اجرای بد میتواند آبرو و همینطور آیندهٔ بهترین و برجسته ترین پروژه های ساختمانی را به خطر بیاندازد. در این راستا، کارگران ساختمانی نقش مهمی را ایفا می کنند. انجام کار با دلسوزی و با دقت، کلید اصلی برای موفقیت در همه فعالیت های انسان به ویژه در عملیات ساختمانی میباشد. وقتی که یک پزشک دچار اشتباه می شود، معمولاً جان یک نفر به خطر می افتد. اجرای اشتباه در ساخت و ساز می تواند جان صدها نفر را بطور همزمان تهدید نماید.

نمای عموی

محل قرار گرفتن قالب روفیکس روی بال تیرها و عمود به محور طولی آنها است (مانند شکل زیر)



بالا بردن روفیکس و نصب آن روی تیرهای کف

الف: بالا بردن

۱- با دست

وزن هر متر مربع قالب روفیکس (نسل اول) با ورق به ضخامت ۰/۷۰ میلیمتر حدوداً ۳/۵ کیلوگرم است. بنا براین قالب روفیکس را به راحتی می توان با دست، بدون نیاز به بالابر، به طبقات بالاتر حمل کرد.

حمل روفیکس به طبقات بالاتر بدون استفاده از بالابر

لطفاً توجه کنید که در تصاویر بالا چگونه روفیکس در داخل محدوده ساختمان با اشغال حداقل فضا، انبار و نگهداری شده است.

۲- با استفاده از جرثقیل عمودی (تاور کرین)

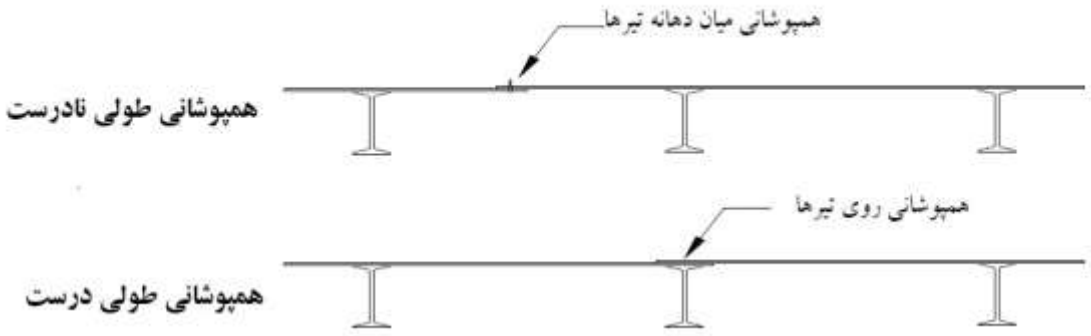
معمولاً هنگام انجام **"عملیات همزمان"** که ابتدا یکی از طبقات بالاتر اجرا می شود، روفیکس بوسیله تاور کرین به طبقه مورد نظر حمل می گردد. مثال زیر مربوط به پروژه ساختمانی در سعادت آباد تهران است که در آن ابتدا سقف (کف) طبقه دهم در زمستان سال ۱۳۸۶ اجرا شد و این امکان را فراهم ساخت که بدون نگرانی از ریزش برف و باران، قالب بندی و بتن ریزی طبقات زیرین انجام شود.

ب: نصب قالب روفیکس بر روی تیرها

تیرهای کف معمولا یا بصورت کارخانه ای، با برشگیرهای نصب شده روی آنها به پروژه تحویل می شوند و یا پس از نصب، برشگیر ها را روی آنها جوش می کنند. اگر چنانچه تیر و برشگیر ها بصورت نصب شده تحویل شوند، هنگام قرار دادن روفیکس بر روی تیرها، آن قسمت از روفیکس که بالای برشگیر قرار می گیرد بوسیله الکترود جوش کاری به راحتی بریده شده و روفیکس با فشار ملایم پا بر روی بال تیر می خوابد. در صورتی که برشگیر پس از نصب تیر بر روی آن جوش شود، به راحتی می توان پس از قرار دادن روفیکس روی تیرها، با اشاره الکترود جوش بر روی شبکه روفیکس محل برشگیر را بریده و سپس آن را بر روی سطح بال تیر نصب کرد.

نکات مهم

۱- قالب روفیکس را می توان طبق طول های مورد نظر سفارش داد. این نه تنها مصرف مواد را بهینه کرده و میزان ضایعات را به حداقل می رساند بلکه نیاز به ابزار برشکاری و نیروی کار برای بریدن و اندازه کردن قالب ها را نیز حذف می کند. بهرحال اگر چنانچه تصمیم گرفته شود که قالب روفیکس بر روی دهانه دیگری نصب گردد، توصیه می شود که هرگز همپوشانی قالبهای روفیکس در میان دهانه ها انجام نشود. تصویر زیر روش صحیح همپوشانی روفیکس را بر روی تیرها نشان می دهد.



۲- برای تأمین یکپارچگی، توصیه می شود که همپوشانی قالب روفیکس از پهلو به اندازه عرض یک ناودانی انجام شود. یکپارچگی بدست آمده می تواند در رفتار دال بتنی هنگام انبساط و انقباض حرارتی سودمند باشد.

همپوشانی عرضی نادرست

همپوشانی عرضی درست

۳- خال جوش کردن روفیکس روی تیرها: توصیه می شود که حتماً دو انتهای قالب روفیکس بر روی تیرها خال جوش شوند. در این صورت هنگام بتن ریزی از خیزبرداشتن روفیکس و احتمال در رفتن آن از روی بال تیر جلوگیری می شود. چنانچه امکان خال جوش کردن ناودانی های روفیکس روی تیرها میسر باشد، ترجیحاً همه ناودانی ها را روی تیرها خال جوش کنید.

۴- بریدن و اندازه کردن روفیکس: بریدن روفیکس به دلیل ضخامت ورق و همینطور فرم ناودانی های آن بسیار دشوار می باشد. به همین دلیل روفیکس طبق طول مورد نیاز سفارش داده می شود. لیکن در مواردی که نیاز به بریدن و اندازه کردن آن باشد، این کار را می توان با استفاده از الکترود جوشکاری و یا دستگاه فرز انجام داد.

با بریدن روفیکس با استفاده از الکترود جوشکاری، جای مناسب برای نصب برشگیرها فراهم می گردد.

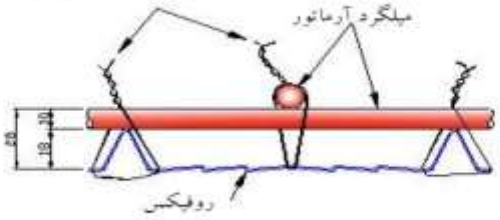
با بریدن روفیکس با استفاده از الکترود جوشکاری، جای مناسب برای نصب برشگیرها فراهم می گردد.

روفیکس را می توان با استفاده از دستگاه فرز به طول دلخواه برید.

اکنون می توان شبکه میلگرد را بر روی روفیکس نصب کرد. برای تأمین حداقل ۲/۵ سانتی متر پوشش بتن زیر میلگرد های تقویتی، ابتدا اولین ردیفهای میلگرد را عمود بر ناودانی های روفیکس بر روی آن قرار دهید. این میلگرد ها عملاً به موازات محور تیرهای فرعی قرار می گیرند. سپس میلگرد های تقویتی را عمود بر ردیف اول، بر روی آن قرار دهید. این گروه از میلگرد ها عمود بر محور تیرهای فرعی قرار می گیرند. اگر چنانچه قطر میلگردها ۱۰ میلیمتر تعیین شده باشد، در این صورت با احتساب ۱۸ میلیمتر ارتفاع ناودانی های روفیکس، فاصله بین میلگردهای تقویتی و شبکه روفیکس حدوداً برابر با ۲۸ میلیمتر خواهد شد. در نتیجه بدون آنکه از فضادهنده Spacer استفاده شود، پوشش بتن لازم برای زیر شبکه میلگرد فراهم می گردد.

حال می توان شبکه میلگرد را با استفاده از مفتول آرماتور بندی به روفیکس بست. با بستن شبکه آرماتور به روفیکس مقاومت خمشی آن در برابر وزن خمیر بتن و کارگرانی که آنرا پخش می کنند به اندازه چشمگیری افزایش می یابد.

مفتول آرماتور بندی

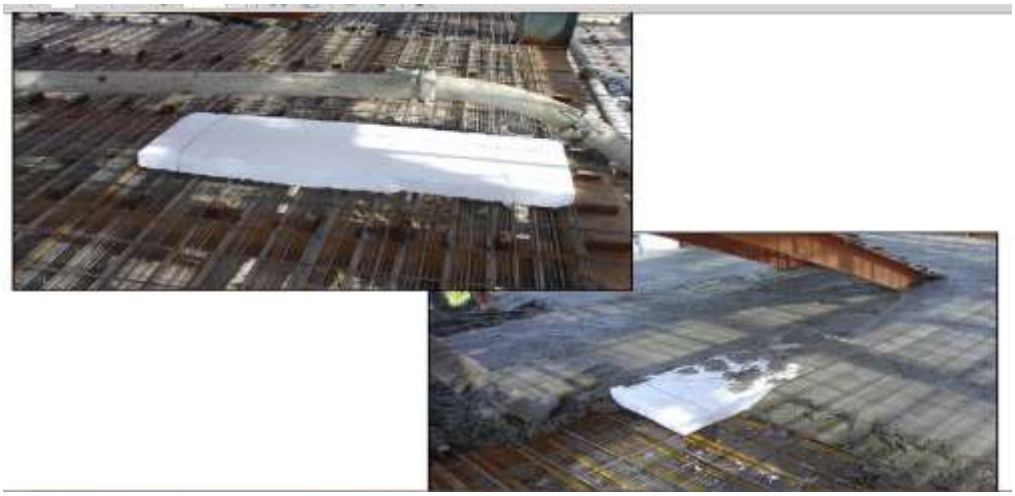


تأمین حد اقل ۲۸ میلیمتر پوشش بتن زیر آرماتور بدون نیاز به استفاده از قطعه دهنده spacer

در این مرحله، پس از بازدید و تایید صحت انجام کار، می توان عملیات بتن ریزی را آغاز نمود.

اکنون کار برای بتن ریزی آماده است.

پیش از بتن ریزی می توانید فضای بازشوها، مانند رایزر های انتقال تأسیسات را با استفاده از چوب و یا فوم پُلی استایرین پُر کنید. در این صورت هنگام بتن ریزی از ورود خمیر بتن به داخل آن جلوگیری خواهد شد. تا زمان نصب تأسیسات این فضا بسته خواهد ماند و از سقوط احتمالی افراد به داخل آن جلوگیری خواهد شد. دیگر آنکه هنگام استفاده نیازی به تخریب بتن در این ناحیه نخواهد بود.



نکات مهم:

۱- ویبره:

a. **در شرایط معمولی:** استفاده از دستگاه ویبره به هیچ وجه مجاز نمی باشد. متراکم کردن بتن باید با ضربه زدن بوسیله تخته ماله بصورت تخماقی انجام شود.

b. **در شرایط ویژه:** هنگامی که ضخامت بتن بیش از ۱۲ سانتیمتر باشد (که در این‌صورت ویبره‌زدن بتن اجتناب ناپذیر است)، و یا وقتی که از بتن خودتراکم (SCC) استفاده شود، به سه روش می‌توان جلوی ازدست رفتن شیره بتن را گرفت.

۱. ابتدا یک لایه بتن مگر به ضخامت تقریبی دو سانتیمتر ریخته شود و پس از خشک شدن آن، بتن ریزی اصلی با استفاده از ویبره بدون نگرانی از دست رفتن شیره بتن انجام شود.

۲. ساده‌ترین روش آن‌است که پس از نصب روفیکس و انجام کلیه عملیات جوشکاری، پیش از نصب شبکه آرماتور، روی قالب روفیکس را با یک صفحه نایلونی می پوشانند (معمولاً نوع ارزان آن، تولید شده از مواد ضایعاتی بصورت رول در بازار موجود است). پس از نصب آرماتور، احتمال جدا شدن ورقه نایلون بوسیله باد بسیار ضعیف خواهد بود. در این حالت، بتن ریزی با اسلامپ بالا و ویبره زدن آن بلامانع خواهد بود. اگر چه در این حالت خطر ریزش شیرهٔ بتن کاملاً برطرف می‌گردد ولی دیگر بتن به هیچ وجه با روفیکس درگیری نخواهد داشت. از طرفی چون روفیکس (نسل اول) صرفاً بعنوان قالب استفاده می‌شود و نقش سازه‌ای ندارد، درگیری و یا عدم درگیری آن از نظر سازه‌ای نیز اهمیتی ندارد ولی تجربه نشان داده که مهندسین بیشتر مایل‌اند که این درگیری را حفظ کنند زیرا که خواه ناخواه یک اتصال برشی بین بتن و قالب تأمین‌می شود. در این صورت، با استفاده از روش دیگری که توسط یکی از مهندسین مبتکر به نام آقای **علیرضا یزدان**، با نام **"روشِ سنجاقک"** ابداع شده می‌توان در حین استفاده از بتن خود تراکم و یا ویبره زدن، درگیری بتن و روفیکس را بدون از دست رفتن شیرهٔ بتن حفظ کرد.

۳. روش سنجاقک:

استفاده از بتن خودتراکم (SCC) با اسلامپ بالا،
با روش سنجاقک
بدون خطر از دست رفتن بتن

۲- اسلامپ: همانطوریکه می دانید یکی از عوامل تعیین کننده مقاومت فشاری بتن نسبت آب به سیمان است. در برخی از پروژه های ساختمانی دیده شده که هنگام پمپ کردن بتن، برای آنکه فشار کمتری به پمپ وارد شود، بعضی از تحویل دهندگان بتن بدون ملاحظه به آن آب اضافه می کنند که در نتیجه اسلامپ آن را به حد خطرناکی افزایش می دهند. بدون شک بناهایی که در اثر این بی احتیاطی ساخته می شوند از استحکام کافی برخوردار نخواهند بود. اخیراً روفیکس علاوه برقالب، به عنوان یک وسیله برای کنترل اسلامپ بتن نیز مورد استفاده قرار می گیرد. به این صورت که تنها وقتی که بتن با اسلامپ صحیح پمپ می شود و حالت خمیری خود را حفظ می کند می توان مطمئن بود که شیرهٔ بتن از آن بیرون نمی ریزد. در نتیجه مهندسین در حین اجرای بتن ریزی به راحتی متوجه می شوند که آیا مسئول تحویل بتن دور از چشم آنها به بتن آب اضافه کرده است یا خیر! تجربه نشان داده که حداکثر اندازه اسلامپ بتن مناسب با استفاده از روفیکس برابر با هشت سانتیمتر می باشد.

بتن ریزی را می توان بصورت دستی با فرقان، به صورت افقی با استفاده از پمپ، بصورت عمودی با استفاده از جام (باکت) و یا بوسیله پمپ های دکل دار انجام داد. توضیحات مختصری برای استفاده از هریک از این روشها به شرح زیر ارائه شده اند.

۱- با استفاده از فرقان

برای جلوگیری از خیز بیش از حد روفیکس زیر بار خمیر بتن و کارگرانی که با استفاده از فرقان آنرا توزیع می کنند می توانید از تختهٔ زیرپایی استفاده کنید. با قرار دادن آجر زیر تخته زیرپایی (مانند شکل زیر)، می توانید کنترل بهتری برای هدایت فرقان داشته باشید. ریختن بتن باید از دورترین نقطه شروع شود و به سمتی که بتن تحویل می شود پیش برود.

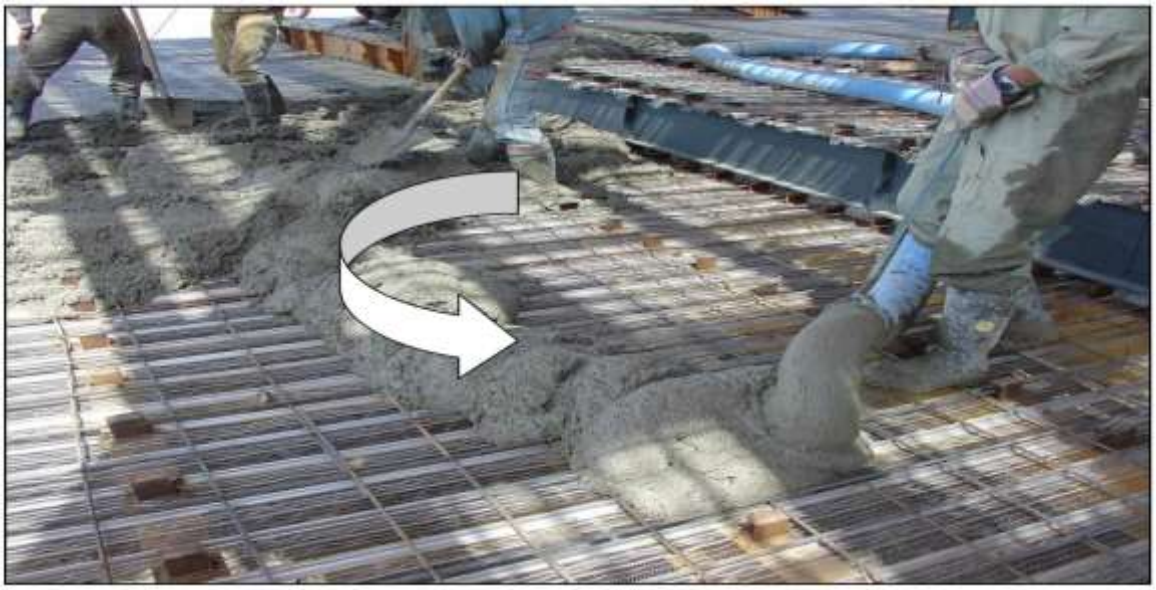
با قراردادن آجر در دو طرف زیر تختهٔ زیرپایی می توانید کنترل بهتری برای هدایت فرقان داشته باشید

۲- با استفاده از جام (باکِت)

هنگام استفاده از جام (باکت) احتیاط کنید که بتن در یک مکان انباشته نشود. بتن را می توان در مقادیر مناسب در چند نقطه بر روی روفیکس ریخت و سپس آن را پخش کرد.

۳- با استفاده از پمپ بصورت مستقیم

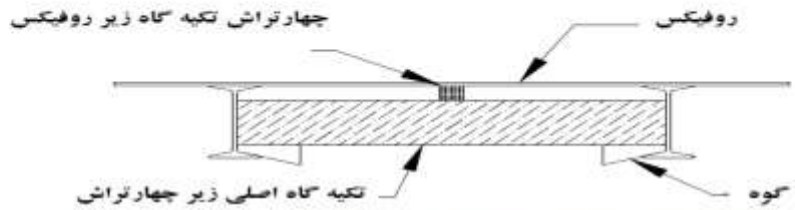
در این صورت سعی کنید که خرطومی بتن در یک نقطه نماند. خرطومی را باید همزمان با ریختن بتن حرکت داد تا خمیر بتن در یک جا انباشته نشود و کارگران نیز به راحتی بتوانند آن را روی روفیکس پخش و سپس متراکم کنند.



۴- با استفاده از پمپ ، تحویل توسط دکل (شوت)

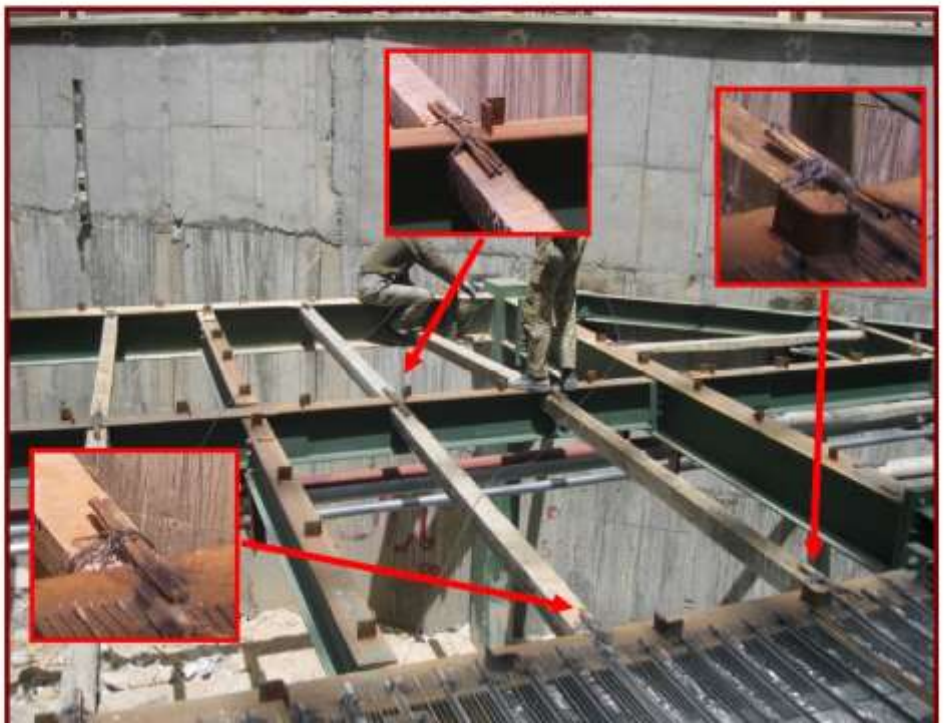
هنگامی که بتن با استفاده از دکل و شوت بر روی روفیکس ریخته می شود احتمال دارد در اثر ضربه ای که خمیر بتن پس از خارج شدن از شوت به روفیکس می زند، شیرهٔ آن جدا شده و به پایین بریزد. برای جلوگیری از بروز این مشکل باید یک صفحه چوبی (مانند تخته سه لایی) در محل خروج بتن قراد داد. سپس به راحتی می توان آن را بر روی روفیکس پخش کرد. راه حل دیگر استفاده از یک زانویی دوبل مانند شکل زیر است که پیش از خروج خمیر بتن ضربهٔ آن را می گیرد و موجب می شود که خمیر بتن با سرعت قابل قبولی بر روی روفیکس بریزد.

برای جلوگیری از خیز بیش از حد روفیکس در دهانه های بیش از یک متر باید از تکیه گاه های موقت استفاده کرد.
یکی از بهترین روشها برای ایجاد تکیه گاه موقت، بدون استفاده از شمع یا جک، در تصویر زیر نشان داده شده است.



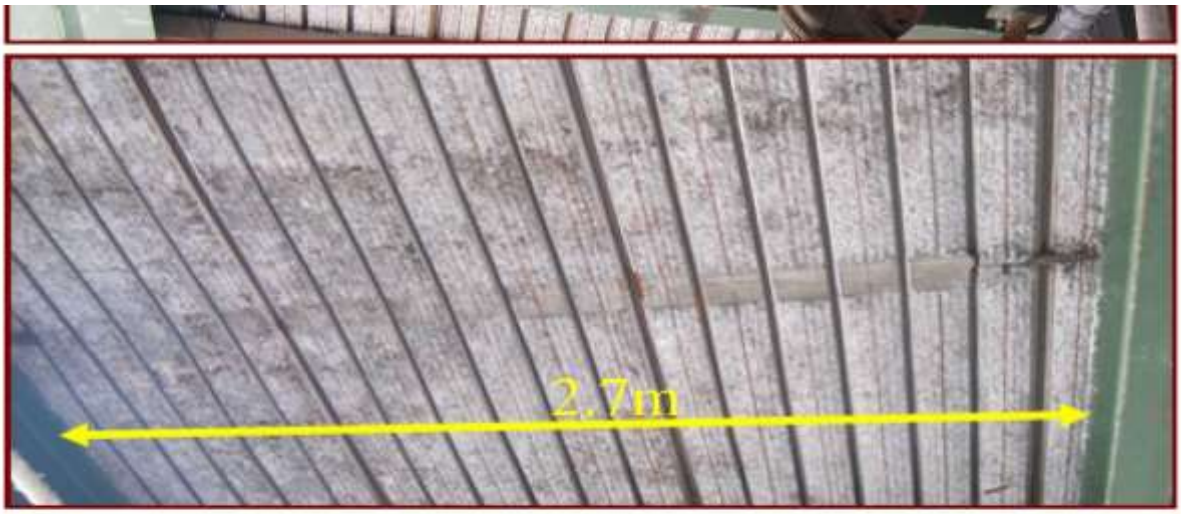
▼ تکیه گاه های موقت پس از آنکه بتن به مقاومت سازه ای خود رسید برداشته می شوند ▼

یک روش خوب دیگر برای بستن تکیه‌گاه موقت به صورت زیر است:
ابتدا، یک یا دو میلگرد کوتاه به اندازه‌ای که از هر سمتِ بالِ تیر حدود ۱۰ تا ۱۵ سانتی‌متر بیرون بزند بر روی تیر جوش می‌شود. سپس، چهارتراش‌ها با مفتول آرماتوربندی به زیر میلگردها محکم بسته می‌شوند و روفیکس بر روی آنها نصب می‌گردد.



قالب بندی با روفیکس (نسل اول) برای دهانه های ۲/۷ متری. پروژه پالایشگاه ایلام.
مجری شرکت پیوندگران امید.

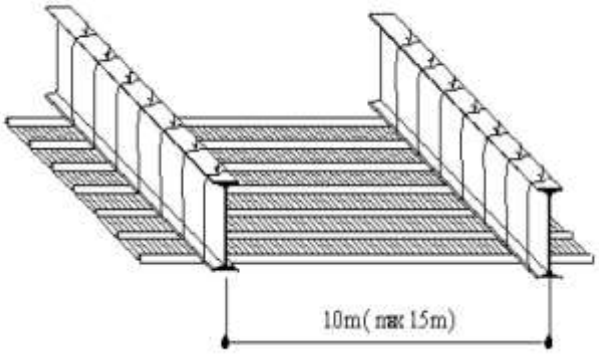
به این صورت، بتن‌ریزی را می‌توان برای دهانه‌های بسیار فراخ در کمال ایمنی انجام داد. پس از آنکه بتن به مقاومت سازه‌ای خود رسید، زیربندی موقت (چهارتراش ها) به آسانی برداشته شده و جمع‌آوری می‌گردند.



قالب بندي دهانه‌هاي بسيار باز- پروژه مجتمع‌هاي مسكوني بالايشگاه گاز ايلام.
مجري شركت پيوندگران اميد

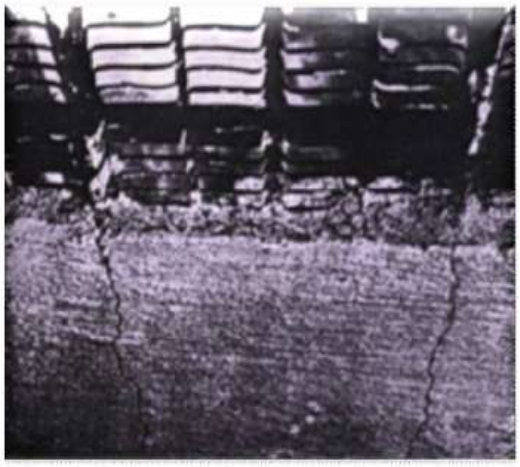
ساخت سقف کاذب (Suspended ceiling) با استفاده از روفیکس (نسل اول):

همانطوری که در تاریخچه این محصول گفته شد، با عرضه روفیکس به صنعت ساختمان، دشواری‌های مربوط به زیرسازی(نبشی‌کشی و نصب شبکه میلگرد) همگی برطرف گردید. اکنون می‌توان روفیکس را بدون هیچ‌گونه زیربندی تا دهانه ۱/۵ متر نصب کرد. به این صورت سقف کاذب سبک‌تر خواهد شد، سرعت اجرا بالا خواهد رفت و همینطور هزینه‌های مربوطه کاهش خواهند یافت.

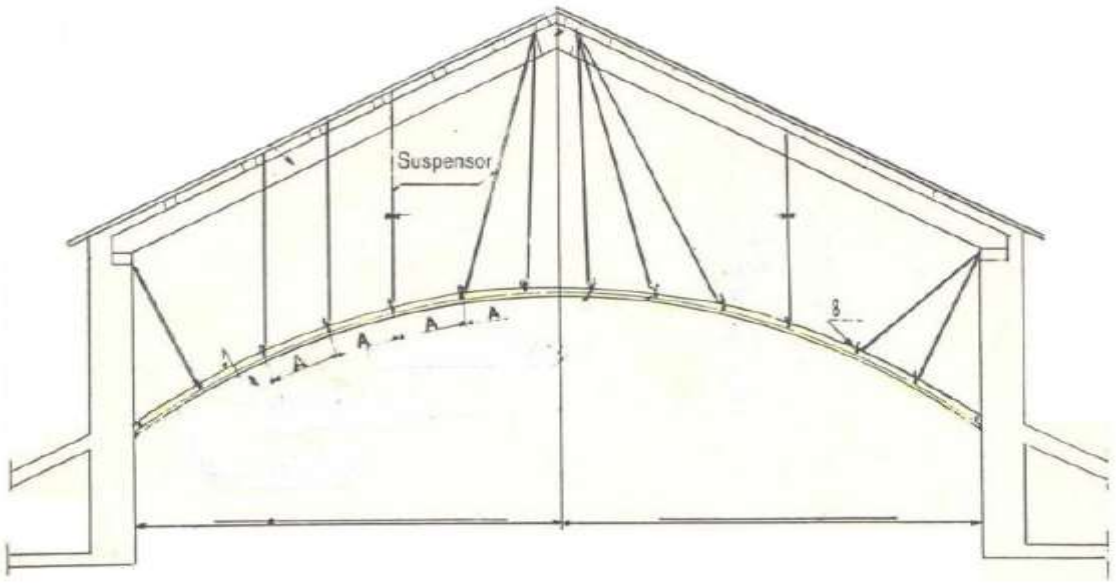


توجه داشته باشید که هنگام نصب روفیکس برای ساخت سقف کاذب ناودانی‌های آن به شکل رقم ۸ قرار بگیرند (ونه به صورت ۷ یا V) زیرا که اندود گچ ویا سیمان در ناحیه‌ای که روبروی ناودانی‌های آن قرارگرفته نازک‌تر است و در اثر گذشت زمان، احتمال ترک‌خوردگی در این ناحیه وجود دارد. به تجربه دیده شده در سقف‌های کاذب ساخته‌شده با رابیتس، به دلیل بی‌تجربگی برخی از رابیتس‌کاران و نصبِ وارونه آن ترک‌هایی در پوشش گچ ویا سیمان در امتداد ناودانی‌ها پیدا شده است.

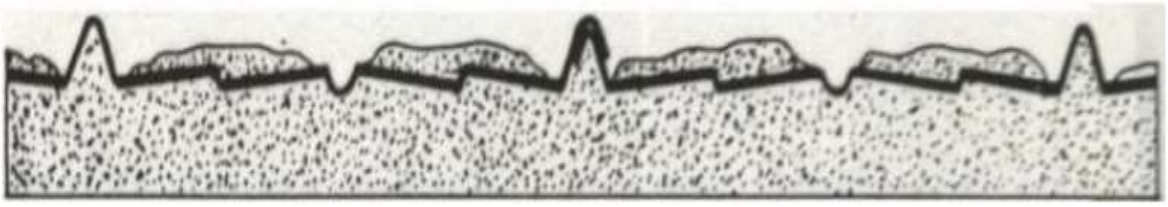
شیوه درستِ قرار گرفتنِ روفیکس برای ساخت سقف کاذب



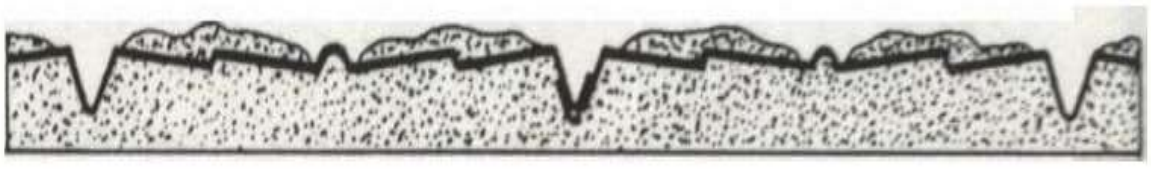
اگر رابیتس (یا روفیکس) به درستی نصب نشود، احتمال آشکار شدن ترک در زیر ناودانی‌های آن وجود دارد.



اجرای سقف کاذب با روفیکس (نسل اول) تا دهانه ۱/۵ متر بدون هیچ‌گونه زیربندی

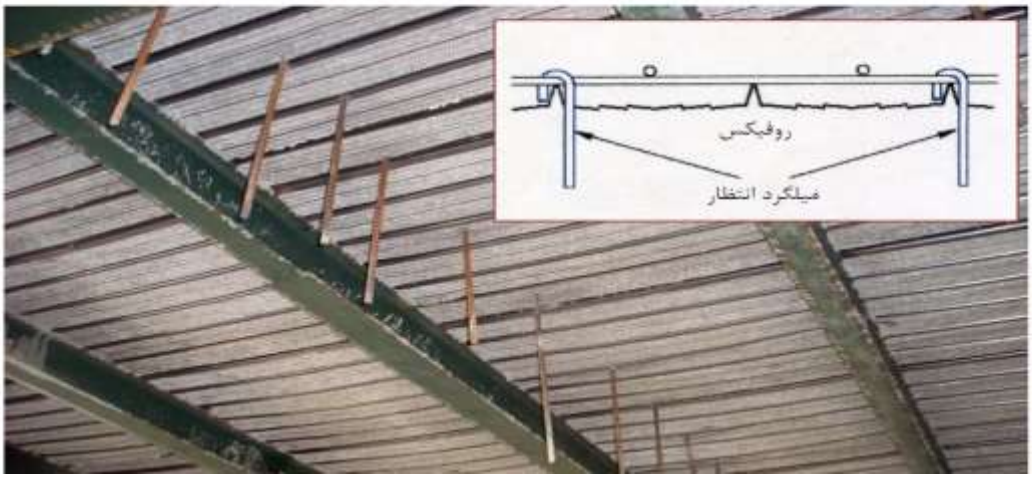


شیوه درست نصب روفیکس و یا رابیتس برای ساخت سقف کاذب

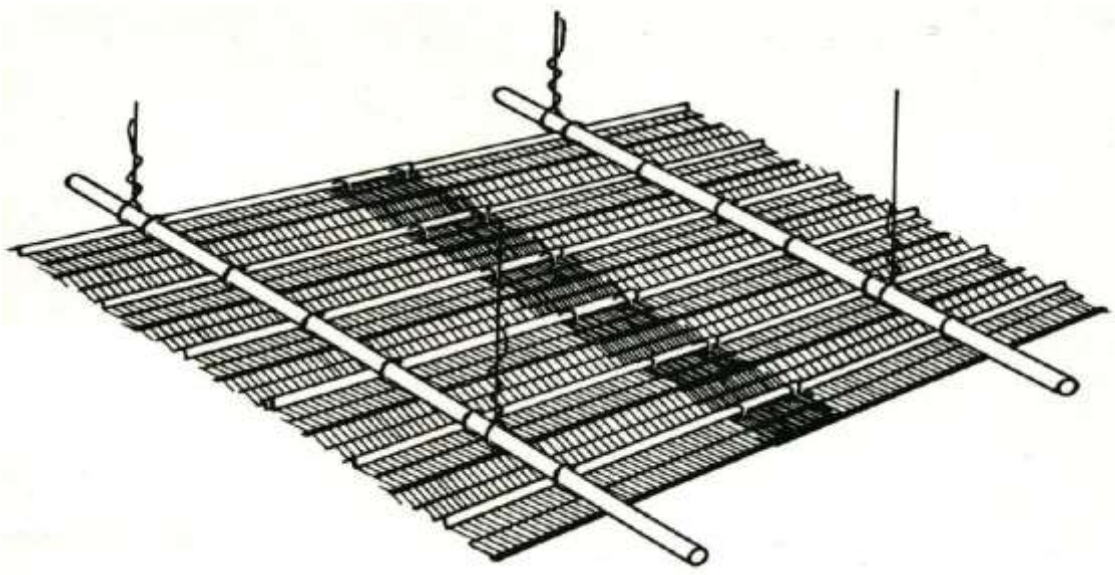


شیوه نادرست نصب روفیکس و یا رابیتس برای ساخت سقف کاذب

در ساختمان هایی که طبقات انها از دال مرکب (کامپوزیت) بتنی با روفیکس تشکیل شده، پیش از بتن ریزی طبقه بالایی، می توان با فروکردن میلگردهایی که به شکل عصا در آمده اند درون روفیکس و نشاندن آنها بر روی میلگرد آرماتور، شرایط را برای نصب سقف کاذب که کمی دیرتر انجام خواهد شد، آماده ساخت. به این ترتیب، با هزینه ای پایین تر و زحمتی کمتر، میلگردهای انتظار سقف کاذب از پیش، آماده استفاده خواهند بود.



نمونه ای دیگر از شیوه بستن روفیکس برای ساخت سقف کاذب:



معرفی روش "عملیات همزمان"

در روش‌های معمول، بعلت محدودیت‌های ایمنی نمی‌توان نصب اسکلت فلزی و همینطور قالب‌بندی و بتن‌ریزی طبقات را همزمان انجام داد. معمولاً ابتدا تیرگذاری یک یا دو طبقه انجام می‌شود و پس از قالب‌بندی و بتن‌ریزیِ آنها، مرحله بعدی آغاز می‌گردد. در صورت محدود بودن مقدار قالب‌ها باید زمانی را نیز برای جداکردن آنها از طبقات زیرین و استفاده مجدد در طبقاتِ بالاتردرنظر گرفت. پیشرفت کاربه سرعت قالب‌بندی و بتن‌ریزی و همینطور به سرعت تیرگذاری توسط گروه اسکلت‌ساز بستگی دارد. هماهنگی کارگران اسکلت‌ساز و قالب‌بند معمولا با دشواری صورت می‌گیرد و همیشه یکی از این دو گروه منتظرتکمیل کارگروه دیگر است. بارش برف و باران نیز می‌تواند سرعت عملیات را بیشتر کاهش دهد. در ساخت بناهای بیش از چهارطبقه روش "عملیات همزمان" دارای توجیه قابل توجهی می‌باشد. این تأثیر را می‌توان در زمان‌بندی عملیات به ویژه درطراحی CPM برای پروژه مشاهده کرد. برای معرفی این روشِ جدید بهتراست در یک مثال واقعی مراحل مختلف اجرا را به اتفاق تعقیب کنیم. پروژه‌ای که برای این مثال انتخاب کرده‌ایم، دو بلوک ۱۵ طبقه در سعادت آباد تهران مربوط به شرکت تعاونی مسکن وزارت امور اقتصادی و دارایی می‌باشد

مرحله اول : ابتدا با استفاده از روفیکس، راه‌پله‌های پنج طبقه اول قالب‌بندی و بتن‌ریزی شدند. اجرای راه پله در ابتدای کار، انتقال روفیکس به طبقه پنجم را آسان‌تر کرده و ایمنی عملیات را نیز افزایش داد.

مرحله دوم : با امکان‌پذیر شدن دسترسی آسان به طبقه پنجم، قالب‌های روفیکس به آن طبقه حمل شده و بر روی تیرها گذاشته شدند. این کار در ارتفاع بیش از ۱۵ متر از کف، بدون نیاز به جک ویا زیربندی در ایمنی تمام انجام شد(شکل ۳).

مرحله سوم: سپس شبکه میلگرد(بدون نیاز به فاصله‌دهنده Spacer)، برروی روفیکس نصب شد و پس ازجوش‌دادنِ برش‌گیرها، کاربرای بتن ریزی آماده شد

۴- نصب شبکه میلگرد روی قالب روفیکس طبقه پنجم از کف به ارتفاع تقریبی ۲۰ متر

مرحله چهارم : پس از قراردادن لوله‌های انتقال بتن، عملیات بتن ریزی در ارتفاع بیش از ۱۵ متر از کف آغاز گردید

۵- بتن ریزی طبقه پنجم با استفاده از پمپ

پیش ازآغاز بتن‌ریزی ، جایِ بازشوها (مانند رایزرها برای عبور تأسیسات)، بوسیله صفحات پلی‌استایرین قالب‌بندی شدند. به این صورت خطرسقوط کارگران از داخل بازشوها تا زمانی که روفیکسِ آنها بریده و برداشته شود بکلی برطرف شده و ایمنی بیشتری برای افراد بوجود آمد.

۶- قالب‌بندی پیرامون بازشوها برای جلوگیری از پیشروی بتن به فضای داخل آنها

تا پایان همان روز، طبقه پنجم با مساحتی بیش از ۷۰۰ مترمربع بتن‌ریزی شد.

۷- بتن ریزی طبقه پنجم بدون استفاده از شمع ، جک و یا زیربندی

مرحله پنجم : در این مرحله، عملیات زیر بطورهمزمان انجام شدند.

- اجرای راه‌پله طبقات پنجم تا دهم،
- قالب‌بندی و بتن ریزی طبقات اول تا چهارم،
- ادامه نصب اسکلت و تیرگذاری طبقات بالا

سقف بتنی طبقه پنجم موجب شد که:

الف : قالب‌بندی و بتن‌ریزی طبقات اول تا چهارم بدون نگرانی از سقوط اجسام، همزمان با عملیات اسکلت‌سازی ادامه یابد،

ب : شرایط نامساعد جوی مانند بارندگی نیز موجب توقف عملیات نشود.

مرحله ششم : در این مرحله، عملیات زیربطورهمزمان انجام شدند:

- اجرای راه پله طبقات دهم تا پانزدهم،
- قالب بندی و بتن ریزی طبقات ششم تا نهم،
- ادامه ساخت اسکلت و نصب تیرهای طبقه پانزدهم،
- تیغه چینی واجرای دیوارهای اصلی طبقات همکف تا چهارم.

مرحله هفتم : بلا فاصله پس ازاجرای سقف طبقه پانزدهم،

- قالب بندی و بتن ریزی طبقات یازدهم تا چهاردهم،
- اجرای تیغه ودیوارهای طبقات پنجم تا دهم،
- نصب تأسیسات طبقات همکف تا چهارم

به این صورت، با سرعت بخشیدن به پروژه با استفاده از روش "عملیات همزمان" دسترسی به اهداف زیر میسر شد:

- سرشکن شدن هزینه های ثابت و کاهش قابل توجه آن برای هرمترمربع زیر بنا،
- رسیدن به مرحله نازک‌کاری بسیار زودتر از زمان پیش‌بینی شده درمقایسه با روشهای متداول،
- تأثیرپذیری کمتر از تورم قیمت مصالح ساختمانی، بخصوص مصالح مربوط به نازک‌کاری که معمولا تهیه آنها مشروط به اتمام عملیات سفت‌کاری در ساختمان می‌شود.
- نهایتاً کاهش قیمت تمام شده ساختمان و جلو افتادن تاریخ تحویل آن.
- برگشت سریع‌تر سرمایه برای شروع پروژه بعدی.

۱۷- پروژه برج های مسکونی ایرانیان در تهران

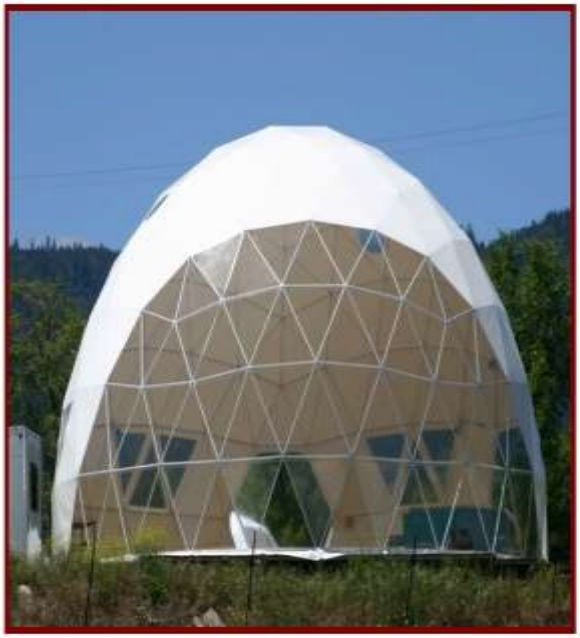
استفاده از روش نوین "عملیات همزمان" ابداعی شرکت تکنوخلاق برای ساخت سریع برج های مسکونی

پروژه برج های مسکونی ایرانیان در انتهای بزرگراه همت

پوشش بام بر روی سازه‌های فضایی با استفاده از قالب فلزی روفیکس (نسل اول)

استفاده از سازه‌های فضایی به دلیل وزن سبک، قابلیت اجرای دهانه‌های وسیع، سرعت اجرا و هزینه نسبتاً کمتر هموار روبه افزایش است. با وجود برتری‌های بالا، استفاده از یک پوشش مناسب با مقاومت مکانیکی کافی (در برابر نیروهای ناشی از باد و برف)، جرم گرمایی (Thermal mass) مطلوب، قابلیت فُرم‌پذیری(Pliability) و عمر مفید طولانی همیشه دشوارترین بخش طراحی و اجرای این گونه بام‌ها بوده است. هنگامی که هندسه بام هموار (صاف) نباشد و از سطوح شکسته و یا خمیده تشکیل شده باشد، دشواری‌های طراحی و اجرا دوچندان خواهد شد. پوشش‌هایی که هم‌اکنون بر روی سازه‌های فضایی اجرا می شوند معمولاً یا از نوع پانل‌های ساندویچی (Sandwich panel) هستند که اگرچه از مقاومت گرمایی خوبی برخوردار هستند، فُرم پذیر نبوده و فقط قادرند سطوح هموار را پوشش دهند. روی این پانل‌ها به راحتی نمی‌توان راه رفت زیرا که از مقاومت خمشی کافی برخوردار نیستند و کارگران هنگام نصب در جایی پا می‌گذارند که زیر آن تیر و یا عضو سازه‌ای بام قرار داشته باشد. قیمت این گونه پانل‌ها ارزان نیست.

و یا آنکه از پوشش‌های چادری استفاده می‌شود. اگرچه پوشش‌های چادری تا اندازه‌ای فُرم پذیر هستند ولی جرم‌گرمایی (Thermal mass) ناچیزی دارند و از نظر تبادل گرمایی بسیار نامطلوب بوده و نسبتاً طول عمر کوتاهی دارند.



پوشش های چادری نازک هستند و جرم گرمایی (Thermal mass) کمی دارند

ایده‌آل‌ترین حالت برای پوشش سازه های فضایی هنگامی است که همه معیارهای زیر تا اندازه قابل قبولی تأمین شده باشند:

- ایمنی هنگام نصب و در طول عمر مفید بنا،
- آسانی نصب پوشش،
- ظرفیت گرمایی مناسب،
- فرم پذیری
- طول عمر بلند با حداقل نیاز به تعمیرات و نگهداری
- هزینه پایین نسبت به روش‌های دیگر

با توجه به تجربه چندین سال گذشته، به جرأت می‌توان ادعا کرد که ساخت پوسته نازک و سبک بتنی با استفاده از روفیکس می‌تواند همه معیارهای بالا را به راحتی ارضاء نماید. تصویرهای زیر، نمونه هایی از کاربرد روفیکس را در ساخت پوشش بام بر روی سازه‌های فضایی با استفاده از قالب فلزی روفیکس نشان می‌دهند:

پوشش بام با سطح هموار (صاف): پروژه مجتمع تجاری موضوفیان در تهران

گنبد مسجد قائم آل محمد (ص) در گنبد کاووس

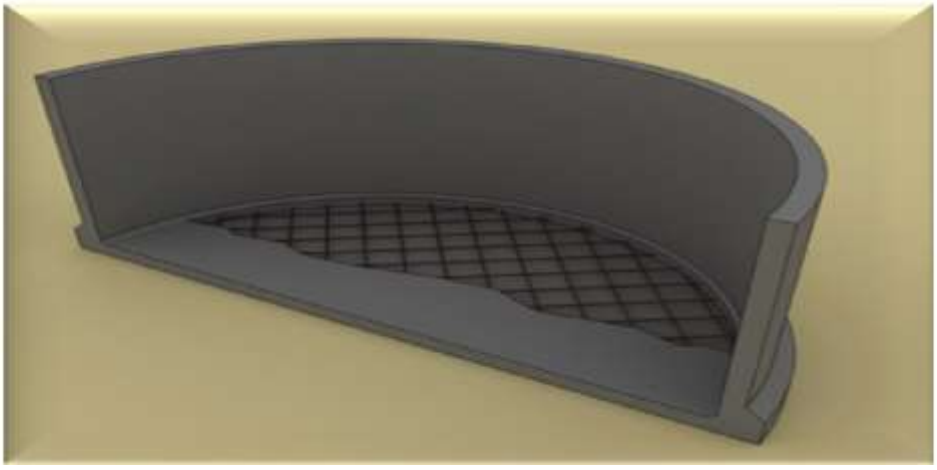
برتری‌های این روش نسبت به روش‌های متداول عبارتند از:

- ایمنی هنگام نصب و در طول عمر مفید بنا،
- آسانی نصب پوشش،
- ظرفیت گرمایی مناسب،
- فرم پذیری
- طول عمر بلند با کمترین نیاز به تعمیرات و نگهداری

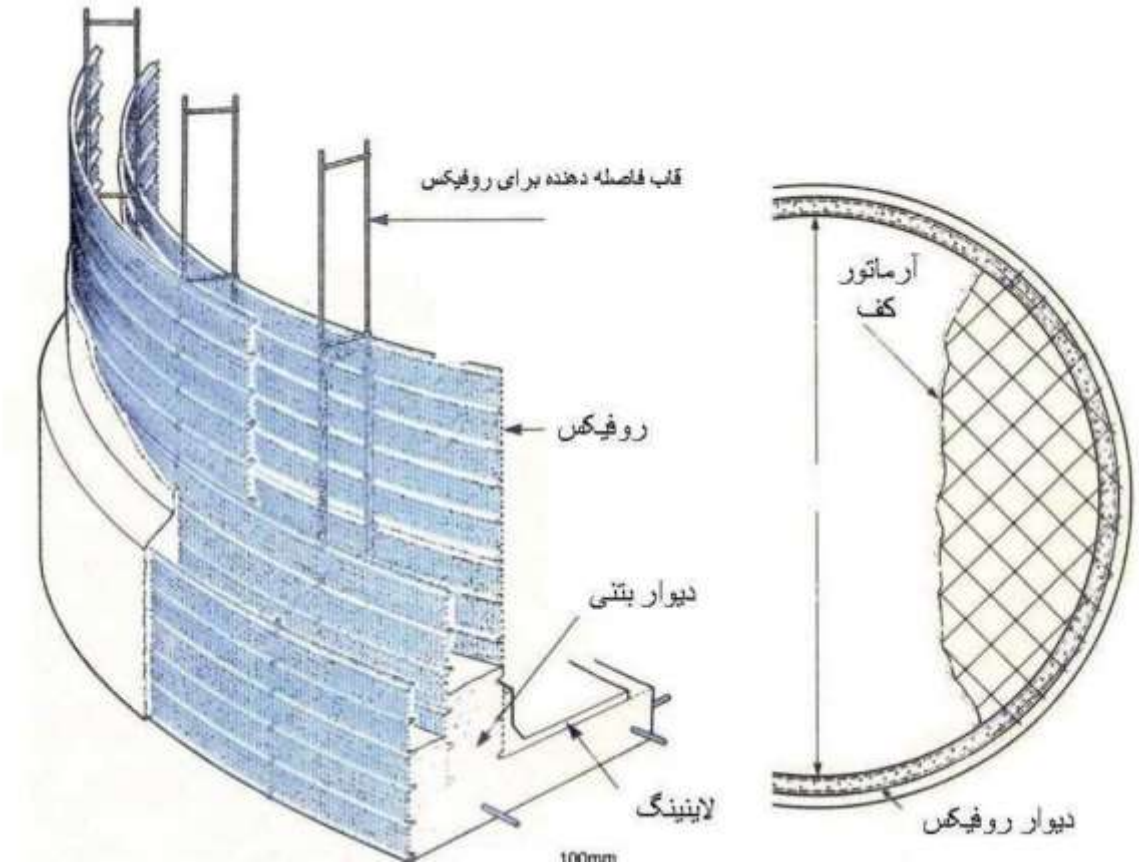
ساخت دیواره انباشتگاه‌ها (مخازن) و استخرهای بتنی برپا شده (مستقر) در روی زمین

بسیاری از انباشتگاه‌های بتنی به شکل استوانه، مکعب و یا مکعب مستطلی هستند که قالب بتن برای آنها با توجه به هندسه آن ساخته می‌شود. ساخت این قالب‌ها و همینطور بستن، بازکردن، جمع آوری و نگهداری آنها نیازمند نیروی انسانی، هزینه بالا و فضای کافی برای انبارکردن می‌باشد. چه بسا که با توجه شکل هندسی ویژه یک انباشتگاه، قالب آن تنها یک بار استفاده شود که در این صورت به سختی دارای توجیه اقتصادی خواهد بود. در اینجا نیز قالب روفیکس یک بار دیگر توانایی خود را به صورت چشمگیری نشان داده است.

قالب‌بندی انباشتگاه با روفیکس نیز مانند قالب‌های فلزی متداول، درنرگیرنده کارهایی مانند بستن قالب سطح درونی و همینطور سطح بیرونی انباشتگاه است. گاهی باید دیواره انباشتگاه تا بلندای معینی از سطح زمین دارای ضخامت بیشتری باشد تا بتواند در برابر نیروی برآمده از فشار هیدرواستاتیک پایداری لازم را داشته باشد. در این صورت روفیکس برای قالب‌بندی لایه بیرونی این بخش نیز به‌کار خواهد آمد. دیاگرام‌های زیر چند نمونه از کاربرد روفیکس برای قالب بندی انباشتگاه‌های دایره‌ای را بصورت شماتیک نشان می‌دهند.



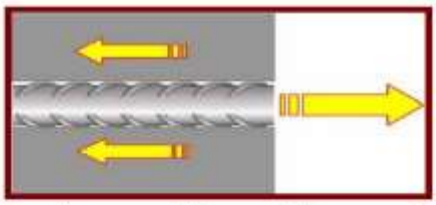
اگرچه روفیکس (نسل اول) در بیشتر موارد مصرفی که برایش تعریف شده، تنها به عنوان قالب درنظر گرفته می شود و از مقاومت مکانیکی آن باید صرف نظر شود، در چند مورد ویژه می توان مقطع پولادی آن را به عنوان بخشی از عامل تقویتی (آرماتور) به حساب آورد. یکی از این موارد، هنگامی است که روفیکس در حجم قابل توجهی از بتن مدفون می شود. به این صورت، برخلاف موقعی که مانند سقف مرکب یا دال دوطرفه که احتمال لغزش (Bond failure) بین روفیکس و بتن وجود دارد، در این حالت، بتن از هر دو سو در داخل چشمه های روفیکس پنجه انداخته و با آن درگیر شده است. در واقع، بتنِ موجود در دوطرف روفیکس با یکدیگر یکپارچه می شوند بصورتی که جدا شدن آنها از یکدیگر امکان پذیر نمی باشد. این امتیاز هنگام استفاده از روفیکس (نسل اول) برای ساختن درزهای اجرایی و یا مقاطع انفصال (Construction joints) نیز قابل استفاده است. به این صورت می‌توان از روفیکس هم به عنوان قالب و هم به عنوان همه و یا بخشی از فولاد تقویتی در سازه استفاده کرد. تصویر زیر از یک بروشور خارجی گرفته شده است.



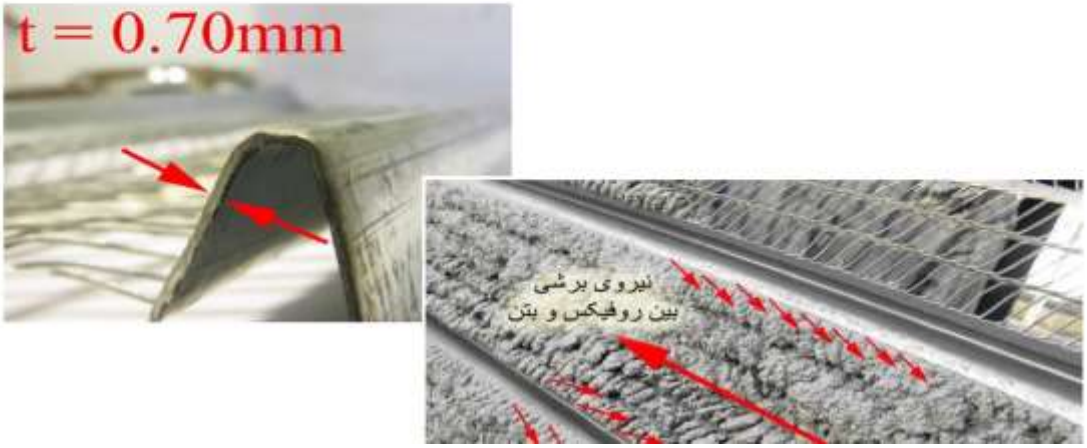
مقاومت مکانیکی روفیکس (نسل اول) در حالت مدفون در بتن

یکی از مواقعی که می‌توان قالب فلزی روفیکس (نسل اول) را به عنوان همه و یا بخشی از فولاد تقویتی نیز به کارگرفت، هنگامی است که کاملاً در بتن مدفون شود. یکی از نقاط ضعفی که موجب می‌شود روفیکس (نسل اول) را نتوان در ساخت سقف‌های کامپوزیت از دیدگاه سازه‌ای مطرح کرد، آن است که معمولاً قالب روفیکس از یک سمت با بتن درگیر است که می‌تواند هنگام بارگذاری دچار لغزش (Bond failure) شده و از بتن جدا شود. در شرایطی که روفیکس در داخل بتن مدفون می‌گردد، این ضعف به کلی برطرف می‌شود و اگر چنانچه برای پدیده خوردگی نیز چاره‌اندیشی شود (مانند استفاده از نوع گالوانیزه آن و زدن ضد زنگ مناسب به آن پیش از بتن‌ریزی)، در این شرایط استثنایی از این محصول می‌توان هم به عنوان قالب و هم به عنوان بخشی از فولاد تقویتی (آرماتور) استفاده کرد. باید توجه داشت که برخلاف میلگرد که اگر سطح آن با ضد زنگ آغشته شود، گیرایی آن با بتن کاهش می‌یابد، زدنِ ضد زنگ به روفیکس اثری در درگیری آن با بتن نخواهد داشت زیرا مقاومت در برابر لغزش برخلاف میلگردِ آرماتور (که در اثر تماس سطحی بین میلگرد و بتن رخ می‌دهد)، از طریق درگیر شدن سنگدانه‌های بتن در شبکه روفیکس صورت می‌گیرد. برای نمونه بخش‌های مربوط به ساخت دیوار نگهدارنده (حایل)، دیواره استخرها و مخازن را بخوانید.

توضیح: بهترین حالتِ درگیری بتن با میلگرد وقتی است که سطح میلگرد صاف نباشد. به همین دلیل، برای جلوگیری از لغزش معمولاً از میلگرد آجدار استفاده می‌شود. اگر میلگرد آرماتور را با ضد زنگ پوشش دهند، لایهٔ نازک ضد زنگ روی میلگرد موجب کاهش چسبندگی بتن به آن می‌شود و خطر لغزش افزایش می‌یابد. ناودانی‌های روفیکس کاملاً صاف و صیقلی هستند و هیچ چسبندگی‌ای با بتن ندارند. با فرو رفتن و قفل شدن سنگدانه‌های بتن در شبکهٔ روفیکس از هر دو طرف، هنگامی که روفیکس در بتن مدفون می‌شود، مقاومت آن در برابر لغزش از حالت اصطکاکی خارج شده و بیشتر تابع مقاومت کششیِ (f_y) فولادِ شبکهٔ روفیکس خواهد بود که در مقایسه با میلگرد بسیار بالاتر است.



لغزش میلگرد در بتن (نیروی مقاومتی فقط در سطح تماس بین میلگرد و بتن رخ می‌دهد)



ساخت جعبه صفحه ستون با استفاده از قالب روفیکس (نسل اول) – برطرف شدن دشواری‌های نصب صفحه ستون

یکی از دشواری‌های نصب صفحه ستون، جلوگیری از جابجایی آن پیش از بتن ریزی و به ویژه، در هنگام بتن‌ریزی است. معمولاً، نصب صفحه ستون در محل تعیین شده بسیار دقیق انجام می شود. موقعیت هر صفحه نسبت به صفحه‌های دیگر نیز به صورت سُنتی (با ریسمان‌کشی) و یا با ابزار دقیق انجام می‌گیرد.

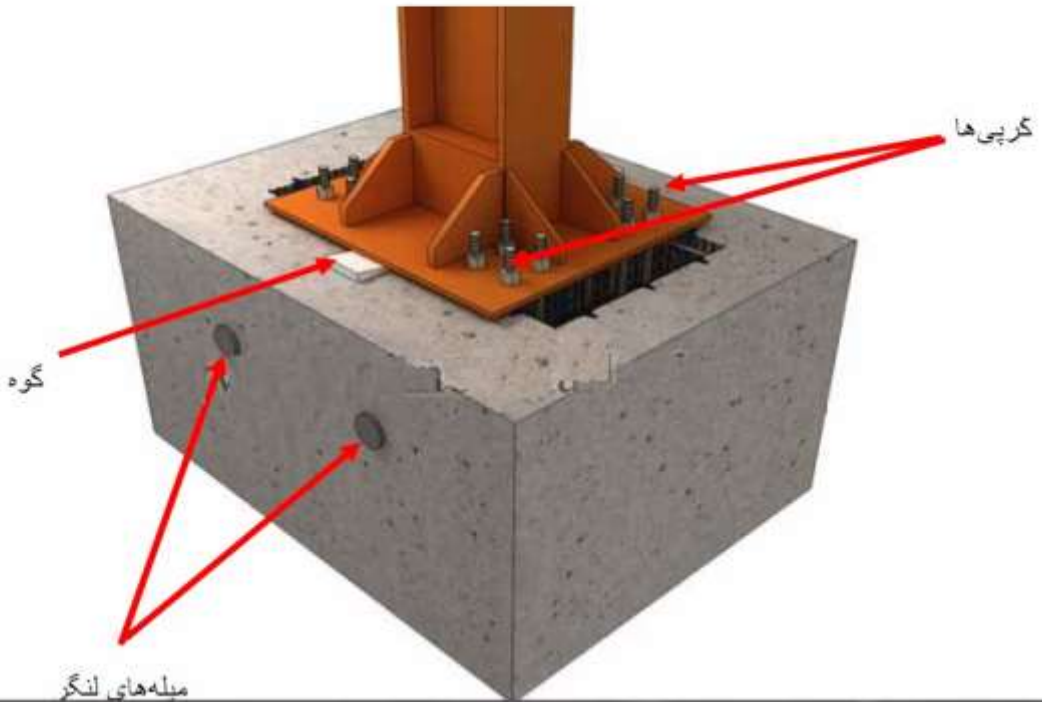
یکی از روش‌های بسیار ساده برای از بین بردن دشواریِ بالا، ساختن جعبه ستون (Anchorage Box) با استفاده از قالب روفیکس است. یک نمونه از جعبه ستون تولید شده توسط شرکت تکنوخلاق در تصویر زیر نشان داده شده است:

روش استفاده:

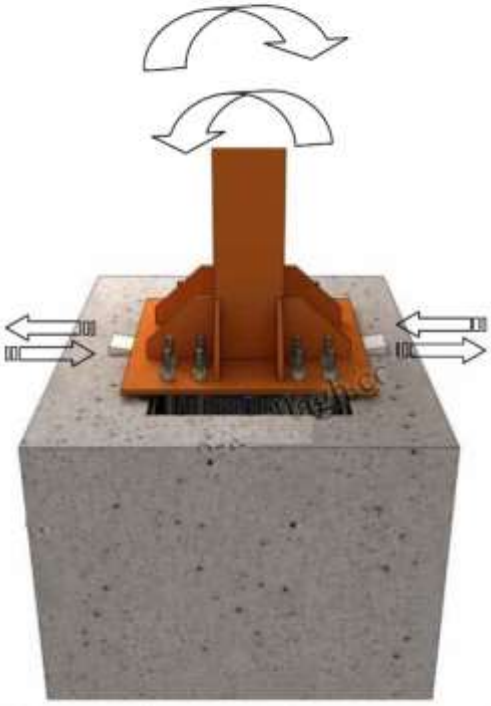
هنگام نصب آرماتورهای شناژ و فونداسیون، جعبه ستون در جای تعیین شده قرار گرفته و ثابت می‌شود. سپس با شکافتنِ بخشی از شبکه‌های روفیکسِ دیواره جعبه، میله‌هایِ لنگر (شکل زیر) از داخل آنها عبور داده می‌شوند. این میله‌ها "تو پُر" هستند و به اندازه ده تا ۱۵ سانتی متر از دیواره جعبه ستون بیرون می‌زنند. اکنون کار برای بتن ریزی آماده است. هنگام بتن ریزی فضای داخل جعبه خالی باقی می‌ماند و فقط بخش بیرون‌زدهٔ میله‌های لنگر در داخل بتن مدفون می‌شوند.

جعبه ستون و میله لنگر پس از بتن ریزی

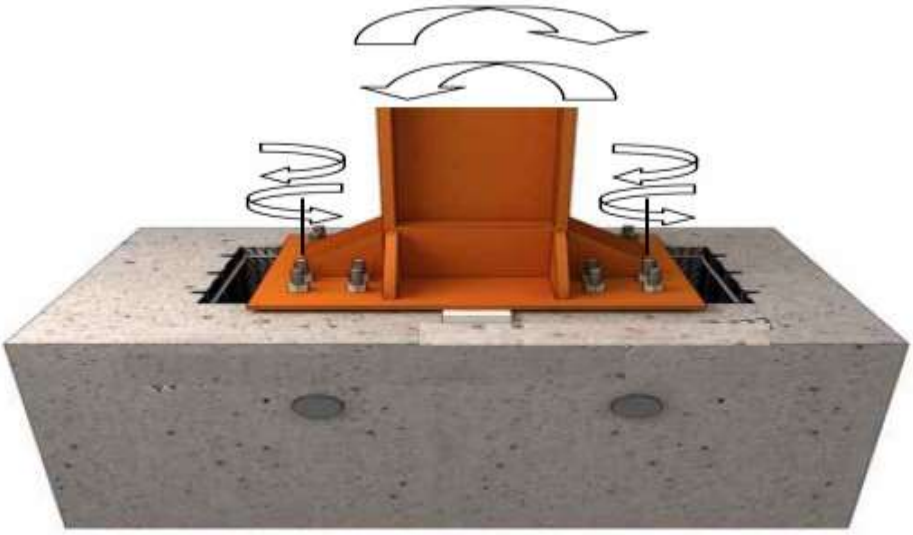
وقتی که موقع نصب ستون فرا می رسد، ابتدا، دو تکه تسمه آهنی شماره ۲ یا ۲/۵ که مانند شکل زیر بصورت گوه درآمده‌اند، در دو طرف جعبه ستون گذاشته می شوند و سپس، ستون بوسیله جرثقیل بر روی آن قرار می‌گیرد. اکنون می‌توان با بستن کربی‌ها به صفحه زیر ستون، آن را بصورت موقت در جای خود قرار داد (مانند شکل زیر) :



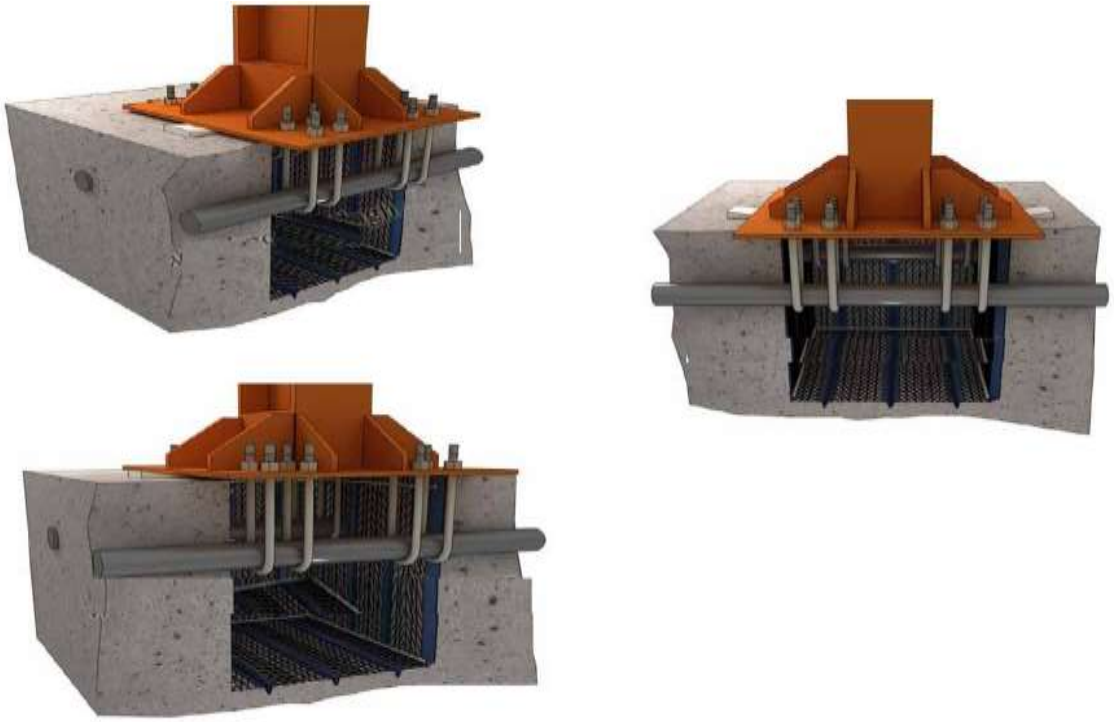
اکنون، با عقب و جلو کردن گوه‌ها و تنظیم مهره‌های کربی ها، تراز کردن صفحه ستون (و شاقول کردن ستون) به آسانی و با سرعت انجام می‌گیرد. پس از اطمینان از وضعیت صحیح ستون و محکم‌کاری‌های لازم، زنجیر جرثقیل از ستون جدا می‌شود.



تنظیم شاقولی ستون در امتداد میله‌های لنگر با استفاده از گوه



بدست آوردن شاقولی ستون عمود به میله‌های لنگر با تنظیم مهره کربی‌ها

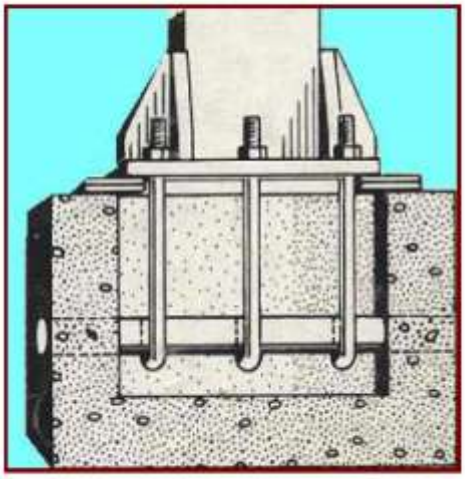


چند نمای گوناگون از وضعیت قرار گرفتن و نصب ستون به فونداسیون

پس از اطمینان از شاقول بودن ستون و همینطور وضعیت آن نسبت به صفحه ستون‌های دیگر، جعبه ستون بوسیله بتن پُر می‌شود. زبر و ناهموار بودن سطح تماس روفیکس و بتنی که با آن درگیر شده است موجب می‌شود که پیوستگی دو تودهٔ بتن (درون و بیرون جعبه ستون) به صورت چشمگیری تأمین گردد.

فرورفتن بتن در شبکه روفیکس سطحی بسیار زبر و ناهموار را بوجود می‌آورد

تصویرهای زیر استفاده از جعبه ستون ساخته شده با روفیکس را در کشور آلمان نشان می دهند:



نمونه ای از استفاده از جعبه ستون با روفیکس در کشور آلمان

ساخت تاق ضربی بتنی با استفاده از قالب روفیکس(نسل اول)

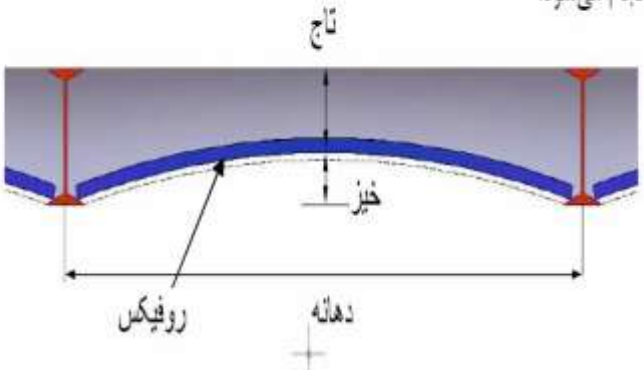
ساختن تاق ضربی با استفاده از خشت یا آجر (آجر تازی‌شده آگور است) در کهن‌نگاری ایران به ۳۵۰۰ سال پیش بازمی‌گردد. این روش ساخت در دوره ساسانی رواج بسیاری داشته است. با پیدایش تیرآهن در بازار مصالح ساختمانی ایران از حدود دهه ۱۳۰۰ خورشیدی و فراوان شدن آن، ساختن تاق‌های ضربی آجری رو به رونق گذاشت. این رونق در دهه ۱۳۴۰ به اوج خود رسیده بود که با پیدایش روش تیرچه – بلوک، اندک‌اندک رو به کاهش گذاشت. تاق ضربی آجری در برابر نیروهای زمین‌لرزه بسیار سست می‌باشد. از آنجایی که این گونه تاق از بخش‌های جداگانه (آجر) تشکیل شده که با ملات به یکدیگر پیوند شده‌اند، هنگام زمین‌لرزه و در اثر جنبش تیرآهن‌ها، احتمال فروریختن آن و آسیب رساندن به ساکنین ساختمان بسیار زیاد می‌باشد. در تصاویر زیر چند نمونه از آثار زمین‌لرزه بر ساختمانهای تاق‌ضربی در شهرستان بم دیده می‌شود.

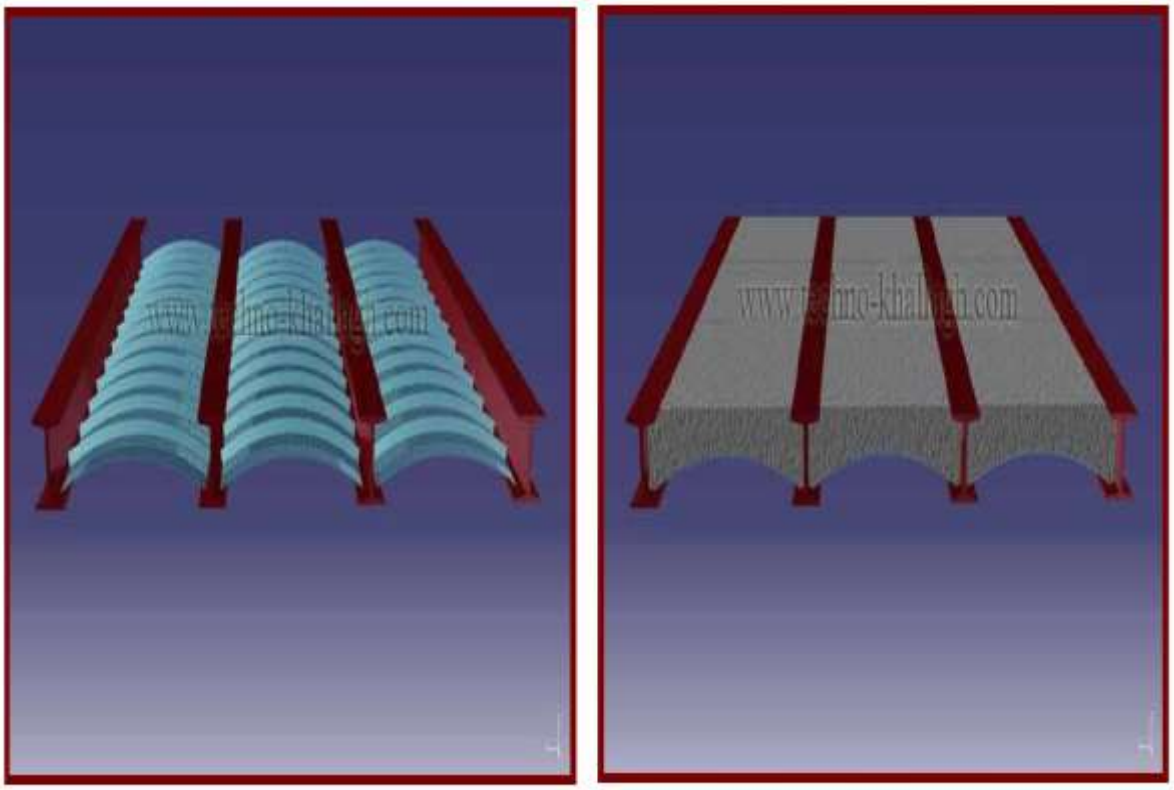
تیرها بجا مانده اند ولی آجرها جدا شده و به زمین فرو ریخته اند

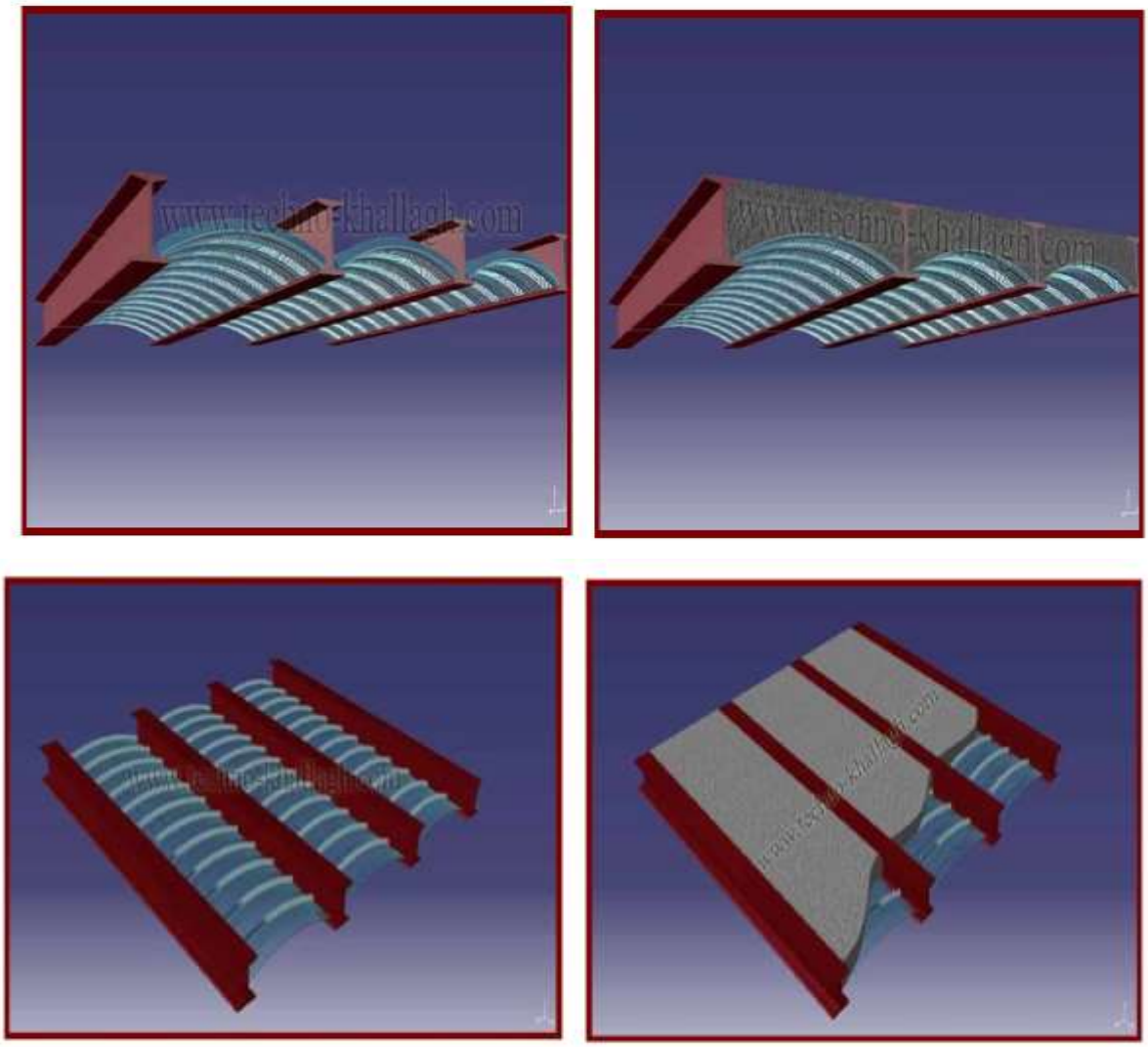
در تاق‌های ضربی، تنش‌های ناشی از سنگینی باری که بر روی آن قرار می‌گیرد، به دلیل قوسی بودن مقطع آن، فشاری هستند. پایداری تاق ضربی آجری در برابر تنش‌های کششی بسیار ناچیز است. لذا، هنگام زمین‌لرزه، هرنیرویی که باعث دور شدن آجرها از یکدیگر و یا دور شدن تیرها نسبت به یکدیگر شود می‌تواند موجب گسیختگی اجزاء و فرو ریختن آن شود.

تاق‌های ضربی بتنی که با استفاده از روفیکس ساخته می‌شوند کاملاً یکپارچه هستند. در این روش، ابتدا تیرها را با یک عضو کششی مانند میلگرد مناسب به یکدیگر متصل می‌کنند تا جلوی حرکت آنها نسبت به یکدیگر گرفته شود. سپس، روفیکس را که بوسیله دستگاه نورد (مانند آن‌که دودکش سازها استفاده می‌کنند)، به اندازه کمانی که در طراحی تعیین شده خمیده می‌کنند و آن‌را بر روی بال پایینی تیرها قرار می‌دهند. تاق ضربی بتنی را می‌توان به دو گونه ساخت.

یکی هنگامی است که ضخامت تاق برابر بلندی جان تیرهای فلزی است. در این صورت نیازی به آرماتور نخواهد بود. پس از گذاشتن روفیکس خم شده بر روی تیرها بتن‌ریزی انجام می‌شود.

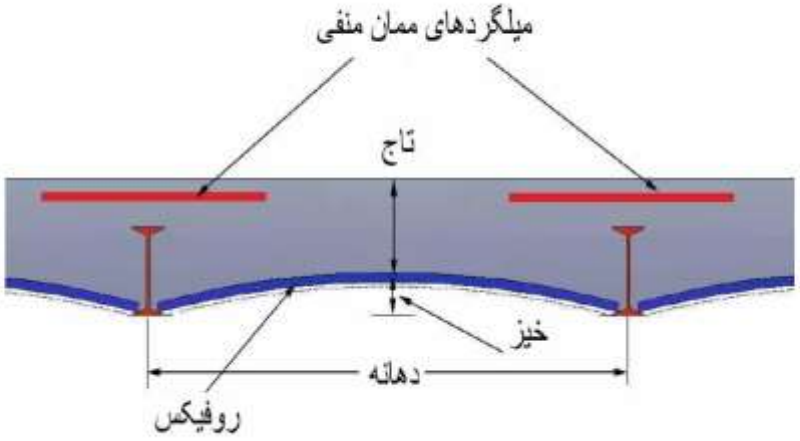




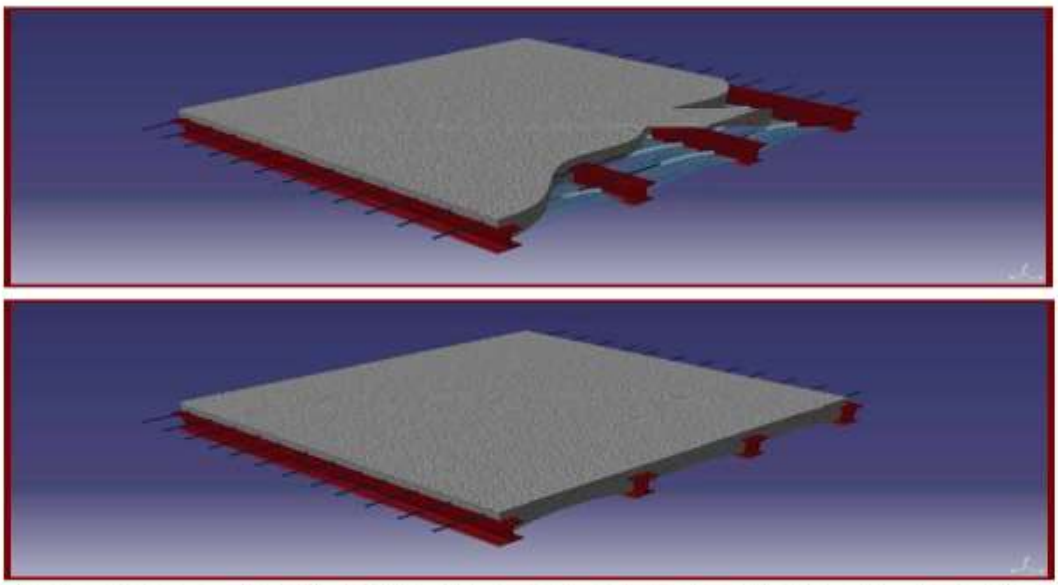


ساخت تاق ضربی بتنی با استفاده از قالب فلزی روفیکس (نسل اول)

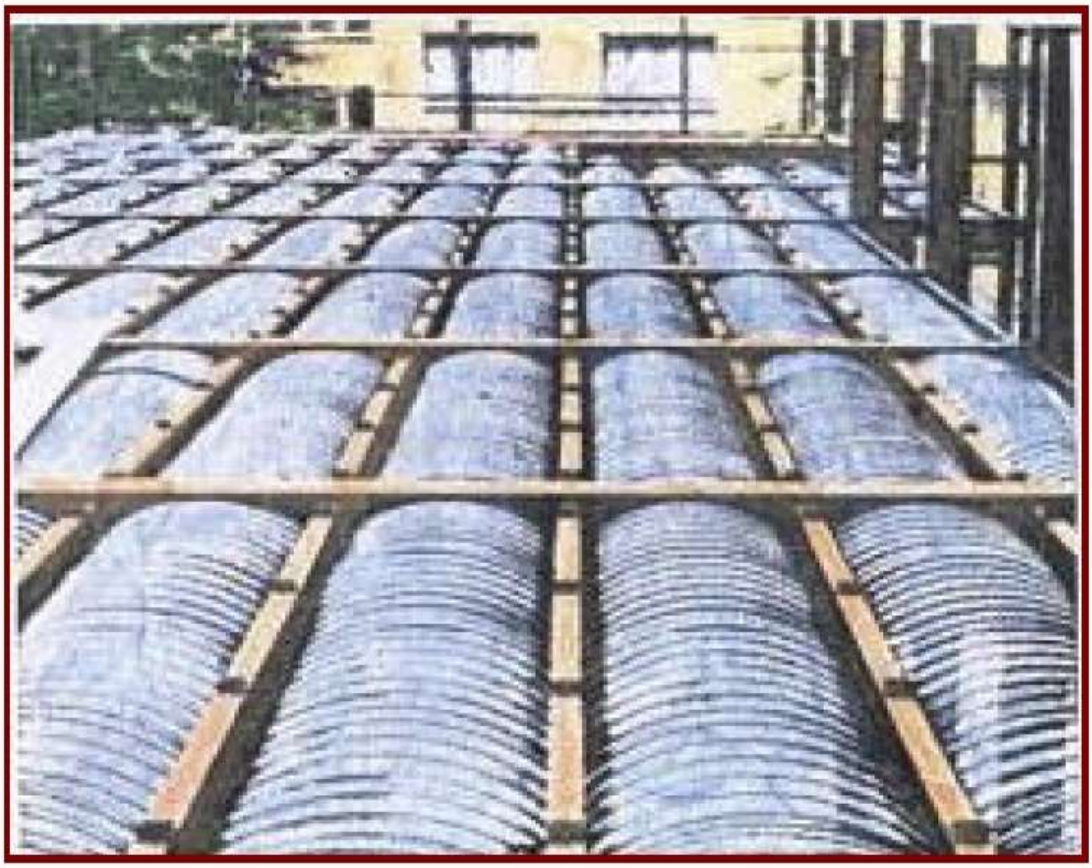
حالت دوم هنگامی است که ضخامت تاق بیش از ارتفاع جان تیرهای فلزی باشد. در صورت، ناگزیر خواهیم بود که میلگردهای ممان منفی را بر فراز تیرها قرار دهیم.



تاق ضربی بتنی با ضخامتی بیش از ارتفاع مقطع تیرآهن

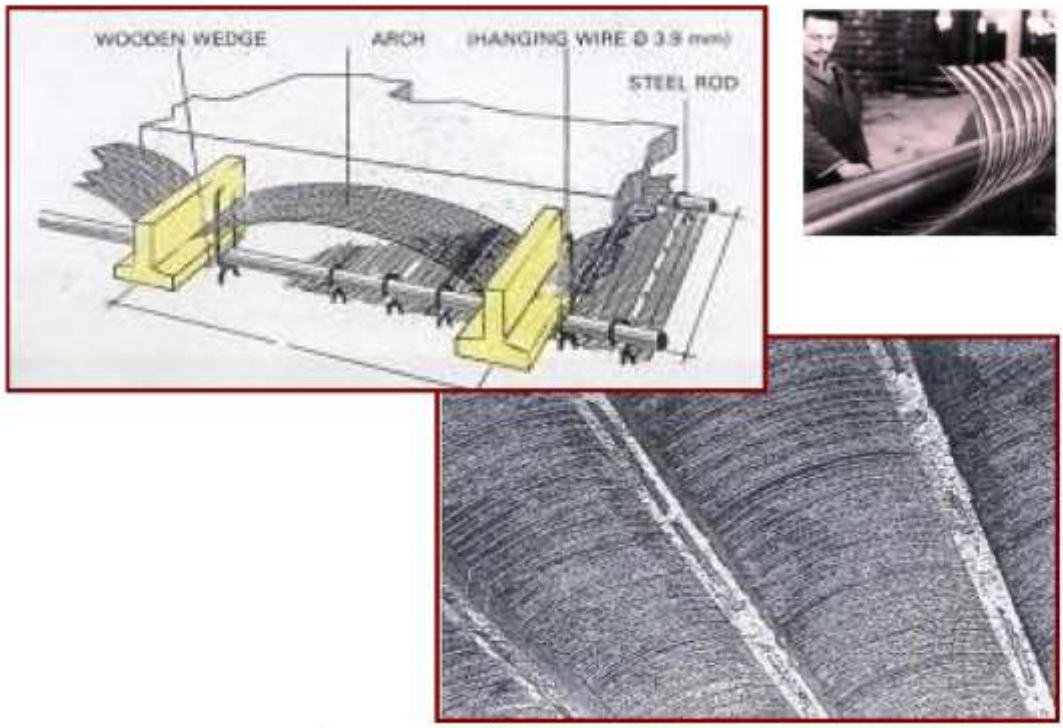


ساخت تاق ضربی بتنی باضخامت بیش از جان تیر با استفاده از قالب فلزی روفیکس (نسل اول)



اجرای تاق ضربی بتنی در آلمان

درصورتی که تیرها از نوع لانه‌زنبوری انتخاب شوند، پیوستگی بتن بین دهانه تیرها نیز به یکپارچگی تاق کمک بسزایی می‌کند.
تصاویر زیر نمونه‌هایی از اجرای تاق ضربی بتنی در اروپا را نشان می‌دهند:



اجرای تاق ضربی در ساختمان اسکلت بتنی در فرانسه

ساخت عرشه بتنی پل با قالب فلزی روفیکس (نسل اول):

قالب بندی عرشه پل، چه با قالب های چوبی و چه با قالب های فلزی، نیروی مهار (قالب بند)، زمان طولانی و هزینه بالایی را می طلبد. افزون برآن، پس از رسیدن بتن به مقاومت سازه ای، باز کردن قالب ها و همینطور جمع آوری و انبار کردن آنها نیز نیازمند نیروی کار، هزینه و فضای نگهداری می باشد. با جایگزین شدن روفیکس بجای این گونه قالب ها نه تنها می توان با کارگران نیمه ماهر ساختمانی کار را انجام داد بلکه، با افزایش سرعت اجرا و نبودن نیاز به باز کردن، جمع آوری و انبار کردن قالب، هزینه های اجرایی را نیز به میزان چشمگیری کاهش داد.

شکل ۱- چند نمونه قالب بندی عرشه پل با روش قالب بندی سنتی

نصب قالب روفیکس و کشیدن یک لایه پلاستیکی برای جلوگیری از ریختن شیره بتن با اسلامب بالا

قَرم پذیری قالب فلزی روفیکس (نسل اول)

قالب فلزی روفیکس (نسل اول) در یک راستا (در راستای طول آن) دارای مقاومت خمشی بالایی است و در راستای دیگر (در عرض) قابلیت انعطاف بسیار چشمگیری دارد بطوری که می توان آن را لوله کرد، از درون فضای تنگ گذراند و دوباره آن را به قَرم دلخواه درآورد. این توانایی روفیکس موجب شده که معماران و مهندسین عمران بتوانند خلاقیت های خود را برای طراحی و ساخت سازه های گوناگون و پیچیده متجلی سازند. تصویرهای زیر برخی از نمونه های طراحی شده و اجرا شده را در کشورهای صنعتی و همینطور در ایران نشان می دهند.

یک بنای یادبود بر روی کوه های آلپ

اجرای یک طرح معماری زیبا در آلمان

ساخت یک بنای یادبود در کشور امارات

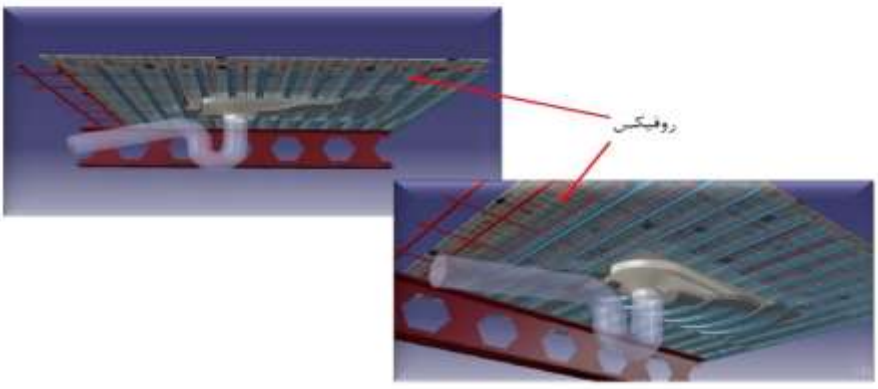
امتیاز روفیکس در قالب‌بندی و نصب
توالت ایرانی هم سطح
(بدون اختلاف ارتفاع) با کف

امتیاز روفیکس در قالب‌بندی و نصب توالت ایرانی هم سطح (بدون اختلاف ارتفاع با کف)

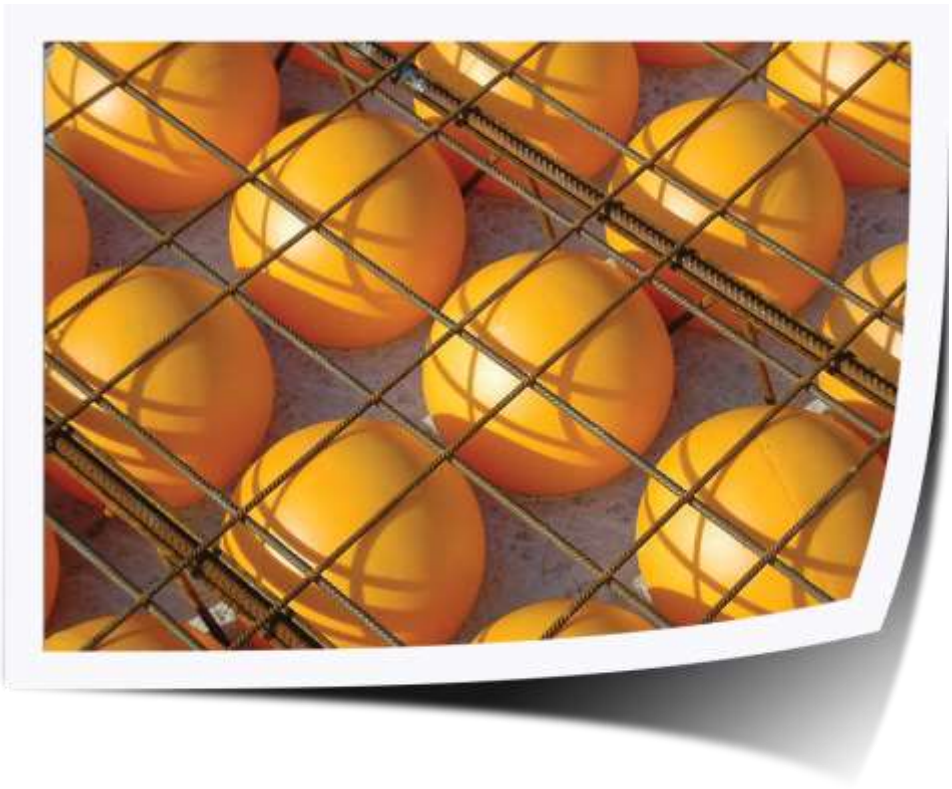
به ناگزیر به اجرای یک پلّه برای قرار دادن کاسهٔ (Squat toilet)های ساختمانی به دلیل عمق کاسه توالت‌های ایرانی در بسیاری از پروژه توالت در آن هستیم (شکل زیر).

طرح سنتی کاسه توالت در نیم قرن گذشته در ایران تکاملی نداشته، ولی با نگاهی به طراحی کاسه توالتِ سنتیِ ایرانی در جهان در می‌یابیم که با اندکی تغییر در طرح آنها می‌توان بهداشت توالت را به صورت بسیار بهتری تأمین کرد. دو تصویر زیر نمونه‌هایی از نوع تکامل‌یافته توالت‌های مشابه ایرانی در کشورهای آسیای شرقی و در برخی از کشورهای اروپایی را نشان می‌دهند:

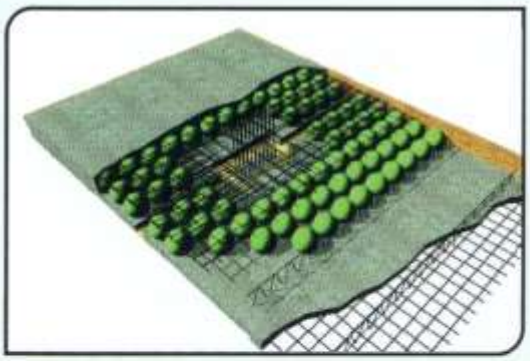
در ساختمانهای اسکلت فلزی با کف (سقف) مرکب بتنی، هنگام قالب بندی کف می‌توان با استفاده از روفیکس محل کاسهٔ توالت را در فضای زیر آن مانند شکل زیر آماده ساخت.



۹.سقف عرشه حبابی



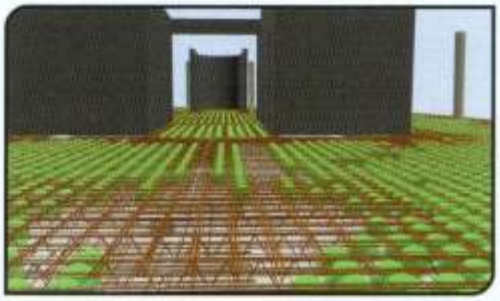
BubbleDeck چیست ؟



BubbleDeck روش نوین استفاده از دال بتنی است که شامل شبکه حباب های پیش ساخته در کارخانه به همراه میلگردهای نگهدارنده می باشد .

BubbleDeck روش انقلابی برای حذف کردن واقعی بتنی است که کاربرد سازه ای ندارد و در میان سقف قرار می گیرد و بدین وسیله بار مرده ساختمان به طرز شگفت انگیزی کاهش می یابد .

استفاده از توپ های پلاستیکی تو خالی در میان دال ، موجب ایجاد محیط خلاء و حذف بتن اضافی میان دال شده و حدود از ۳۵ ٪ وزن کل دال کاهش می دهد و این نوع دال با وزن کمتر مقاومت خمشی یکسانی را در مقایسه با سقف های معمولی دارا است . تلفیق توپ های پلاستیکی قابل بازیافت با بتن ، افزایش فاصله بین ستون ها را موجب می گردد و پیامدهای بسیار مفیدی در ساخت ساختمان های مسکونی ، تجاری ، اداری و پارکینگ ها خواهد داشت .



تولیدات BubbleDeck شامل دو روش زیر می باشد :

۱ - شبکه میلگرد و توپ Reinforcement Module

۲ - شبکه نیمه پیش ساخته Semi Precast Panel

مراحل شبکه میلگرد و توپ (Reinforcement Module)

۱ - طراحی و محاسبات :

طراحی و محاسبه سازه براساس تکنولوژی BubbleDeck صورت گرفته و شرایط پروژه نظیرحمل و امکانات سایت در طراحی مدنظر خواهد گرفت .

۲- تولید همزمان با اجرا و قالب بندی

روند تولید همزمان با اجرای فونداسیون ، ستون و دیوار برشی یا باد بند (در صورت لزوم) و همچنین قرار دادن میلگردهای تقویتی و قالب بندی زیر سقف خواهد بود . همزمان شدن مش بندی سقف در روند تولید در کارخانه با عملیات اجرا در سایت موجب افزایش چشمگیر سرعت کار خواهد شد .

۳-حمل

حمل شبکه ها از کارخانه به سایت صورت می گیرد. با توجه به روش اجرای کار هزینه حمل به دورترین نقاط کشور نیز با توجیه اقتصادی همراه خواهد بود .

٤-تخلیه

ابعاد شبکه ها با توجه به شرایط سایت و حمل طراحی شده و امکان تخلیه شبکه ها با تاور کرین ،کامیون ، جرثقیل وحتی بالابر یا نیروی انسانی نیز وجود دارد .

۵ -قرار دادن شبکه ها و یکپارچه سازی

شبکه ها و میلگرد های تقویتی در جای خود قرار گرفته و یکپارچه سازی می شود . با توجه به عدم نیاز به مش بندی این کار به آسانی و با سرعت بالا صورت گرفته و از اتلاف میلگرد در سایت جلوگیری می گردد .

۶ -جایگذاری تجهیزات الکتریکی و تاسیسات مکانیکی

در صورت جانمایی صحیح تجهیزات الکتریکی و تاسیسات مکانیکی در نقشه ها امکان قرار گیری آن به آسانی و سرعت پیش از بتن ریزی وجود دارد . بدیهی است در غیر این صورت این عملیات پس از بتن ریزی صورت می گیرد .

۷ -بتن ریزی و ویبره

ابتدا عملیات بتن ریزی و سپس مسطح سازی و ویبره صورت می گیرد در این مرحله یک پارچه بودن شبکه میلگرد و توپ نقشی اساسی در کیفیت بتن ریزی و جلوگیری از جابه جا شدن توپ ها را دارد .

۸ - باز کردن قالب

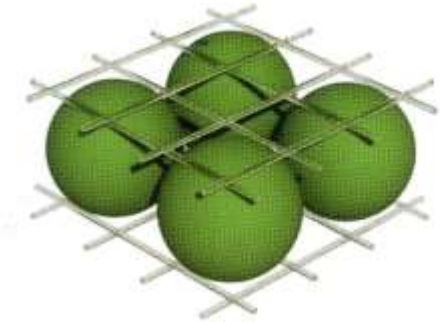
پس از بتن ریزی و سپری شدن مدت زمان استاندارد قالب ها از زیر سقف باز خواهد شد .

تاریخچه سقف حبابی (BubbleDeck)

اختراع سقف حبابی نخستین بار توسط یک مهندس عمران به نام آقای Jorgen Breuning در کشور دانمارک ثبت گردیده است . پس از اجرای موفقیت آمیز یک پروژه در دهه ۱۹۹۰ در کشور آلمان و اخذ تاییدیه های بین المللی ، تکنولوژی BubbleDeck الگوی سایر سیستم های مشابه قرار گرفت . اکنون کمپانی BubbleDeck به عنوان اولین و برترین تکنولوژی دال تو خالی در سرتا سر جهان شناخته شده است .

برتری تکنولوژی BubbleDeck نسبت به سایر دال های تو خالی

- استفاده از میلگردهای سازه ای به عنوان نگهدارنده توپ های پر کننده
- سرعت بالا به دلیل پوشش سطحی سقف نسبت به پوشش خطی و تکی
- حذف آرماتور گذاری شبکه پایین و بالا در سقف
- کاهش هزینه نیروی انسانی
- کاهش مصالح مصرفی
- جلوگیری ازاتلاف میلگرد در سایت



استفاده از توپ های پلاستیکی تو خالی در میان دال موجب ایجاد محیط خلا و حذف بتن اضافی میان دال شده و بیش از ۳۵ درصد از وزن کل دال را کاهش می دهند و این نوع دال مقاومت بیشتری را در مقایسه با سقف های معمولی دارا است. تلفیق توپ های پلاستیکی قابل بازیافت با بتن، افزایش فاصله بین ستون ها را موجب می گردد و پی آمد های بسیار مفیدی در ساخت ساختمان های مسکونی، ساختمان های تجاری، ساختمان های اداری و پارکینگ ها را خواهد داشت.

●مزایای استفاده از سقف BubbleDeck

کاهش مصالح فونداسیون و افزایش دهانه بین ستون ها.

امکان طراحی بی نظیر به دلیل حذف ستون ها ناشی از افزایش طول دهانه.

حذف تیر ها و آویزها در سازه

افزایش چشمگیر سرعت کار (استفاده از تکنیک نیمه پیش ساخته(

افزایش فضای مفید ساختمان به دلیل کاهش مصالح مصرفی.

کاهش قابل توجه اثرات زلزله.

کاهش مصرف بتن به دلیل حذف بتن غیر سازه ای (بر مبنای: ۱ کیلوگرم پلاستیک به جای ۱۰۰ کیلوگرم بتن.(

کاهش استفاده از مصالح ساختمانی نسبت به ساختمان های بتنی و فلزی معمولی.

عایق صوتی و حرارتی بسیار مناسب.(فراتر از استانداردهای مباحث ۱۸ و ۱۹ ساختمان.(

افزایش مقاومت در برابر آتش سوزی و حریق.

افزایش ارتفاع مفید ساختمان(افزایش تعداد طبقات در مقایسه با روش معمولی در یک ارتفاع ثابت.(

انطباق کامل با آیین نامه ۲۸۰۰ ایران و مقررات ملی ساختمان.

کاهش هزینه های اجرای تأسیسات الکتریکال و مکانیکال به دلیل حذف تیرها و مشکلات ناشی از آویزها.

امکان اجرای بسیار آسان لوله کشی ، سیم کشی و سیستم سرمایش و گرمایش در این نوع سقف.

مورد تایید معتبرترین دانشگاه ها و آزمایشگاه های اروپا و آمریکا

کاهش بار مرده سقف(وزن کمتر نسبت به سقف های معمولی

سازگاری با محیط زیست به دلیل استفاده از توپ های پلاستیکی قابل بازیافت و کاهش مصرف بتن (ساخت هر تن سیمان، ۸۰۰ کیلوگرم CO_2 تولید می کند

شبکه نیمه پیش ساخته

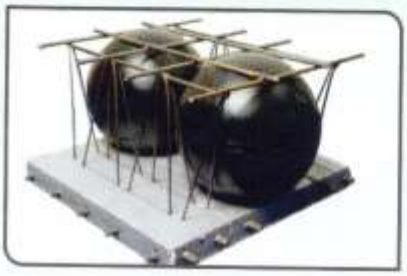
۱ - طراحی

طراحی و محاسبه سازه بر اساس تکنولوژی BubbleDeck صورت گرفته و پروژه می بایست شرایط لازم جهت اجرای شبکه نیمه پیش ساخته را داشته باشد .

۲ - تولید همزمان با اجرا

تولید پنل ها درکارخانه همزمان با اجرای فنداسیون و ستون و دیوار برشی یا بادبند صورت میگیرد . اشکال مختلف سازه با کیفیت بالا در این روش با بتن زیر در کارخانه تولید میشود .

پس از بتن ریزی کف شبکه بتن زیر ویبره می گردد . امکان جایگذاری تاسیسات مکانیکی و تجهیزات برقی در این مرحله وجود دارد .



۳ - حمل و تخلیه

حمل توسط تریلر از کارخانه به سایت صورت میگیرد . توجیه اقتصادی حمل به دورترین نقاط کشور امری بدیهی است .

در این روش تخلیه توسط تاور کرین و یا کامیون جرثقیل صورت میگیرد .

٤- جایگذاری و یکپارچه سازی

در پروژه های عظیم که نقش مدیریت زمان دو چندان می گردد استفاده از پنل های نیمه پیش ساخته میتواند مهم ترین تصمیم یک مدیر پروژه باشد . با توجه به بتن مسلح زیر که در شرایط استاندارد کارخانه تولید و ویبره شده است ،نیازی به استفاده از میلگرد های تقویتی و حتی قالب بندی زیر نبوده ودر زیر آن تنها جک و ساپورت قرار می گیرد .پس از جایگذاری عملیات یکپارچه سازی صورت می گیرد .

۵- بتن ریزی و ویبره

عملیات بتن ریزی روی مش و مسطح سازی و ویبره به دلیل فیکس بودن توپ در بتن زیر به آسانی و با نهایت سرعت صورت می گیرد .

سازگاری تکنولوژی BubbleDeck با سیستم پیش تنیده و پس کشیده

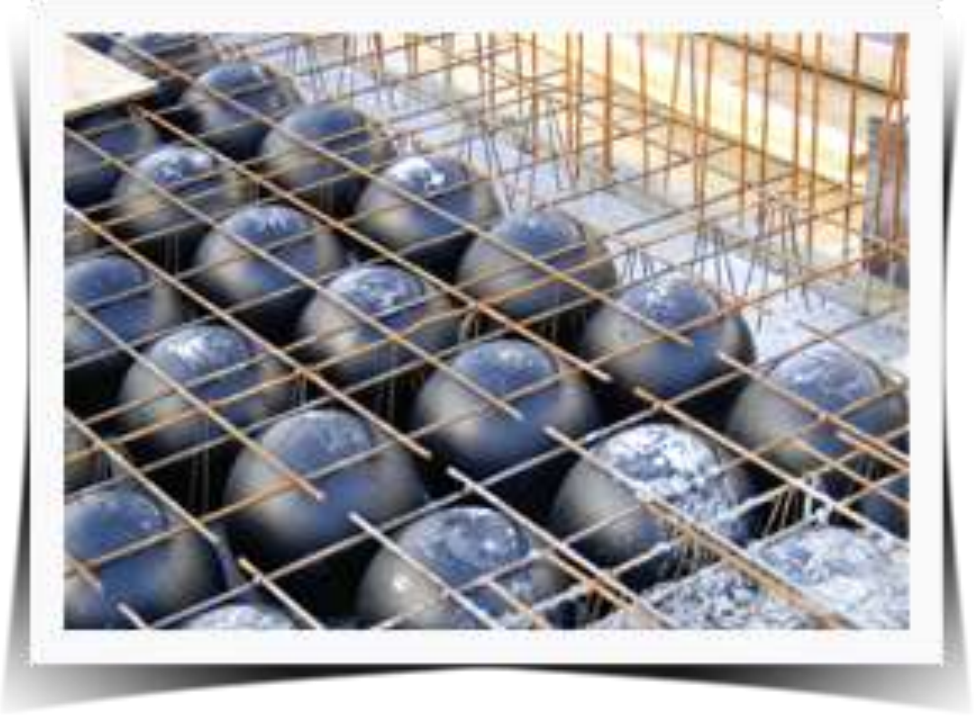
اگر چه هزینه پایین تکنولوژی BubbleDeck با سیستم پیش تنیده و پس کشیده قابل قیاس نیست ولیکن برای دهانه بالاتر از ۱۸ متر ترکیب تکنولوژی BubbleDeck با سیستم پیش تنیده و پس کشیده ضروری می باشد.

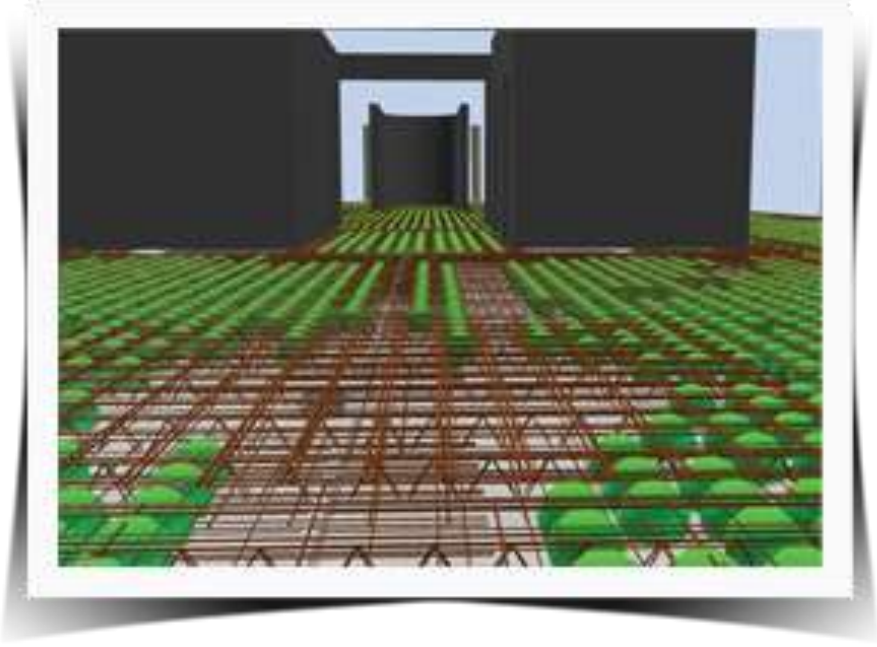
مزیت این ترکیب گذشته از نقاط قوت تکنولوژی BubbleDeck در سرعت کار و اجرا، پایین آمدن فراوان هزینه سیستم پیش تنیده و پس کشیده در قیاس با روش معمول می باشد.

جدول برآورد Bubble Deck

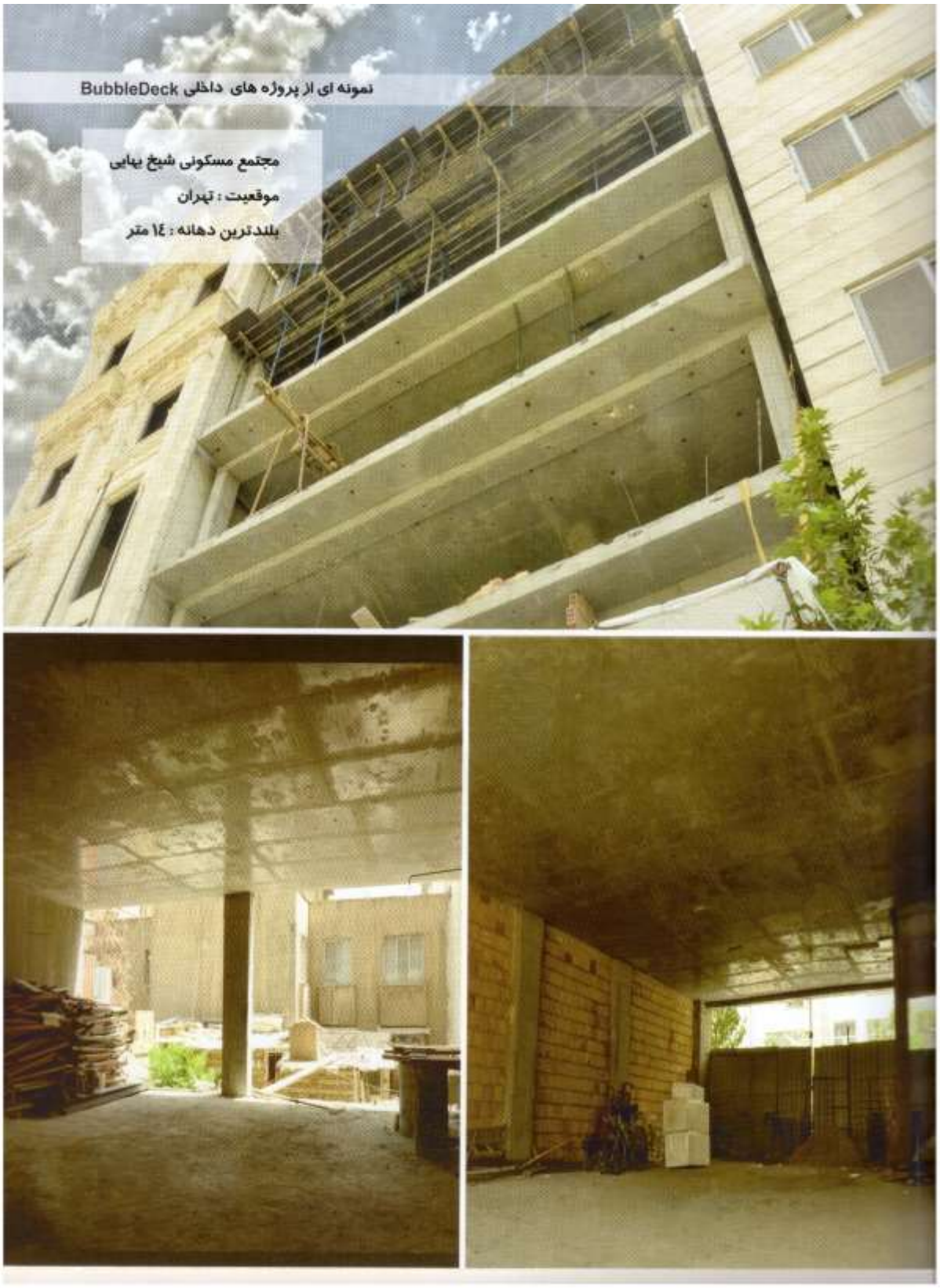
دهانه(متر)		8				10				12			
کاربری		مسکونی		تجاری		مسکونی		تجاری		مسکونی		تجاری	
ضخامت(سانتی متر)		23		25		28		30		34		36	
وزن(کیلوگرم برمترمربع)		400		440		475		525		630		670	
مصرف مصالح		بتن	میلگرد	بتن	میلگرد	بتن	میلگرد	بتن	میلگرد	بتن	میلگرد	بتن	میلگرد
تعدادطبقات	8	0.42	42	0.44	45	0.45	45	0.48	48	0.48	48	0.52	52
	10	0.45	45	0.48	48	0.48	48	0.5	50	0.5	50	0.5	53
	12	0.48	48	0.5	52	0.52	52	0.55	55	0.55	55	0.55	58

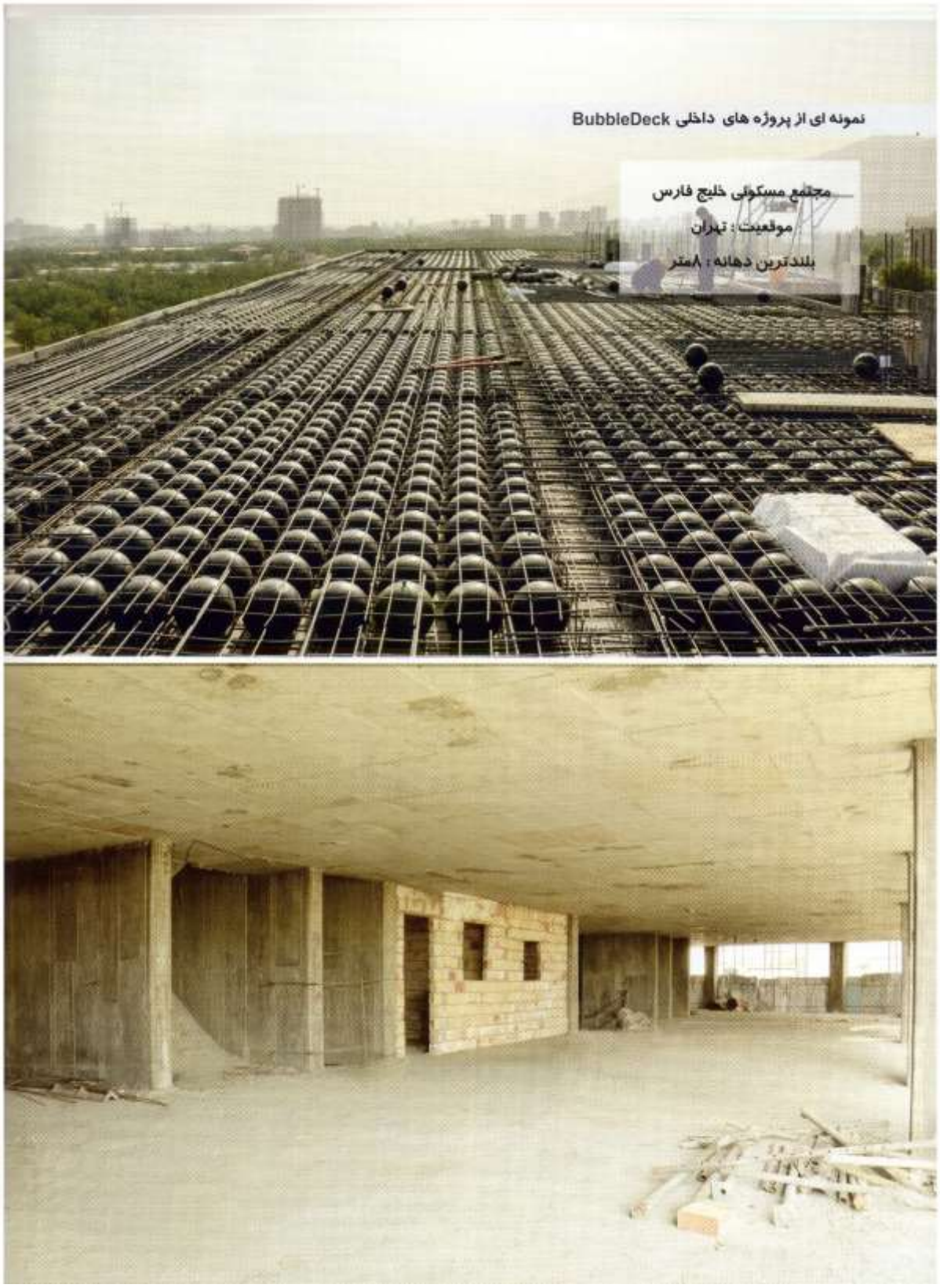
- جدول فوق جهت برآورد اولیه ضخامت سقف دال تهیه شده است. ضخامت دقیق سقف پس از مدلسازی و کنترل بندهای آیین نامه، توسط واحد فنی اعلام می گردد.
- مقادیر مربوط به مصالح مصرفی، به صورت تقریبی و بر اساس پروژه های با شرایط معمولی تهیه شده است. در صورت خاص بودن پروژه به لحاظ ابعاد هندسه و یا کاربری، اعداد جدول تغییر خواهند کرد.



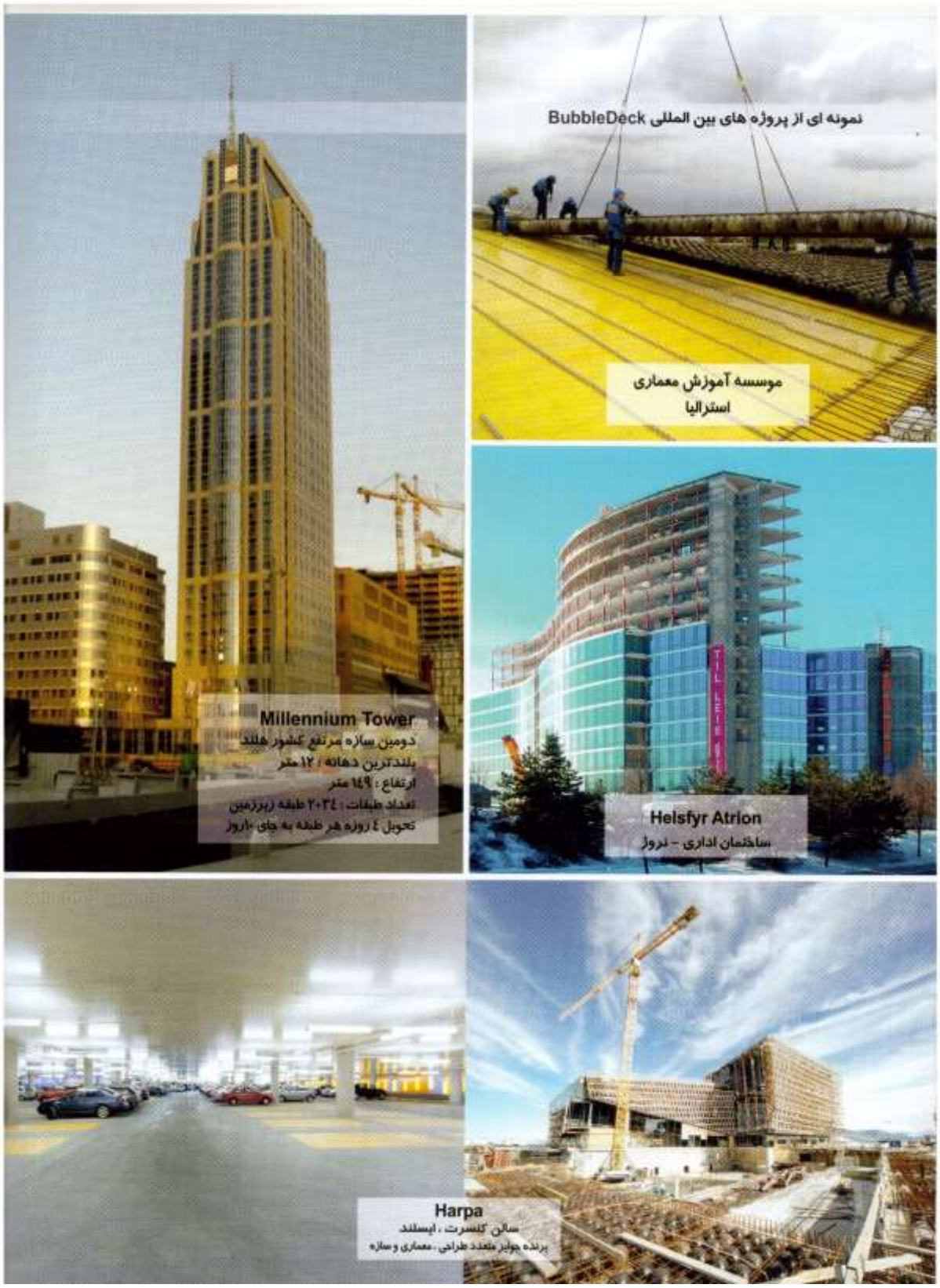


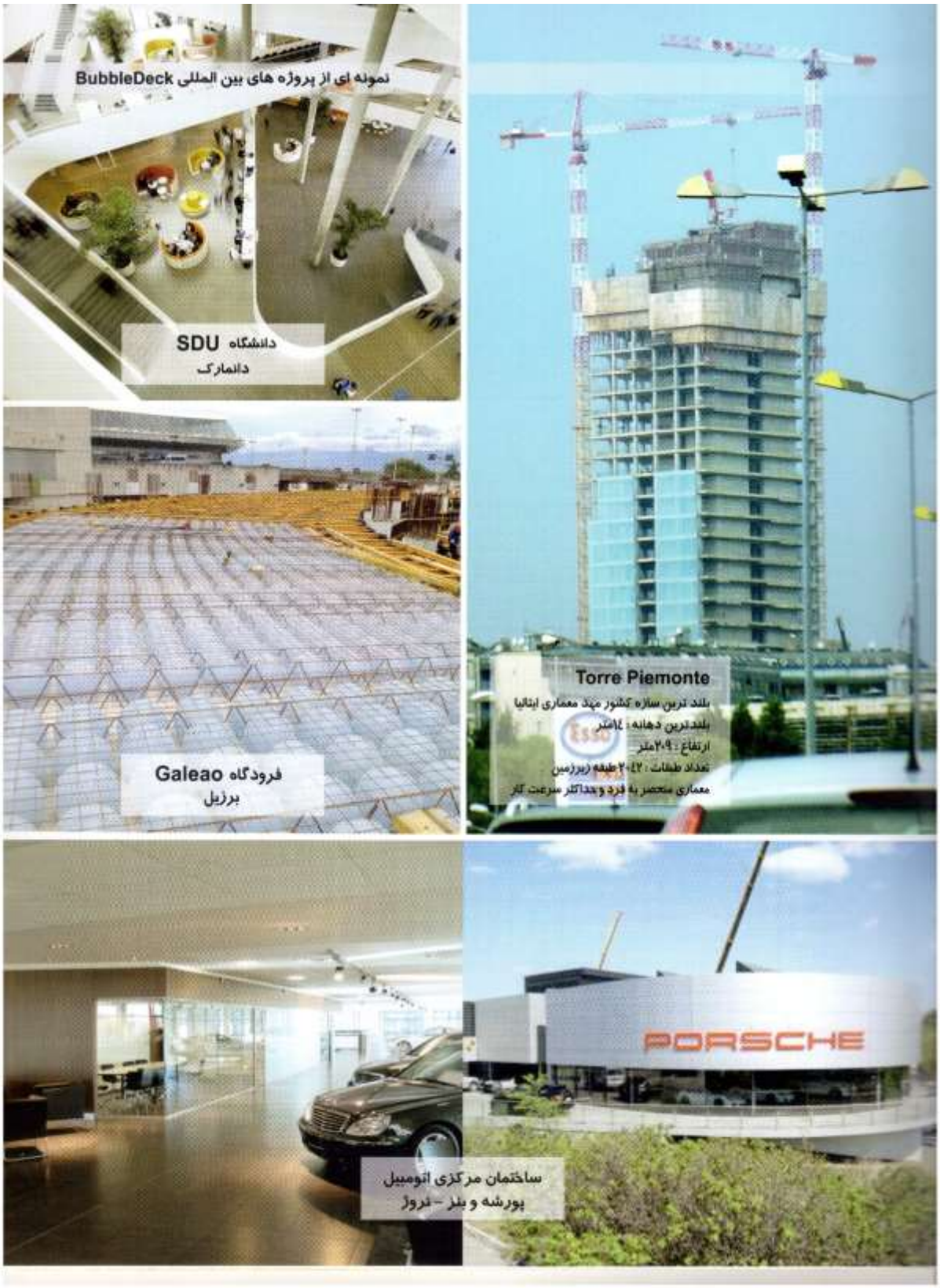
نمونه ای از پروژه های داخلی BubbleDeck
مجتمع مسکونی سپهر
موقعیت : تهران
بلندترین دهانه : ۱۰ متر


نمونه ای از پروژه های داخلی BubbleDeck
مجتمع مسکونی شیخ بهایی
موقعیت : تهران
بلندترین دهانه : ۱۴ متر


نمونه ای از پروژه های داخلی BubbleDeck
مجتمع مسکونی خلیج فارس
موقعیت : تهران
بلندترین دهانه : ۸متر

نمونه ای از پروژه های داخلی BubbleDeck
مجتمع مسکونی پیامبر
موقعیت : تهران
بلندترین دهانه ۱۰ متر
مجتمع مسکونی سعادت آباد
موقعیت : تهران
بلندترین دهانه :۱۲متر
مجتمع مسکونی طرشت
موقعیت : تهران
بلندترین دهانه :۱۲متر
مجتمع تجاری خلیلی
موقعیت داراب
بلندترین دهانه ۱۲ متر


Millennium Tower
دومین سازه مرتفع کشور هلند
بلندترین دهانه : ۱۲ متر
ارتفاع : ۱۴۹ متر
تعداد طبقات : ۲۰۳٤ طبقه زیرزمین
تحویل ٤ روزه هر طبقه به جای ۱۰ روز
نمونه ای از پروژه های بین المللی BubbleDeck
موسسه آموزش معماری
استرالیا
Helsfyr Atrion
ساختمان اداری - نروژ
Harpa
سالن کنسرت ، ایسلند
برنده جوایز متعدد طراحی ، معماری و سازه


نمونه ای از پروژه های بین المللی BubbleDeck
دانشگاه SDU
دانمارک
Torre Piemonte
بلند ترین سازه کشور مهد معماری ایتالیا
بلندترین دهانه: ۱۴متر
ارتفاع: ۲۰۹متر
تعداد طبقات: ۴۲ طبقه زیرزمین
معماری منحصر به فرد و جداکثر سرعت کار
فرودگاه Galeao
برزیل
PORSCHE
ساختمان مرکزی اتومبیل
پورشه و بنز - نروژ

پارکینگ های اجرا شده
تا حداکثر دهانه ۱۸ متر

۱۰.سقف کوبیاکس

این نوع سقف که به تازگی درصنعت ساختمان ایران وارد شده است از لحاظ سازه ای شبیه به دال دو طرفه است که البته تفاوت هایی با آن دارد. بدین ترتیب که درضخامت دال گوی های توخالی سبکی رابصورت منظم قرارمیدهند تا درواقع از معرف بتن برای پرکردن آن قسمت جلوگیری کنند. کاری که این گوی های تو خالی سبک انجام میدهند شبیه به کاری است که بلوک های پرکننده (فوم) در سقف تیرچه بلوک انجام می دهند. یعنی از پرشدن بتن در فضایی که بتن نیازی نیست جلوگیری میکنند. شکل ظاهری این گوی ها شبیه به یک توپ فوتبال کم باد است که با دست از بالا و پایین آنرا فشارداده باشید . این گوی ها در فضای بین شبکه آرماتور بالا و پایین قرارمیگیرند. برای اینکه گوی ها با یک نظم و ترتیب مشخص و به صورت ردیفی در کناریکدیگر قرارمیگیرند آنها رادر یک قفس فلزی که بصورت خرپایی ساخته میشود.قرارداد. و سپس بین شبکه آرماتور بالا و پایین جای میدهند. جنس این گوی ها پلی اتلین بازیافتی یا پلی پروتیین می باشد. سقف کوبیاکس به دلیل هزینه بالا و وقت گیر بودن تاکنون نتوانسته جایگاه مناسبی دربین سقف های سازه ای در صنعت ساختمان ایران پیدا کند.

●پیشینه کوبیاکس

مطالعات در زمینه سبک سازی و حذف بتن ناکارآمد از سال ۱۹۸۵ در دانشگاه های آلمان و مجموعه شرکت های گروه فناوری های کوبیاکس درسال ۱۹۹۷ با همراهی مهندسین و متخصصینی از سوئیس و دیگر کشورهای اتحادیه اروپا پایه ریزی و تآسیس شده است و اکنون تبدیل به یک مجموعه متخصص در مورد اسلب های تخت سبک با بتن مسلح شده است.

این دانش از سال ۱۳۸۷ به صورت انحصاری در ایران و تعدادی از کشورهای منطقه در اختیار کوبیاکس ایران است.

●دلایل انتخاب و ورود تکنولوژی کوبیاکس توسط کوبیاکس ایران به کشور عبارتند از:

- **صنعتی سازی**
- **عدم نیاز به سرمایه گذاری زیاد برای احداث کارخانجات مواد اولیه**
- **عدم نیاز به نیروی کار خیلی متخصص و امکان استفاده از نیروهای موجود**
- **امکان احداث کارخانجات تولیدی در اقصی نقاط کشور**
- **عدم وابستگی به خارج از کشور**
- **سازگاری با مباحث و مقررات ملی ساختمانی کشور**
- **اقتصادی بودن تکنولوژی و امکان رقابت با سیستم های رایج**
- **انعطاف پذیری سیستم در ارتباط با مسآله معماری و سازه ای**
- **تکنولوژی دوستدار محیط زیست**

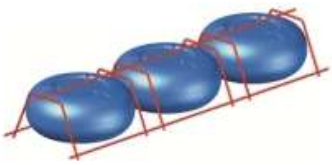
●مفهوم کوبیاکس

اساس طراحی تکنولوژی Cobiax مبنی است بر سقف سازه ای با ویژگی «سقف دال ۲ طرفه «مشابه سقف های بتنی دال ۲ طرفه مرسوم با این تفاوت که هسته بتن مرکزی در محل هایی که کاربرد سازه ای ندارد با گوی های توخالی جایگزین می گردد. (جنس این گوی ها پلی اتیلن بازیافت یا پلی پروپیلن می باشدبدین صورت که این گوی ها در حدفاصل مش های میلگردی بالا و پایین قرار می گیرند. با توجه به اینکه در دال های بتنی ۲ طرفه مشکل تحمل نیروی برشی وجود ندارد، مشکل طراحی این نوع سقف بر مبنای حذف قسمتی از بتن میانی و ایفای عملکرد دال ۲ طرفه می باشد.در فنآوری Cobiaxبا حذف بار مرده غیرسازه ای خاصیت باربری ۲ محوره همچنان حفظ می گردد. همچنین با شکل گیری غشای بتنی مستحکم در قسمت فوقانی و تحتانی دال به همراه شکل گیری شبکه تیرچه های داخلی در ۲ امتداد در اثر قراردهی گوی ها در سرتا سر فضای میانی دال بتنی می توان باربری مناسبی را برای این دال متصور شد.

●اجزای این سیستم عبارتند از:

- **مدول قفسه ای (گوی های پلاستیکی به همراه خرپای فولادی**
- **دال بتن آرمه**

●انواع کیج ماژول



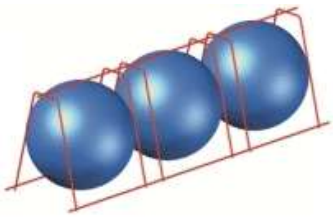
CBCM-S "SLIM-LINE"

Void former made from recycled Polyethylene
h=100, 140, 160 and 180 mm

Positioning cage mage from reinfocement steel, l=25o cm

For Slab Thickness
Between 20 and 30 cm

Incurred Load Reduction
1.3 to 2.5 KN/m²



CBCM-E "ECO-LINE"

Void former made from recycled Polyethylene
h=225, 270, 315, 360, 405 and 450 mm

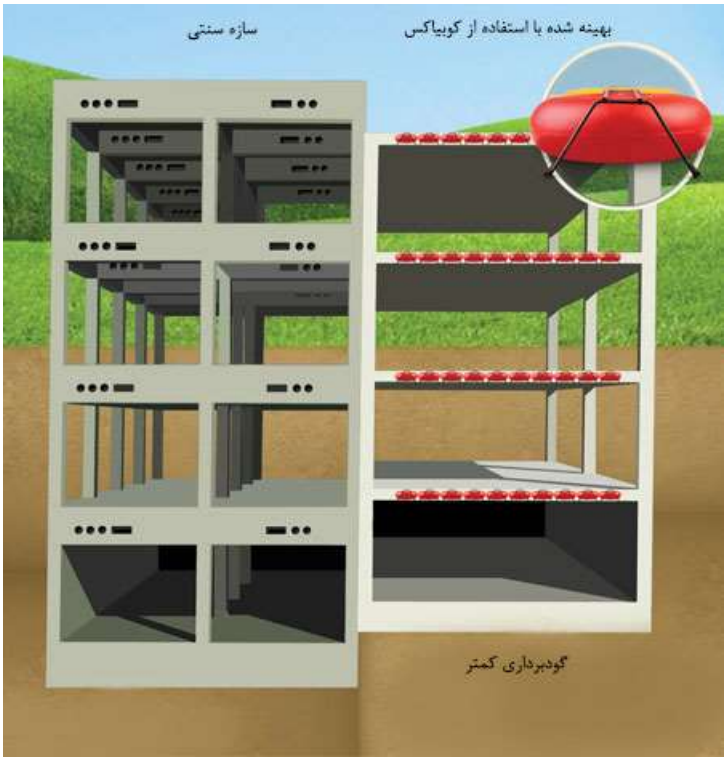
Positioning cage mage from reinfocement steel, l=25o cm

For Slab Thickness
Between 35 and 60+ cm

Incurred Load Reduction
2.4 to 4.8 KN/m²

●مزایای سیستم کوبیاکس در مقایسه با سایر سقف های رایج

در سیستم Cobiax اعضای دال سقف شامل بتن، آرماتور، توپی های توخالی پلاستیکی، و قفسه مسلح می باشد. توپ های توخالی در هسته مرکزی قفسه مسلح قرار گرفته و یک قفسه مدولار مسلح ایجاد می کند. این کیج مسلح مابین ۲ لایه آرماتور زیرین و رویین دال قرار گرفته و با حذف بتن غیرباربر از درون دال موجب سبک سازی آن می شود. در این سازه سیستم مقاوم در برابر نیروهای جانبی سازه شامل ترکیب دال و ستون (تقریباً قاب ساده) و دیوار برشی بتنی با شکل پذیری متوسط می باشد.



●مزایای فنی سیستم کوبیاکس عبارتند از:

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

●مزایای معماری سیستم کوبیاکس عبارتند از:

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

●مزایای اقتصادی سیستم کوبیاکس عبارتند از:

- **کاهش مصرف بتن**
- **کاهش المان های سازه ای**
- **کاهش مصرف آرماتور**
- **کاهش زمان ساخت**
- **کاهش هزینه های اجرای تأسیسات (حذف تیرها و مشکلات ناشی از آویز تیرها)**
- **کاهش ارتفاع کلی سازه به دلیل بهینه سازی ارتفاع سقف**

●قابلیت های دیگر کوبیاکس

کوبیاکس قابلیت انطباق با هر گونه معماری را دارا است. نحوه چیدمان گوی های توخالی، اندازه و شکل دال بتنی بر اساس مقتضیات پروژه تعیین می گردند .کوبیاکس را می توان همراه با تکنیک های ساختمانی از قبیل پس کشیدگی و یا سازه های مرکب در دهانه بلندتر از ۱۸ متر مورد استفاده قرار داد.اجرای تاسیسات الکترونیکی و مکانیکی مشابه روش های سنتی و با قابلیت اجرا در ضخامت دال همانند تصاویر زیر می باشد.

علاوه بر روش اجرای درجا، قابلیت اجرا به روش نیمه پیش ساخته نیز وجود دارد.

•جدول برآورد کوبیاکس

دهانه(m)	کاربری	ضخامت تقریبی(cm)	وزن(kg/m^2)	مصرف مصالح	تعداد طبقات ۵	۷	۹	۱۱
۵	مسکونی	۲۰	۳۹۰	بتن	۰،۴۱	۰،۴۱	۰،۴۲	۰،۴۲
				میلگرد	۴۱	۴۵	۴۶	۴۷
	تجاری	۲۰	۳۹۰	بتن	۰،۴۱	۰،۴۱	۰،۴۲	۰،۴۲
				میلگرد	۴۵	۵۰	۵۱	۵۲
۷	مسکونی	۲۵	۴۸۰	بتن	۰،۴۵	۰،۴۵	۰،۴۶	۰،۴۶
				میلگرد	۴۳	۴۷	۴۸	۴۹
	تجاری	۲۵	۴۸۰	بتن	۰،۴۵	۰،۴۵	۰،۴۶	۰،۴۶
				میلگرد	۴۷	۵۱	۵۲	۵۳
۹	مسکونی	۳۰	۵۷۵	بتن	۰،۴۹	۰،۴۹	۰،۵	۰،۵
				میلگرد	۴۶	۴۸	۵۰	۵۱
	تجاری	۳۰	۵۷۵	بتن	۰،۴۹	۰،۴۹	۰،۵	۰،۵
				میلگرد	۴۹	۵۱	۵۳	۵۴
۱۱	مسکونی	۳۵	۶۶۰	بتن	۰،۵۳	۰،۵۳	۰،۵۴	۰،۵۴
				میلگرد	۴۹	۵۱	۵۲	۵۳
	تجاری	۳۵	۶۶۰	بتن	۰،۵۳	۰،۵۳	۰،۵۴	۰،۵۴
				میلگرد	۵۶	۵۸	۵۹	۶۰

-برآورد فوق بر اساس شرایط خاک نرمال تهیه گردیده و لذا بسته به شرایط خاک پروژه ممکن است مشخصات فونداسیون و به تبع آن مقادیر کلی مصرفی مصالح تغییر یابد.

-این مبلغ بصورت عام اشاره شده و بدیهی است بنا به متراژ و موقعیت کار متغیر خواهد بود.

-با عنایت به آنکه بر اساس استانداردهای مقررات ملی ساختمان ایران می بایست دیوار برشی جهت کنترل نیروی زلزله در ساختمان های گروه دال تخت تعبیه گردد، لذا مقادیر مصالح فوق با فرض کفایت دیوار برشی و جانمائی مناسب آن در هر دو جهت طولی و عرضی ساختمان برآورد گردیده است.

-جدول فوق با فرض ساختمان های روی سطح زمین تهیه گردیده و چنانچه در ساختمانی بدلیل حضور طبقات منفی نیاز به دیوار حایل بتنی باشد، هزینه آن می بایست جداگانه محاسبه گردد.

-میزان میلگرد مصرفی بر مبنای کیلوگرم بر متر مربع زیربنا و بتن مصرفی متر مکعب بر متر مربع زیربنا می باشد.

سیستم کوبیاکس از گروه سیستمهای دال ستونی می باشد. به نحوی که دال تخت بتنی بدون نیاز به تیر مستقیماً بر روی ستونها و دیوارهای برشی استقرار می یابد.

•هزینه تمام شده ساختمان در بخش اجرای سازه (شامل فونداسیون، ستون، دیوار برشی و سقف) عبارت است از مجموع هزینه های زیر در متر مربع زیربنا:

۱ .میلگرد مصرفی: میزان مقادیر میلگرد مصرفی بسته به نوع کاربری، تعداد طبقات، فواصل ستونها از جدول پیوست قابل استخراج می باشد.

۲ .بتن مصرفی: میزان بتن مصرفی بسته به نوع کاربری، تعداد طبقات و فواصل ستونها از جدول پیوست قابل استخراج می باشد.

۳ .خدمات و پشتیبانی کوبیاکس: هزینه خدمات و پشتیبانی کوبیاکس شامل دو بخش به شرح زیر می باشد:

- **خدمات مهندسی شامل طراحی، محاسبات و تولید نقشه های سازه بر اساس سیستم کوبیاکس، آموزش گروه مجری سقف، حق امتیاز استفاده از تکنولوژی در پروژه و نظارت بر مراحل اجرای سقف.**
- **تولید و تحویل کیج ماژولهای مورد نیاز پروژه**

۴ .دستمزد و اجراء: کارفرما لازم است که برای اجرا سازه پیمانکار مورد تائید خود را انتخاب نماید. بدیهی است حق الزحمه پیمانکار بر اساس شرایط منطقه و قیمت های متداول روز تعیین می شود.

•روش اجرای درجای کوبیاکس

قالب بندی

اجرای مش تحتانی

قرارگیری توپ ها بر روی مش تحتانی

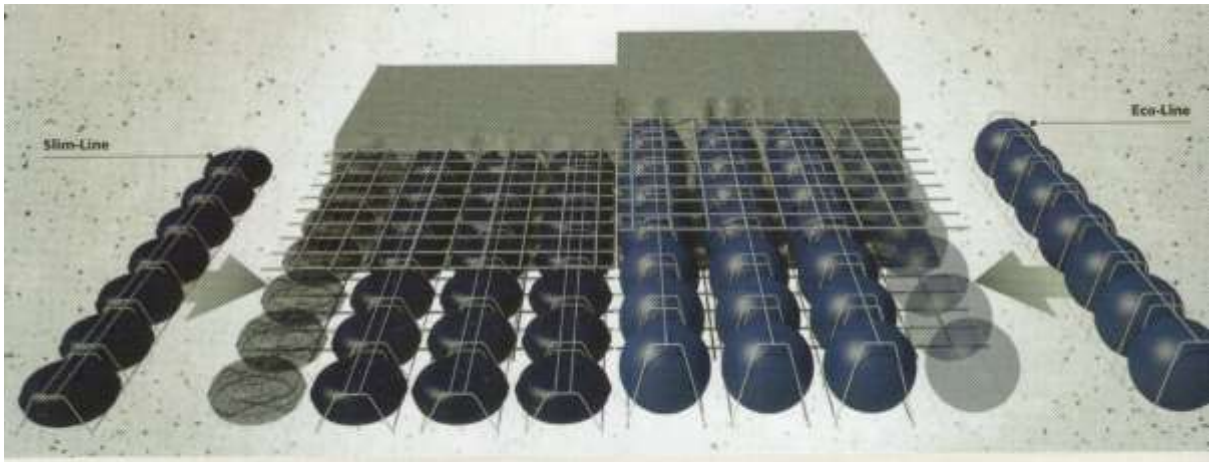
اجرای مش فوقانی

بتن ریزی و ویبره

تسطیح نهایی

باز کردن قالب

●انواع کیج ماژول کوبیاکس



گوی کروی	گوی تخت
قالبهای ماندگار از جنس پلی اتیلن بازیافتی h = ۱۸۰, ۲۲۵, ۳۱۵, ۳۶۰, ۴۰۵, ۴۵۰ mm جنس سبدهای نگهدارنده از فولاد A۲ ، ℓ = ۲۵۰cm	قالبهای ماندگار از جنس پلی اتیلن بازیافتی h = ۱۰۰ ,۱۴۰ ,۱۸۰ ,۲۰۰ ,۲۲۰ mm جنس سبدهای نگهدارنده از فولاد A۲ ، ℓ = ۲۴۵ cm
بازه ضخامت دال	بازه ضخامت دال
بین ۳۰ و ۶۰۰ سانتی متر	بین ۲۰ و ۳۵ سانتی متر
میزان کاهش بار مرده	میزان کاهش بار مرده
۲/۳-۴/۸ KN/m²	۱/۴-۲/۸ KN/m²

●چند نمونه پروژه

مرکز تجارت جهانی فرش **محل پروژه:** تبریز **بلندترین دهانه:** ۱۱ متر **ضخامت دال:** ۳۰ و ۲۴ سانتی متر **زیربنا:** ۸۴۰۰۰ متر مربع

پارکینگ طبقاتی کارستان **محل پروژه:** تهران **بلندترین دهانه:** ۱۱/۵ متر **ضخامت دال:** ۳۲ سانتی متر **زیربنا:** ۴۲۵۰۰ متر مربع

مجتمع تجاری تفریحی تهران مال **محل پروژه:** تهران، منطقه ۲۲ **بلندترین دهانه:** ۱۶ متر **ضخامت دال:** ۳۵- ۴۰- ۶۰ سانتی متر **زیربنا:** ۱۴۰۰۰۰ متر مربع

مجتمع تجاری شهریاران **محل پروژه:** شهریار **بلندترین دهانه:** ۸ متر **ضخامت دال:** ۳۰ سانتی متر **زیربنا:** ۴۲۵۰۰ متر مربع

هتل و آپارتمان سیتی سنتر قشم **محل پروژه:** جزیره قشم **بلندترین دهانه:** ۷/۵ متر **ضخامت دال:** ۲۷ سانتی متر **زیربنا:** ۱۰۰۰۰۰ متر مربع

مجتمع تجاری سالاریه **محل پروژه:** شهر قم **بلندترین دهانه:** ۱۱ متر **ضخامت دال:** ۴۰ سانتی متر **زیربنا:** ۴۵۰۰۰ متر مربع

تعاونی مسکن بیمارستان رجایی

محل پروژه: استان قزوین
بلندترین دهانه: ۹ متر
ضخامت دال: ۳۲ سانتی متر
زیربنا: ۸۰۰۰ متر مربع

هتل پنج ستاره پالاس

محل پروژه: جزیره کیش
بلندترین دهانه: ۹/۹۰ متر
ضخامت دال: ۲۳ سانتی متر
زیربنا: ۲۵۰۰۰ متر مربع

پروژه مسکونی دیباجی

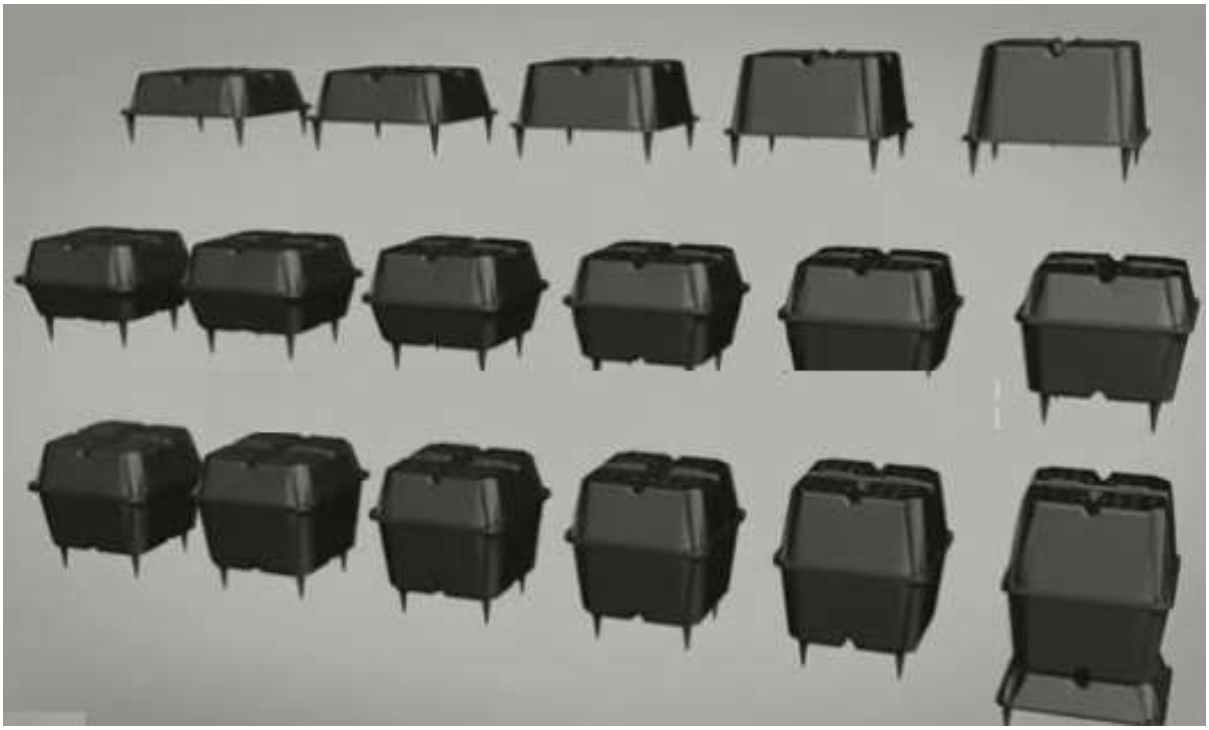
محل پروژه: تهران، خیابان دیباجی
بلندترین دهانه: ۱۰ متر
ضخامت دال: ۳۰ سانتی متر
زیربنا: ۸۷۵۰ متر مربع

پروژه مسکونی اقدسیه

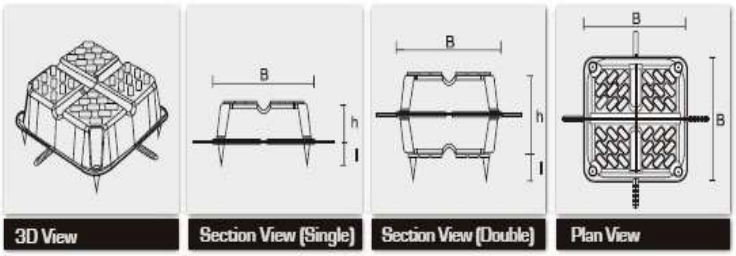
محل پروژه: تهران، خیابان اقدسیه
بلندترین دهانه: ۱۱ متر
ضخامت دال: ۳۵ سانتی متر
زیربنا: ۸۲۰۰ متر مربع

۱۱.سقف یوبوت

در اواخر قرن بیستم میلادی مهندسین ایتالیایی با تحقیق بر روی سقف‌های مختلف به ویژه دال‌های بتنی به جهت بهینه سازی آن و رسیدن به مقاومت مناسب در برابر زلزله و همچنین استفاده از دهانه‌های بلند و کاهش مصرف بتن و آرماتور، سیستم دال مجوف یوبوت را ابداع و به دنیا معرفی کردند. این سیستم با توجه به مزایای مختلف سازه‌ای، اقتصادی و معماری در کشورهای مختلف دنیا مورد استقبال گسترده‌ای قرار گرفت .سیستم یوبوت در سال ۱۳۸۷ پس از ورود به ایران در مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن وزارت راه و شهرسازی مورد بررسی قرار گرفت و موفق به اخذ تاییدیه فنی از آن مرکز شده است و تاکنون بیش از ۱۰۰۰۰۰۰ مترمربع سقف ساختمانهای مختلف در اقصی نقاط کشور از دال مجوف یوبوت استفاده شده است .دال مجوف یوبوت از ترکیب نوآورانه بتن، میلگرد و قالب هایی از جنس پلی پروپیلن ساخته می شود. یوبوت محصولی پلیمری با پایه پلی پروپلین است که با هدف سبک سازی دال ها در سقف و پی های گسترده بتنی طراحی شده است. از ویژگی های یوبوت، احاطه شدن آن در داخل بتن با شبکه های میلگرد سقف است که باعث بوجود آمدن نیروهای دو طرفه عمود بر هم می گردد و کاهش به سزای مصرف میلگرد را در پی دارد .سایز بندی متفاوت یوبوت (از ۱۳ تا ۵۶ سانتی متر)، دستیابی به سختی مطلوب را با وزن کمتر امکان پذیر می نماید و از سوی دیگر سختی بالای سقف اجرا شده با یوبوت امکان حذف تیرهای آویزدار را فراهم و دست مهندسین معمار و محاسب را در اجرای نقشه های معماری باز می گذارد تا مطابق درخواست کارفرما و نیاز پروژه با آزادی بسیار زیاد عمل نمایند

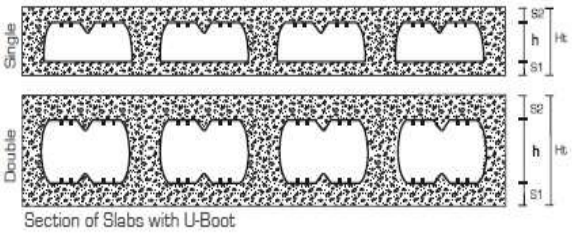


نظر به توسعه روزافزون عملیات عمرانی در کشور، بهره‌گیری از فن‌آوری‌های جدید با هدف استفاده بهینه از مصالح ساختمانی و نیروی انسانی و افزایش عمر ساختمان از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. یکی از فن‌آوری‌های جدید مورد استفاده در صنعت ساختمان که در سال ۱۳۸۸ به تایید مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن رسیده، دال مجوف دوپوش(U-Boot) می‌باشد. این دال که کاربرد آن در سقف و فونداسیون ساختمان‌ها می‌باشد، از ترکیب نوآورانه بتن، میلگرد و قالب‌هایی از جنس پلی‌پروپیلن ساخته می‌شود. این قالب‌ها با قرار گرفتن درمیان دال و حذف بتن اضافه، علاوه بر کاهش وزن دال ومصرف بتن، باعث ایجاد مزایای زیر می‌گردد:

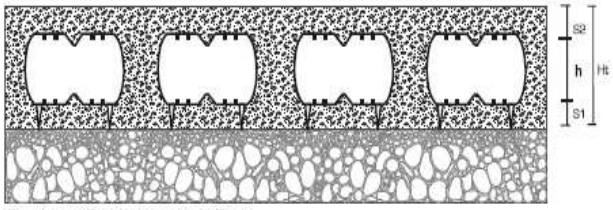


- ایجاد دهانه‌های بزرگتر و کنسول‌های بلندتر
- امکان حذف تیرها و ایجاد دال تخت
- امکان ایجاد شکل‌ها و بازشوهای بزرگ و نامنظم در سقف
- کاهش میزان انتقال صوت، حرارت و لرزش
- بهبود عملکرد لرزه‌ای
- امکان ستون‌گذاری نامنظم

مقطع فونداسیون و دال مجوف دوپوش پس از بتن‌ریزی به شکل زیر خواهد بود، همچنین برای اطلاع از مراحل اجرای این دال‌ها می‌توانید به سایت ArmeDeck.com مراجعه فرمایید:



Section of Slabs with U-Boot



Section of Fondation with U-Boot

در ساخت دال های بتن آرمه مجوف دو پوش [U-BOOT] از مصالح زیر استفاده می گردد:

۱. میلگرد :

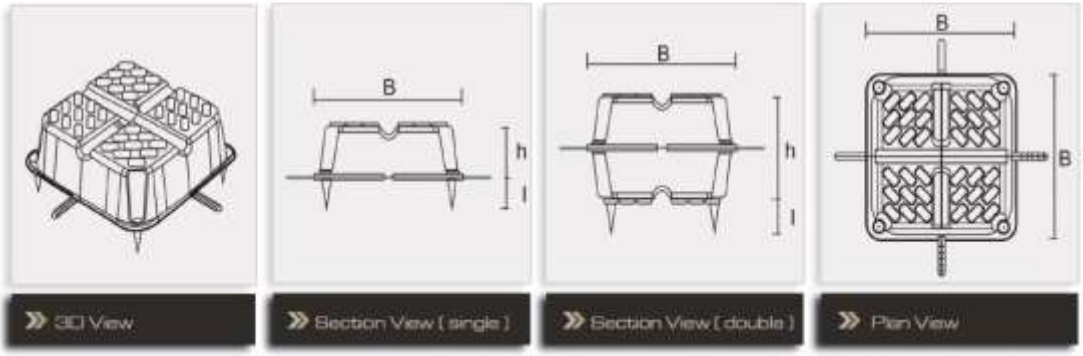
مشخصات میلگرد مورد استفاده در این دال ها، مانند دیگر قسمت های سازه می باشد و سایز آنها از طراحی سازه بدست می آید. معمولاً در این دال ها از میلگرد آجدار A3 استفاده می گردد.

۲. بتن :

با توجه به مشخصات این دال ها، بتن مورد استفاده باید دارای روانی بیشتری نسبت به اعضای دیگر سازه باشد تا به راحتی زیر قالب های [U-BOOT] حرکت کرده و سطحی صاف ایجاد نماید. این روانی بتن معمولاً توسط افزودنی های فوق روان کننده که باعث کاهش مقاومت نمی شوند، ایجاد می گردد. مقاومت فشاری بتن در این دالها مانند دال های بتن آرمه معمولی از طراحی سازه بدست می آید.

۳. قالب های ماندگار [U-BOOT]:

قالب های [U-BOOT] ، قالب های هم شکلی هستند که از پلی پروپیلن نو و یا بازیافتی ساخته می شوند. این قالب ها پاسخی نوآورانه برای ایجاد فضای خالی داخل بتن و کاهش وزن و میزان بتن مصرفی دال می باشند. از این قالب ها در ابعاد مختلف برای پوشش دهانه های گوناگون استفاده می گردد.



» 3D View » Section View (single) » Section View (double) » Plan View

جدول مشخصات فنی قالب های [U-BOOT]

Characteristics Of The U-boot Formworks According To Type

Type	B	Height h	Legs l	Beam Widthl	Beam Span	Number of U-Boot	Concrete Saving		Concrete Consuption *
	cm	cm	cm	cm	cm	units/m^2	m^3/unit	m^3/m^2	m^3/m^2
U-16	52	16	0-5-10	12	64	2,41	0,031	0,076	0,084
			0-5-10	14	66	2,30	0,031	0,071	0,089
			0-5-10	16	68	2,16	0,031	0,071	0,093
			0-5-10	18	70	2,04	0,031	0,063	0,097
			0-5-10	20	72	1,93	0,031	0,060	0,100
U-24	52	24	0-5-10	12	64	2,44	0,047	0,115	0,125
			0-5-10	14	66	2,30	0,047	0,108	0,132
			0-5-10	16	68	2,16	0,047	0,102	0,138
			0-5-10	18	70	2,04	0,047	0,096	0,144
			0-5-10	20	72	1,93	0,047	0,091	0,149
U-32	52	32	0-5-10	12	64	2,44	0,062	0,151	0,169
			0-5-10	14	66	2,30	0,062	0,142	0,178
			0-5-10	16	68	2,16	0,062	0,134	0,186
			0-5-10	18	70	2,04	0,062	0,127	0,193
			0-5-10	20	72	1,93	0,062	0,120	0,200
U-40	52	40	0-5-10	12	64	2,44	0,078	0,190	0,210
			0-5-10	14	66	2,30	0,078	0,179	0,221
			0-5-10	16	68	2,16	0,078	0,169	0,231
			0-5-10	18	70	2,04	0,078	0,159	0,241
			0-5-10	20	72	1,93	0,078	0,150	0,250
U-48	52	48	0-5-10	12	64	2,44	0,094	0,229	0,251
			0-5-10	14	66	2,30	0,094	0,216	0,264
			0-5-10	16	68	2,16	0,094	0,203	0,277
			0-5-10	18	70	2,04	0,094	0,192	0,288
			0-5-10	20	72	1,93	0,094	0,181	0,299

* Concrete consuption related to U-Boot excluding the slabs.

ضخامت تمام شده این دال‌ها با توجه به دهانه‌ها و بارگذاری‌های مختلف، متفاوت است. در جدول زیر مشخصات اولیه برای دهانه‌های مختلف ارائه شده است. اطلاعات این جدول به صورت تقریبی بوده و برای به دست آوردن ضخامت دقیق نیاز به محاسبات سازه‌ای می‌باشد.

Application table for double floors continuous square area and increasing span

Span	Imposed loads	Ht	S1	S2	U-Boot Height	Beam widht	Inertia	Concrete Volume	Max. sag (centre)	Min. sag (Mid-Span)	Steel area (centre)	Steel area (Mid-Span)
m	Kg/m^2	cm	cm	cm	cm	cm	cm^4/m	m^3/m^2	cm	cm	cm^2	cm^2
6	350	26	5	5	16	12	132882	0,184	0,15	0,11	1,68	3,21
8	350	30	10	4	16	14	211416	0,229	0,35	0,26	2,88	5,51
10	350	40	10	6	24	14	484361	0,292	0,43	0,32	3,83	7,33
12	350	48	10	6	32	14	801691	0,337	0,60	0,45	5,01	9,57
14	350	50	10	8	32	14	921758	0,357	1,01	0,75	6,80	12,99
16	350	58	10	8	40	16	1387174	0,412	1,27	0,95	8,40	16,05
18	350	66	10	8	48	16	1977912	0,457	1,54	1,15	10,03	19,17
20	350	68	10	10	48	16	2202379	0,477	2,18	1,63	12,41	23,70

The above quoted values are indicative and intended as a support to preliminary planning. The loads considered are their own weight plus 350 kg/m^2

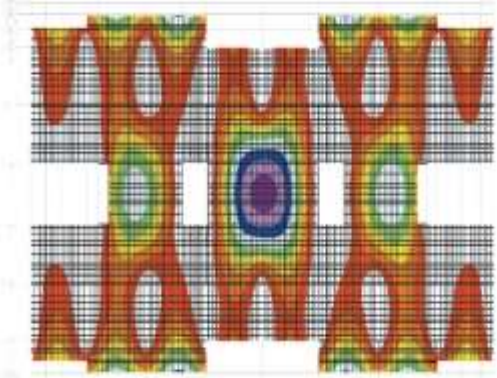
برای ایجاد ضخامت‌های متفاوت و در نتیجه پوشش دهانه‌های مختلف، قالب‌های یوبوت با ارتفاع‌های متفاوت تولید و عرضه می‌گردد که در جدول زیر مشخصات برخی از آنها ارائه شده است :

Formwork	Base	Height [H]	Feet [l]	Joist centre distance	U-Boot incidence	Concrete saving		Concrete consumption
	cm	cm	cm	cm	pcs/m²	m³/pcs	m³/m²	m³/m²
U - 13	52 x52	13	0-5-6-7-8-9-10	64	2.44	0.028	0.068	0.062
U - 16	52 x52	16	0-5-6-7-8-9-10	64	2.44	0.031	0.076	0.084
U - 20	52 x52	20	0-5-6-7-8-9-10	64	2.44	0.039	0.095	0.105
U - 24	52 x52	24	0-5-6-7-8-9-10	64	2.44	0.047	0.115	0.125
U - 26*	52 x52	26	0-5-6-7-8-9-10	64	2.44	0.052	0.127	0.133
U - 32*	52 x52	32	0-5-6-7-8-9-10	64	2.44	0.062	0.151	0.169
U - 40*	52 x52	40	0-5-6-7-8-9-10	64	2.44	0.078	0.190	0.210
U - 48*	52 x52	48	0-5-6-7-8-9-10	64	2.44	0.094	0.229	0.251

* Composed of two single elements

مبانی طراحی

استفاده از این نوع سقف بتنی در ساختمان هایی با اسکلت بتن مسلح، مندرج در استاندارد ۲۸۰۰ ایران مجاز است. لازم است ضوابط و محدودیت های لرزه ای مربوط به این ساختمان ها مطابق استاندارد ۲۸۰۰ ایران و مبحث نهم مقررات ملی ساختمان ایران با عنوان طرح و اجرای ساختمان های بتن آرمه رعایت شود و در ساخت، طراحی و اجرای اسکلت این ساختمان ها ضوابط مبحث نهم مقررات ملی ساختمان ایران و آیین نامه ACI 318-08 رعایت شود. مطابق استاندارد ۲۸۰۰ ایران استفاده از این سیستم سقف به همراه ستون های بتن آرمه به عنوان سیستم قاب خمشی منحصراً در ساختمان های ۳ طبقه و یا کوتاهتر از ۱۰ متر مجاز است. در صورت تجاوز از این حد، تنها در صورتی استفاده از این سیستم سازه ای مجاز است که مقابله با انواع نیروهای جانبی وارده توسط دیوارهای برشی بتن مسلح تأمین شود. در این سیستم به خصوص در حالت بزرگ بودن دهانه ها و وجود نیروهای ثقلی قابل ملاحظه، در نظر گرفتن تمهیدات به منظور کنترل برش سوراخ کننده (برش پانچ) بسیار حائز اهمیت می باشد. این دال ها قابلیت ترکیب با کابل های پیش تنیدگی را جهت پوشش دهانه های بزرگ دارد. برای طراحی این دال ها از نرم افزار Safe یا Adapt استفاده می گردد.



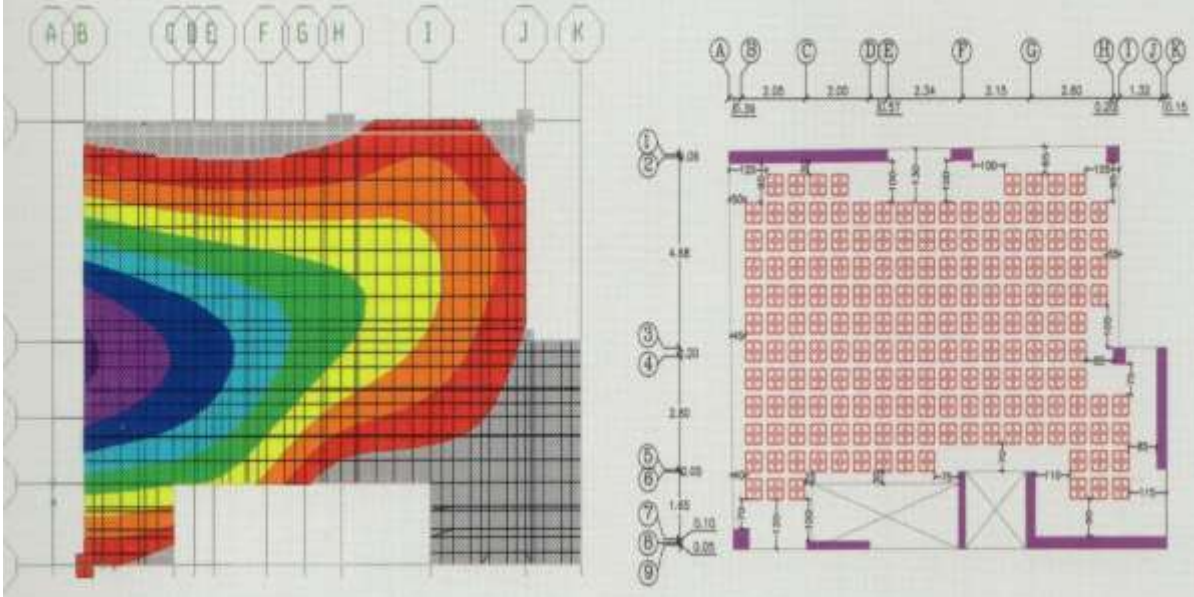
نمونه سقف مدل شده در نرم افزار

مبانی طراحی

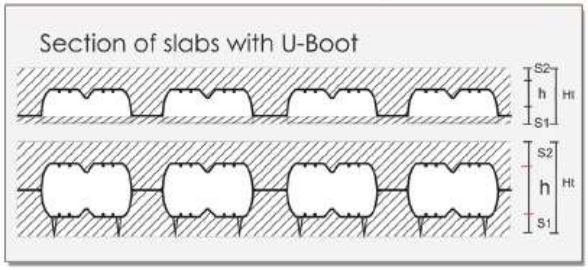
سقف‌های یوبوت عملکردی مشابه دال‌های مجوف سنتی دارند با این تفاوت که عملکرد دال‌های مجوف سنتی مشابه عملکرد مقاطع T شکل می‌باشد در حالی که عملکرد سیستم یوبوت مشابه عملکرد مقاطع I شکل می‌باشد.

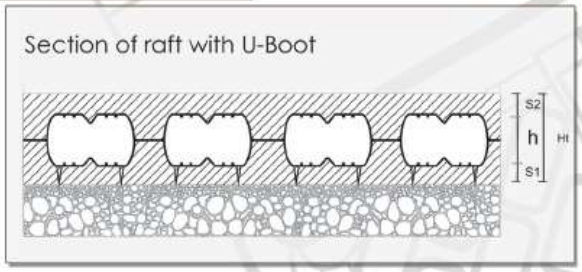
استفاده از این نوع سقف بتنی در ساختمان‌هایی با اسکلت بتن مسلح، مندرج در استاندارد ۲۸۰۰ ایران مجاز است. لازم است ضوابط و محدودیت‌های لرزه‌ای مربوط به این ساختمان‌ها مطابق استاندارد ۲۸۰۰ ایران و مبحث نهم مقررات ملی ساختمان با عنوان طرح و اجرای ساختمان‌های بتن آرمه رعایت شود و در ساخت، طراحی و اجرای اسکلت این ساختمان‌ها ضوابط مبحث نهم مقررات ملی ساختمان ایران و آیین نامه ACI 318-08 رعایت شود.

در این سیستم به خصوص در حالت بزرگ بودن دهانه‌ها و وجود نیروهای ثقلی قابل ملاحظه، در نظر گرفتن تمهیدات به منظور کنترل برش سوراخ کننده (برش پانچ) بسیار حائز اهمیت می‌باشد. این دال‌ها قابلیت ترکیب با کابل‌های پیش‌تنیدگی را جهت پوشش دهانه‌های بزرگ دارد. برای طراحی اسکلت از نرم افزار ETABS و برای طراحی دال‌ها از نرم‌افزار Safe یا Adapt استفاده می‌گردد.



جدول مشخصات اولیه مصالح برای دهانه های مختلف



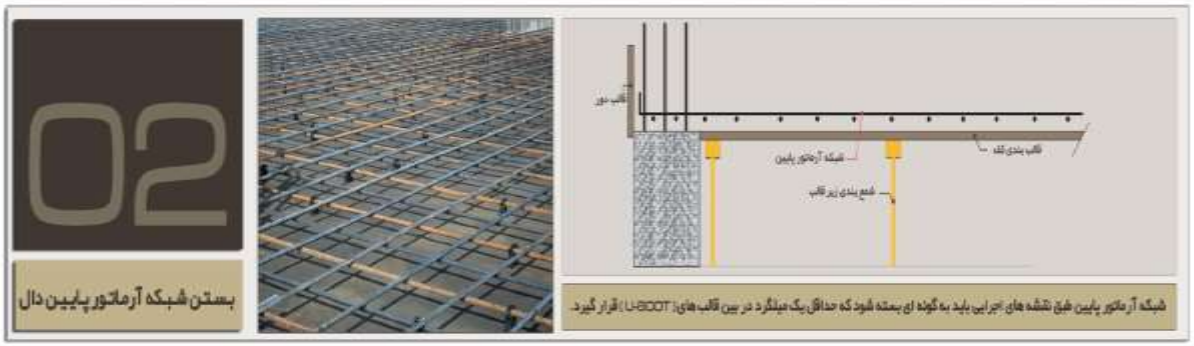


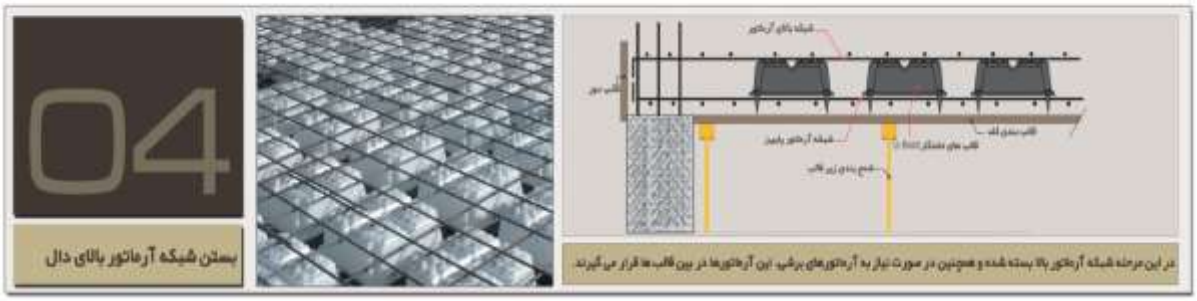
Application table for double floors of continuous square area and increasing span

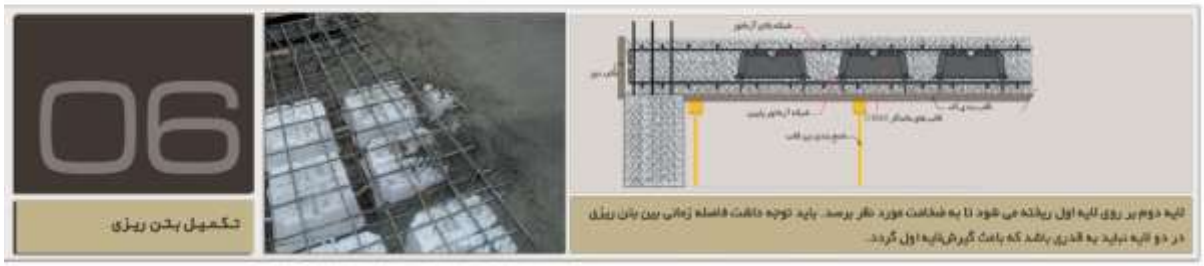
Span	Imposed loads	Ht	S1	S2	h U-Boot	Beam width	Inertia	Concrete Volume	Max. sag (centre)	Min. sag (mid-span)	Steel area (centre)	Steel area (mid-span)
m	Kg/m²	cm	cm	cm	cm	cm	cm⁴/m	m³/m²	cm	cm	cm²	cm²
5	350	25	5	4	16	12	116624	0,174	0,08	0,06	1,18	2,26
6	350	26	5	5	16	12	132882	0,184	0,15	0,11	1,68	3,21
8	350	30	10	4	16	14	211416	0,229	0,35	0,26	2,88	5,51
10	350	40	10	6	24	14	484361	0,292	0,43	0,32	3,83	7,33
12	350	48	10	6	32	14	801691	0,337	0,60	0,45	5,01	9,57
14	350	50	10	8	32	14	921758	0,357	1,01	0,75	6,80	12,99
15	350	56	10	6	40	16	1224708	0,392	1,07	0,80	7,38	14,11
16	350	58	10	8	40	16	1387174	0,412	1,27	0,95	8,40	16,05
18	350	66	10	8	48	16	1977912	0,457	1,54	1,15	10,03	19,17
20	350	68	10	10	48	16	2202379	0,477	2,18	1,63	12,41	23,70

The above quoted values are indicative and intended as a support to preliminary planning. The loads considered are their own weight plus 350 kg/m²

مراحل اجرا







باید توجه داشت کلیه مباحث مربوط به قالب بندی، آرماتور بندی، بتن ریزی و نگهداری از بتن که در مبحث نهم مقررات ملی ساختمان آمده است در مورد این دال ها صادق می باشد و باید به دقت اجرا گردد.

مزایا

۱. ایجاد دهانه های بزرگتر و کنسول های بلندتر

استفاده‌از این تکنولوژی باعث می گردد تا علاوه بر کاهش وزن سقف، سختی آن نیز افزایش یابد که این امر ایجاد دهانه های بزرگتر و کنسول های بلندتر را امکان پذیر می نماید.این افزایش دهانه باعث آزادی عمل بیشتر در طرح معماری و ایجاد فضاهای خلاقانه، فضاهای باز تجاری، تأمین پارکینگ بیشتر و ... می گردد.

۲. کاهش میزان انتقال صوت، حرارت و لرزش

با توجه به افزایش سختی دال در استفاده از این تکنولوژی ، لرزش این نوع سقف ها نسبت به دال های بتن آرمه معمولی کمتر بوده و باعث اطمینان خاطر بیشتر برای ساکنین می گردد. همچنین به دلیل وجود حفره های خالی در درون سقف، انتقال صوت و حرارت به نحو چشم گیری کاهش می یابد.

۳. امکان حذف تیرها

با استفاده از این تکنولوژی می توان تیرهای موجود در سازه را در صورت وجود دیوار برشی در سازه های بیشتر از ۳ طبقه و یا ۱۰ متر، حذف نمود.حذف تیرها باعث ایجاد مزایای زیر می گردد.

- افزایش ارتفاع مفید طبقات و یا امکان کاهش ارتفاع
- کاهش میزان عملیات قالب بندی، آرماتور بندی و بتن ریزی به نسبت دال بتنی معمولی
- عبور راحت تر تأسیسات از زیر سقف
- امکان حذف سقف کاذب در صورت هماهنگی با تأسیسات

۴. بهبود عملکرد لرزه ای

سیستم های دال بتنی نسبت به دیگر سیستم های پوشش سقف، دیافراگم یکپارچه تری تشکیل می دهندکه باعث بهبود عملکرد لرزه ای ساختمان می گردد.

۵. امکان ایجاد شکل ها و بازشوهای بزرگ و نامنظم در سقف

با توجه به حذف تیرها و افزایش سختی سقف،آزادی عمل بیشتری در ایجاد اشکال و بازشوهای بزرگ و نامنظم روی سقف وجود دارد. البته باید توجه داشت که شکل و ابعاد این بازشوها در طراحی سازه لحاظ گردد.

۶.امکان ستونگذاری نامنظم

بر خلاف سازه های بتنی معمولی که ستونگذاری معمولاً از آکس بندی منظم پیروی می کند، در این سیستم امکان ستونگذاری به صورت نامنظم وجود داردکه در طرحهای معماری حائز اهمیت است.

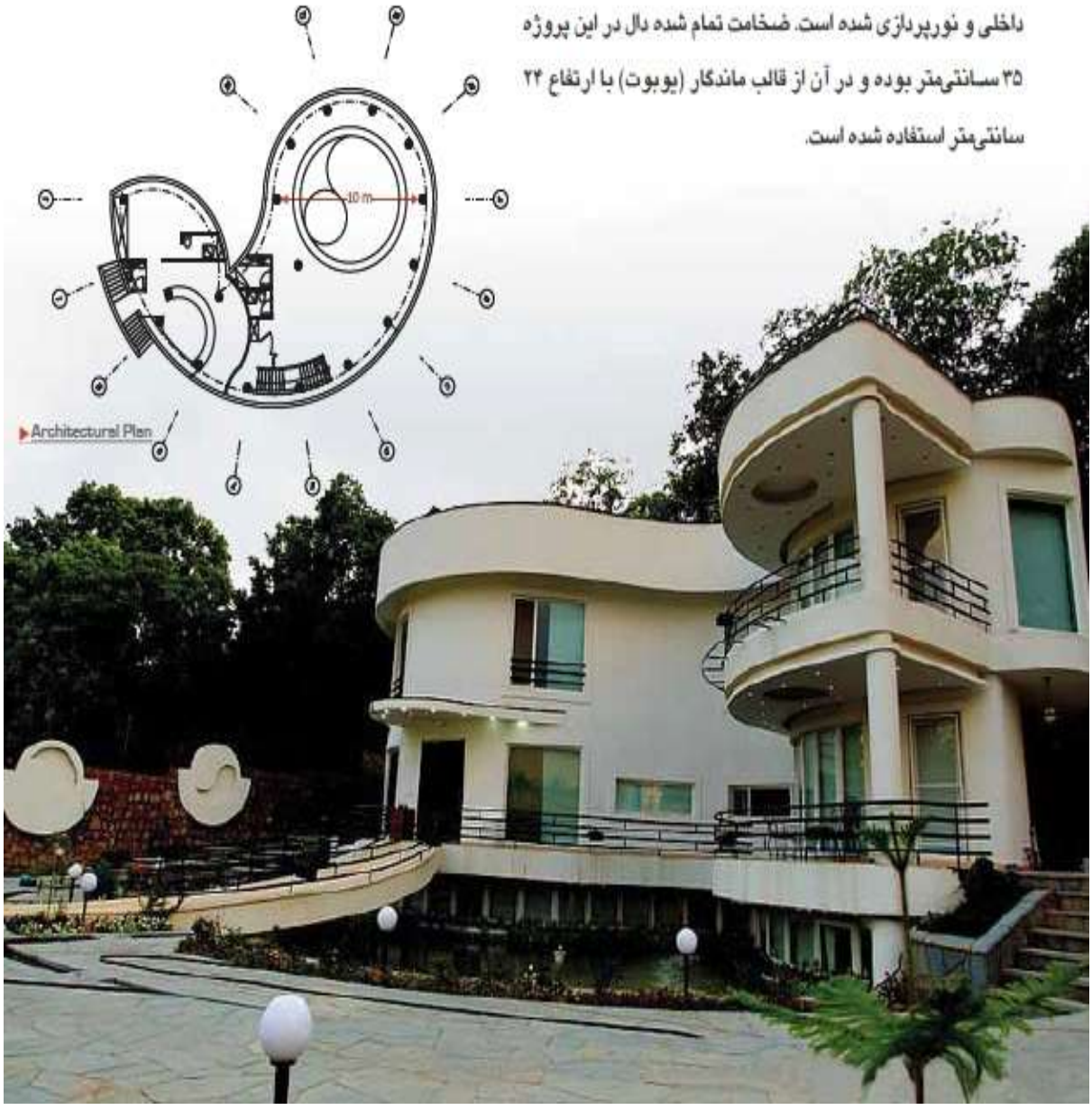
مزایای سیستم یوبوت در یک نگاه

۱	افزایش ارتفاع مفید طبقات	۴	حذف تیرها
۲	افزایش طول دهانه و فضای مفید معماری	۵	بهینه سازی تعداد و ابعاد ستون
۳	کاهش ضخامت سقف	۶	عایق صوتی و حرارتی

ساختمان مسکونی یزدی نژاد

این ساختمان با معماری منحصر به فرد خود توسط شرکت آلتون‌سازه طراحی شده و در دل طبیعت زیبای گیلاوند قرار دارد. برای پوشش سقف بزرگ آن به عرض ۱۰ متر و گذر دال پله ۳/۵ متری، از تکنولوژی دال مجوف دوپوش استفاده شده است. یکی دیگر از دلایل استفاده از این تکنولوژی ایجاد هگل متحرک به دال و بازشو بزرگ با شکل نامنظم می‌باشد.

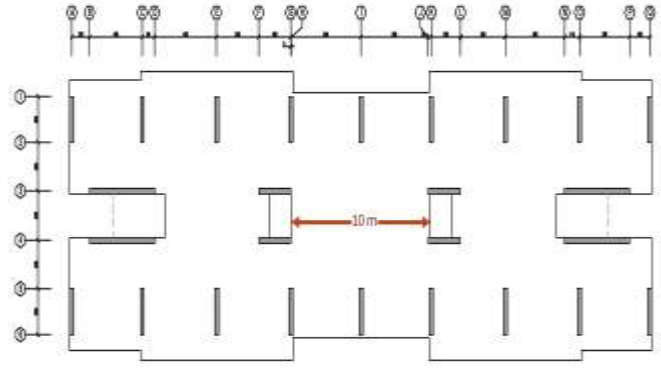
دال قوس ایجاد شده در این سیستم باعث ایجاد آزادی عمل بیشتر برای معمار در طراحی دکوراسیون داخلی و نورپردازی شده است. ضخامت تمام شده دال در این پروژه ۳۵ سانتی‌متر بوده و در آن از قالب ماندگار (یوبوت) با ارتفاع ۲۴ سانتی‌متر استفاده شده است.



مسکن مهر سروستان

این پروژه با انگیزه افزایش کیفیت ساخت و کاهش هزینه‌های اجرایی با مساحتی حدود ۳۸۰۰۰ مترمربع در ۱۳ بلوک ۶ طبقه ساخته شده است. ایجاد دال تخت در این پروژه با بهره‌گیری از تکنولوژی دال مجوف دوپوش، باعث کاهش هزینه‌های نازککاری و حذف قسمت اعظمی از سقف‌های کاذب شده است.

در این پروژه از دیوارهای باربر بتنی به جای ستون استفاده شده و طراحان سازه جهت پوشش دهانه‌های بزرگ میانی به عرض ۱۰ متر از دال مجوف دوپوش به ضخامت ۳۰ سانتی‌متر استفاده نموده‌اند.

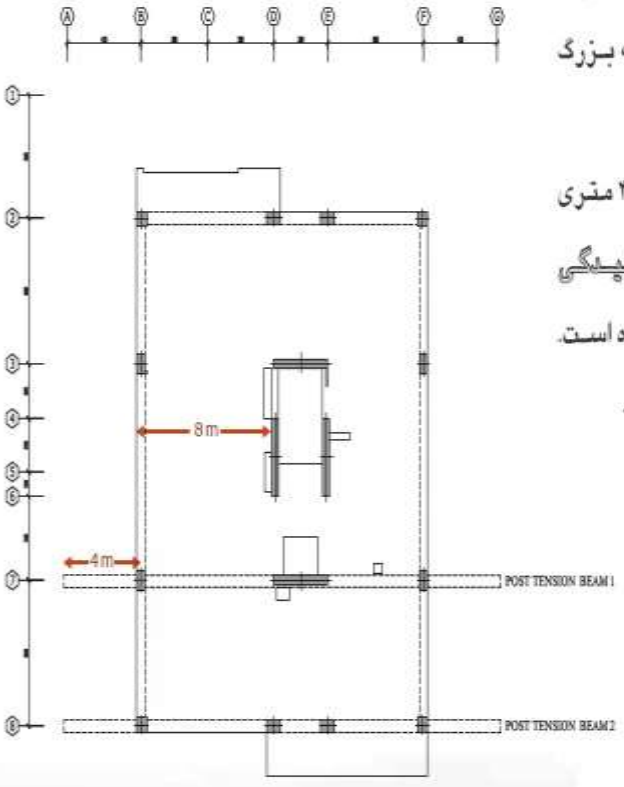


Structural Plan

ساختمان مسکونی نمایندگان مجلس شورای اسلامی

این پروژه با مساحتی حدود ۵۴۰۰۰ مترمربع در ۱۸ بلوک ۸ طبقه در ضلع جنوبی مجلس شورای اسلامی و برای اسکان نمایندگان این مجلس طراحی شده است. با توجه به اهمیت این ساختمان‌ها، برای بالا بردن کیفیت ساخت و همچنین پوشش دهانه بزرگ میانی به عرض ۸ متر از دال مجوف دوپوش استفاده شده است.

در این پروژه جهت اجرای کنسول‌های بلند ۴/۵ متری از ترکیب تکنولوژی دال مجوف دوپوش و پیش‌تنیدگی با همکاری شرکت سازه‌های پیش‌تنیده آرمعین استفاده شده است. ضخامت تمام شده سقف‌ها در این پروژه ۳۰ سانتی‌متر می‌باشد.

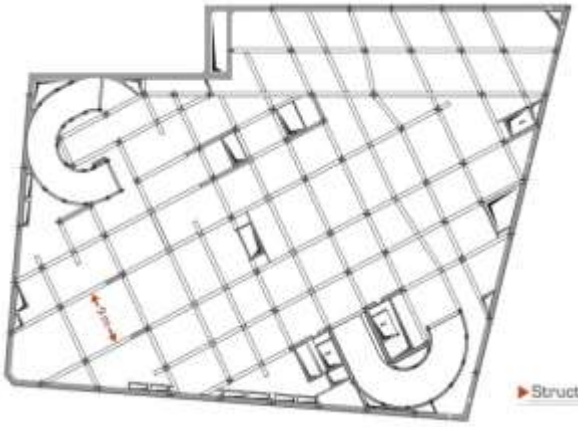


مجتمع تجاری و پارکینگ مترو صدر

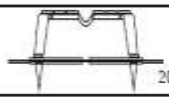
در این پروژه تجاری جهت پوشش سقف‌های پارکینگ با مساحت حدود ۲۶،۰۰۰ متر مربع که داخل زمین قرار دارد، از دال مجوف دوپوش استفاده شده است. ایجاد دال تخت و دهانه‌های بزرگ در این پروژه باعث افزایش فضای پارک خودروها و مهم‌تر تاسیسات از زیر سقف شده است.

این پروژه در طبقه ۳- خود با ایستگاه مترو صدر ارتباط داشته و برای طبقات روی زمین از اسکلت فلزی استفاده شده است.

ضخامت دال در این پروژه ۳۳ سانتی‌متر می‌باشد و از یوبوت با ارتفاع ۱۶ سانتی‌متر در آن استفاده شده است و طراحی سقف این پروژه با نظارت دانشگاه صنعتی شریف انجام پذیرفته است.

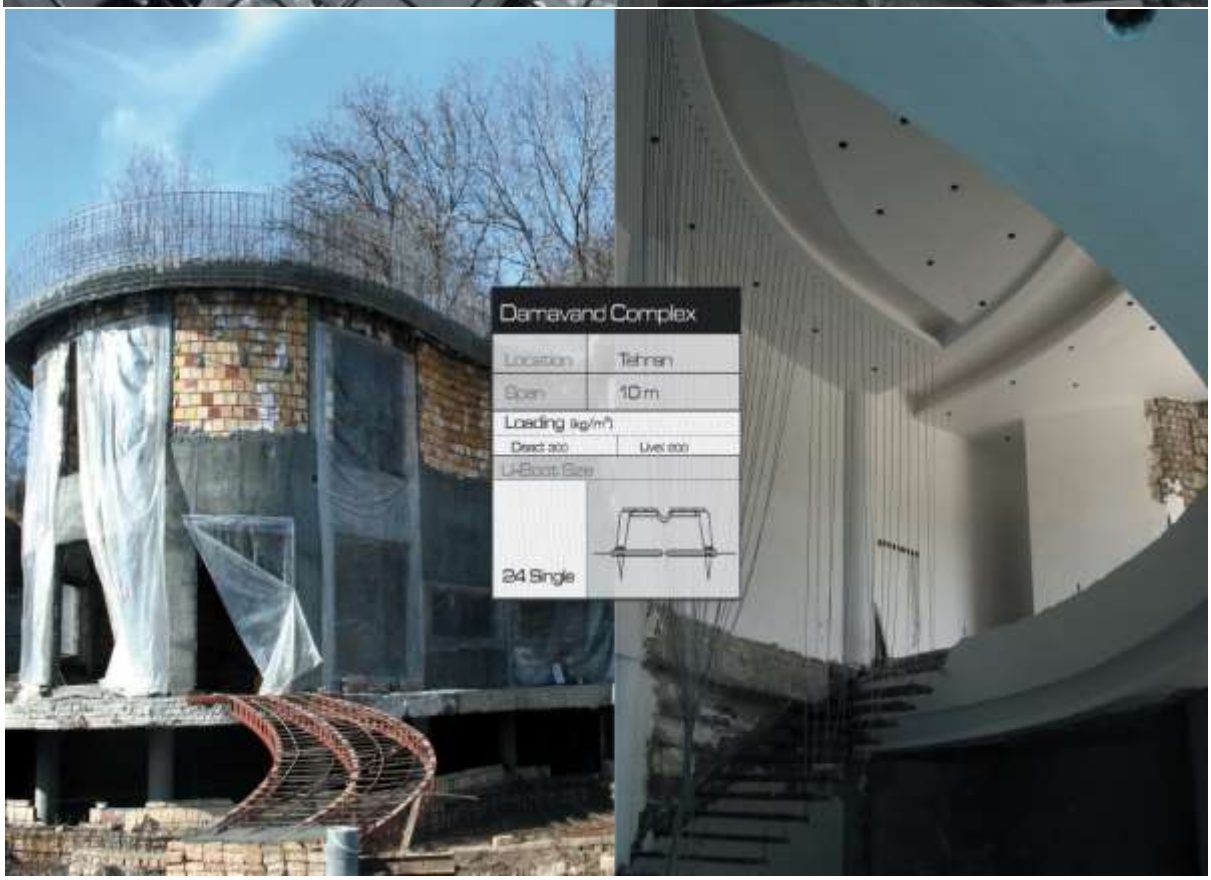


Structural Plan

پروژه	موقعیت	تعداد طبقات	متراژ	بزرگترین دهانه	کاربری	ارتفاع یوبوت
مجتمع مسکونی نمایندگان مجلس شورای اسلامی *	تهران	۸ طبقه	۵۴،۰۰۰ متر	۸ متر	مسکونی	16 Single
مسکن مهر سروستان	شهرضا	۶ طبقه	۳۸،۰۰۰ متر	۱۰ متر	مسکونی	
مجتمع تجاری و پارکینگ ایستگاه مترو صدر	تهران	۶ طبقه	۲۶،۰۰۰ متر	۹ متر	تجاری	
مسکن مهرگیان	نهاوند	۳ طبقه	۲۵،۰۰۰ متر	۱۰ متر	مسکونی	
مجتمع مسکونی محمودیه	تهران	۱۲ طبقه	۷،۵۰۰ متر	۱۱ متر	مسکونی	
مجتمع مسکونی سعادت پژوه	تهران	۱۲ طبقه	۶،۰۰۰ متر	۱۰ متر	مسکونی	
پارکینگ دارابی	مشهد	۳ طبقه	۳۰،۱۲۵ متر	۸ متر	پارکینگ	
مجتمع مسکونی برومند	گنبدکاووس	۶ طبقه	۱،۵۰۰ متر	۱۰ متر	مسکونی	
مجتمع مسکونی فیروزفرد	کیش	۳ طبقه	۷۵۰ متر	۱۰ متر	مسکونی	
مجتمع مسکونی بینالی	یاسوج	۳ طبقه	۶۰۰ متر	۱۰ متر	مسکونی	
مجتمع مسکونی جوادیان	اهواز	۶ طبقه	۳،۳۰۰ متر	۹ متر	مسکونی	
مجتمع مسکونی کاظمی	گنبدکاووس	۶ طبقه	۲،۰۰۰ متر	۱۰ متر	مسکونی	
مجتمع مسکونی کوثر ۲	ورامین	۶ طبقه	۳۶،۰۰۰ متر	۹ متر	مسکونی	 20 Single
مجتمع مسکونی شیرازی	تهران	۶ طبقه	۱،۶۵۰ متر	۱۰ متر	مسکونی	
مسجد نگین شهر	گنبدکاووس	۲ طبقه	۱،۳۰۰ متر	۱۴ متر	مذهبی	32 Double
امامزاده فریزی	مشهد	۱ طبقه	۱،۰۰۰ متر	۱۲ متر	مذهبی	
ساختمان تاسیساتی دانشکده پیراپزشکی *	گرگان	۱ طبقه	۶۰۰ متر	۱۲ متر	آموزشی	
مدرسه ستوده	تهران	۱ طبقه	۲۰۰ متر	۱۲ متر	آموزشی	
مجتمع مسکونی یزدی نژاد	دماوند	۳ طبقه	۶۵۰ متر	۱۰ متر	مسکونی	24 Single
مجتمع ورزشی منوچهری	دماوند	۱ طبقه	۲۰۰ متر	۱۱ متر	ورزشی	

* ترکیب با تکنولوژی پیش تنیدگی

Sokna Gostar Complex
Location
Isfahan
Span
10 m
Loading kg/m²
Dead 300
Live 200
U-Boot Size
16 Single


Damavand Complex
Location
Tehran
Span
10 m
Loading kg/m²
Dead 300
Live 200
U-Boot Size
24 Single

مقایسه مشخصات فنی با سایر سقف ها	یوبوت	کامپوزیت و عرشه فولادی	پیش تنیده	تیرچه بلوک	دال با تیر
امکان پوشش دهانه بلند	✓	✗	✓	✗	✓
مقاومت در برابر انتقال صوت	زیاد	کم	متوسط	متوسط	متوسط
عدم نیاز به اجرای سقف کاذب	✓	✗	✓	✓	✗
سرعت و سهولت اجرا	متوسط	زیاد	کم	متوسط	کم
مقاومت در برابر آتش	✓	✗	✗	✗	✓
هزینه اجرا	متوسط	متوسط	زیاد	متوسط	زیاد
صلبیت سقف	زیاد	کم	زیاد	کم	زیاد
عدم ارتعاش سقف	✓	✗	✗	✗	✓

سیستم سازه ای	بتنی				فولادی		
سیستم سقف	یوبوت	پیش تنیده	تیر-دال	تیرچه بلوک	کرمیت	کامپوزیت	عرشه فولادی
وزن مصرفی فولاد بر متر مربع	۴۵	۵۰	۶۵	۵۰	۶۰	۶۰	۶۰
حجم بتن بر متر مربع	۰.۴	۰.۶	۰.۴	۰.۴	۰.۱۵	۰.۱۵	۰.۱۵
ضخامت سقف سازه ای	۳۵	۴۰	۵۰	۳۰	۳۰	۴۰	۵۰
هزینه نسبت به یوبوت	۱	۱.۲۵	۱.۱۰	۱	۱.۲۰	۱.۲۷	۱.۳۴

سقف یوبوت در نهایت اجرا، سقفی صاف و بدون نیاز به سقف کاذب را فراهم می‌آورد در صورتی که در سقف تیرچه بلوک به دلیل وجود تیرهای آویزدار، نیاز به اجرای سقف کاذب الزامی است.

سرعت اجرا و سهولت اجرایی سقف‌های یوبوت و تیرچه بلوک مشابه یکدیگر است و تقریبا هر ۱۵ روز می‌توان یک طبقه از سازه را اجرا نمود.

سقف یوبوت به دلیل داشتن حباب‌های هوای داخل سقف و نیز عدم اشتعال آنها، اولا در برابر انتقال صدای هوابرد و ثانیا در برابر گسترش آتش و عدم تولید گازهای سمی، عملکرد بسیار مطلوبی دارد.

- **مقایسه سقف یوبوت با سقف دال و تیر**

دال مجوف یوبوت و سقف دال و تیر، هر دو توانایی اجرای سازه با دهانه بلند را دارا می‌باشند. در سیستم یوبوت، قالب‌بندی سقف همانند قالب بندی دال تخت می‌باشد و غالبا تیرهای داخلی سقف حذف می‌گردد، در صورتی که در سقف تیر دال به دلیل وجود تیرها و تیرچه‌های آویزدار، علاوه بر افزایش حجم و هزینه قالب‌بندی، اجرا را نیز با مشکل مواجه کرده و از سرعت اجرا می‌کاهد و در نهایت نیز باید زیر سقف حتما با سقف کاذب پوشانده شود.

به لحاظ اقتصادی یوبوت و سقف دال و تیر تقریبا در اجرا هزینه‌ای برابر دارند ولی با در نظر گرفتن هزینه اجرای سقف کاذب، هزینه فضای غیرمفید به دلیل آویز تیرها و نیز هزینه اجرای تاسیسات زیر سقف‌های دال و تیر، در مجموع هزینه سقف یوبوت بسیار کمتر خواهد شد.

سقف یوبوت به دلیل داشتن حفره‌های هوایی میانی در برابر انتقال صدای هوابرد و نیز جلوگیری از گسترش آتش، عملکرد بسیار مطلوبی دارد.

- **مقایسه سقف یوبوت با سقف تیرچه کرمیت**

سقف یوبوت بر خلاف سقف تیرچه کرمیت، مناسب سیستم‌های سازه‌ای بتنی است. لذا سرعت و نحوه اجرای آن متناسب با همین سیستم است و به نسبت سازه‌های فلزی سرعت اجرای کمتری دارد. ولی به لحاظ برآورد هزینه، اختلاف بسیار زیادی حتی تا ۴۰٪ بین سقف کرمیت و سقف یوبوت می‌باشد.

سقف یوبوت با ایجاد تیرچه‌های I شکل متعامد می‌تواند با ضخامت کم دهانه های بسیار بلند را پوشش دهد ولی سقف کرمیت برای دهانه‌های بالاتر از ۷٫۵ mتوصیه نمی شود.

در سقف کرمیت به دلیل استفاده از تیرچه‌ها و نیز وجود تیرهای آویزدار در دهانه‌های بلند، اجرای سقف کاذب الزامی است.

سقف یوبوت با فراهم کردن ممان اینرسی بسیار بالا برای سقف، علاوه بر صلبیت زیاد در برابر ارتعاش، مقاومت لرزه‌ای بسیار مناسبی هم خواهد داشت.

حفره‌های هوای موجود در سقف یوبوت موجب صدابندی هوابرد شده و از گسترش آتش جلوگیری به عمل می‌آورد.

●مقایسه سقف یوبوت با سقف عرشه فولادی

سقف دال مجوف یوبوت بر خلاف سقف کامپوزیت و عرشه فولادی مناسب برای سازه‌های بتن آرمه است. لذا سرعت و روش اجرای آن مشابه سیستم‌های بتنی است.

به لحاظ هزینه مصالح و اجرا، سیستم سقف یوبوت بسیار اقتصادی‌تر از سیستم کامپوزیت و یا عرشه فولادی است، حتی این اختلاف هزینه تا ۱۰۰٪ هزینه اجرای یوبوت می‌رسد.

سقف کامپوزیت و یا عرشه فولادی در هر دهانه‌ای نیاز به اجرای سقف کاذب دارد و این هزینه به سایر هزینه‌های این سقف اضافه خواهد شد. در حالی که یوبوت با ایجاد سقفی تخت در تراز زیرین، علاوه بر سهولت اجرای تاسیسات، نیازی به سقف کاذب ندارد.

سقف یوبوت با داشتن دو لایه دال (دوپوش) در بالا و پایین و نیز تیرچه‌های متعامد به عنوان جان، سختی خمشی بسیار زیادی را تامین می کند و این سختی، صلبیت بسیار زیاد در برابر زلزله و عدم ارتعاش سقف را نسبت به سقف کامپوزیت و یا عرشه فولادی تامین می کند.سقف یوبوت به دلیل داشتن حفره های هوای میانی، در برابر انتقال صدای هوابرد و نیز گسترش آتش بسیار مقاوم است. در صورتی که یکی از عمده مشکلات سقف‌های کامپوزیت و یا عرشه فولادی، انتقال صدا و جلوگیری از اثر آتش بر روی سازه است.

●مقایسه سقف یوبوت (uboot) با سقف‌های با پرکننده کروی

سیستم دال مجوف یوبوت همانند سیستم‌های با پرکننده کروی می‌توانند سازه‌هایی با دهانه کوچکتر از ۸متر را به راحتی پوشش دهند. برای دهانه‌های بیشتر از ۸متر و تا ۱۰ متر به دلیل آنکه سقف با پرکننده های کروی جان برشی منظمی ندارد و در برابر برش‌های یکطرفه دال ضعف دارد باید همراه با تیرهای آویزدار اجرا گردد و برای دهانه‌های بیش از ۱۰ متر اجازه اجرا ندارد. این امر در تاییدیه این سیستم در مرکز تحقیقات ساختمان تصریح شده است.

در حالی که یوبوت برای اجرای دهانه‌های بلند هیچ گونه محدودیتی ندارد.

دال با پرکننده کروی به دلیل عدم پایداری، نمی تواند زیر وزن کارگر قرار گیرد و لذا به کیج‌های فلزی جهت مهار نیاز دارد. همین موضوع هزینه اجرای این سیستم را افزایش می‌دهد. در ضمن به دلیل بسته بودن آن در هنگام بتن ریزی از داخل بتن بالا می‌زند که باید با سیم به زیر قالب بسته شود. این در حالیست که یوبوت با داشتن شیب جداره و لبه انتهایی و نیز باز بودن کف قالب چنین مشکلی را ندارد.بنابر مجوز مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن، استفاده از انواع دیگر پرکننده مانند پرکننده‌های بالشتکی و نیز بیضوی مجاز نمی‌باشد.

از مشکلات اصلی سقف با پرکننده‌های کروی، حمل و نقل آنها و جاگیر بودن در هنگام حمل و دپوی مصالح می باشد. در حقیقت در این سیستم، هوا حمل می‌شود! در حالی که قالب‌های ماندگار یوبوت با داخل هم قرار گرفتن، حجم بسیار کمی را در حمل و نقل و دپوی مصالح اشغال می‌کند.

●مقایسه سقف یوبوت با سقف پیش‌تنیده

دال مجوف یوبوت و سقف پیش‌تنیده، هر دو توانایی اجرای سازه با دهانه‌های بلند را دارا هستند. مشکل اصلی سقف‌های پیش‌تنیده در زمینه اجرا و نیز مشکل خیز و ارتعاش است.

سقف یوبوت مانند سایر سیستم‌های بتنی با اکیپ‌های ساده کارگری امکان اجرا دارد. این سقف با افزایش فاصله بین تار بالا و پایین دال‌های خود به راحتی می‌تواند خیز و ارتعاش را بدون افزایش بتن مصرفی و سنگین کردن سقف کنترل نماید.

به دلیل داشتن حفره‌های هوایی داخل سقف، سقف یوبوت در برابر انتقال صدای هوابرد و نیز گسترش آتش مقاومت خوبی دارد.

اجرای سقف پیش‌تنیده نیاز به اکیپ و تجهیزات اجرایی خاص دارد. در ضمن بتن مورد استفاده در سقف باید با عیار ۴۰۰ کیلوگرم ساخته شده و تا رسیدن به مقاومت لازم، عملیات اجرای سقف متوقف می‌گردد.

برای اجرای سازه پیش تنیده در دهانه‌های بلند، به جهت کنترل خیز و ارتعاش، ضخامت سقف افزایش می‌یابد که موجب سنگین شدن سقف می‌گردد. در ضمن غالبا در این سازه‌ها تیرهای آویزدار و کتیبه‌های بیرون‌زده مشاهده می‌شود که نیاز به اجرای سقف کاذب را به همراه دارد.

در مجموع به لحاظ اجرایی و تامین مصالح، سقف یوبوت اقتصادی تر از سقف پیش تنیده می باشد.

۱۲.سقف هالوکور

سقف های مجوف پیش ساخته یا Hollow Core Slabs از سیستم‌های سقف شناخته شده در دنیا می باشند. این سقف ها به دو صورت با استفاده از بتن مسلح معمولی و یا بتن مسلح پیش تنیده در کارخانه تولید و به محل اجرای پروژه انتقال داده می شوند. در مقطع طولی این سقف ها به منظور کاهش بار مرده سقف حفراتی طولی تعبیه شده است. از مزایای این سیستم مشابه دیگر انواع سقف های پیش ساخته کاهش زمان اجرا و افزایش سرعت پیشرفت پروژه می باشد. به منظور اتصال مناسب این قطعات به یکدیگر ضمن تأمین کلید برشی لازم است قلاب های مناسب تعبیه شده و در محل به طور مناسب بتن ریزی یا گروت ریزی شود. از آنجا که هالوکور به صورت پیشتنیده ساخته می شود، می تواند با ضخامت بسیار کم تا دهانه ۱۸ متر را پاسخگو باشد.

دال های مجوف پیش تنیده ضمن دارا بودن مزیت هایی نظیر افزایش طول دهانه باربری یا کاهش ارتفاع مقطع در دهانه های مساوی و استفاده بهینه تر از مقطع بتنی، دارای ملاحظات اجرایی و کیفی متعددی هستند که لزوم استفاده از یک تیم متخصص را در زمان تولید این قطعات، همچنین انتقال و اجرای آنها به کارگاه الزامی می‌نماید. از نکات شایان توجه در اجرای سقف های مجوف پیش ساخته، اتصال برشی این قطعات به سیستم باربر جانبی می باشد و لازم است با تعبیه میلگردهای قلابی و انجام محاسبات و کنترل های مربوطه طراحی شود. این سقف ها در مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن مورد بررسی قرار گرفته و استفاده از آن در محدوده الزامات ارائه شده مجاز است.

- **مشخصات سقف های هالوکور تولیدی بترتیب زیر می باشد.**

طول دهانه	۶	۸	۹	۱۲
ضخامت	۰,۱۵	۰,۲	۰,۲۵	۰,۳
وزن هر مترمربع	۲۳۰	۲۷۰	۳۲۰	۳۸۰
عرض	۱,۲	۱,۲		

- **الزامات سقف های مجوف پیش ساخته پیش تنیده Hollow Core Slabs**

۱- سقف های ساخته شده از دال های هالوکور (Hollow Core Slabs) از انواع بتن آرمه معمولی و بتن آرمه پیش تنیده از سیستم‌های شناخته شده در سراسر دنیا بوده و جزو سقف های نیمه سنگین تا سنگین محسوب می شوند.

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

۳- بارگذاری ثقلی و لرزه‌ای سیستم سازه‌ای حاصله به ترتیب باید بر اساس آخرین ویرایش مبحث ششم مقررات ملی ساختمان ایران با عنوان بارهای وارد بر ساختمان و استاندارد۲۸۰۰ ایران اعمال شود.

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

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

۶- به منظور تأمین صلبیت دیافراگم، در صورت استفاده از بتن رویه، رعایت ضخامت حداقل ۵ سانتی‌متر الزامی است.

۷- به منظور تأمین یکپارچگی سقف، اجرای میل مهار کافی در محل اتصال پانل های سقفی پیش ساخته به یکدیگر و اجرای تیرچه در پیرامون بازشوهای سقفی و همچنین اجرای کلاف های پیرامونی سقف الزامی است.

۸- برای انتقال برش در ناحیه اتصال دیافراگم به سیستم مقاوم در برابر بار جانبی و یا المان‌های مرزی، باید از میلگردهایی به صورت قلاب استفاده شود.

۹- محدودیت ابعاد بازشوها باید بر اساس ضوابط مبحث نهم مقررات ملی ساختمان ایران رعایت شود و در هر حال نباید از یک پنجم طول پانل هالوکور و یک دوم عرض پانل بیشتر باشد.

۱۰- در پلان‌های نامنظم و یا در حالتی که ابعاد بازشوها در پلان از یک پنجم طول پانل هالوکور و یا یک دوم عرض پانل بزرگتر باشد، لازم است که یک لایه بتن با ضخامت حداقل پنج سانتی متر اجرا شود.

۱۱- ضوابط طراحی و اجرای سیستم سقف بتنی هالوکور به صورت پیش تنیده باید بر اساس آئین نامه ACI ۳۱۸ و آئین نامه طرح و محاسبه قطعات بتن پیش تنیده موضوع نشریه ۲۵۰ سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور که بخشی الحاقی آئین نامه بتن ایران (آبا) می باشد، انجام شود.

۱۲- رعایت حل اقل رده بتن مصرفی معادل C۳۰ در قطعات بتن آرمه پیش تنیده الزامی است.

۱۳- مقاومت گسیختگی تضمین شده انواع فولادهای پیش تنیدگی به شرح زیر باید بین ۱۲۰۰ تا ۲۲۰۰ نیوتن بر میلی مترمربع باشد:

- سیم بدون پوشش تنش زدایی شده
- رشته هفت سیم بدون پوشش تنش زدایی شده یا رشته هایی از آن میله فولادی پر مقاومت بدون پوشش

۱۴- کنترل نیروی کششی فولادهای پیش تنیدگی باید توسط جک های کالیبره شده دقیق انجام شود.

۱۵- ساخت دال های هالوکور پیش تنیده باید توسط تیم متخصص آموزش دیده انجام شده و در زمان ساخت نیازمند کنترل کیفیت دقیق می باشد.

۱۶-محافظت فولادهای پیش تنیدگی در برابر زنگ زدگی بسیار حایز اهمیت بوده و باید به نحو مؤثری محافظت شود به هر حال رعایت تمهیدات لازم مطابق با شرایط مختلف اقلیمی و محیط های خورنده ایران الزامی است.

۱۷- کلیه مصالح و اجزاء در این سیستم اعم از معماری و سازه‌ای از حیث دوام، زیست محیطی و غیره باید بر مبنای مقررات ملی ساختمان ایران و یا آئین نامه های ملی یا معتبر بین المللی شناخته شده و مورد تأیید بکار گرفته شوند.

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

۱۹- رعایت مبحث سوم مقررات ملی ساختمان ایران با عنوان حفاظت ساختمان ها در مقابل حریق و همچنین الزامات نشریه شماره ۴۴۴ مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن مربوط به مقاومت اجزای ساختمان در مقابل حریق با در نظر گرفتن ابعاد ساختمان، کاربری و وظیفه عملکردی اجزاء ساختمانی الزامی است.

۲۰- صدابندی هوابرد و کوبه ای سقف بین طبقات می بایست مطابق مبحث هجدهم مقررات ملی ساختمان ایران با عنوان عایق بندی و تنظیم صدا تأمین شود.

۲۱- چنانچه مجموعه ضوابط، دستورالعمل و یا آئین نامه در خصوص این سیستم توسط این مرکز انتشار یابد، شرکت های تولید کننده، کارفرمایان، مشاوران و پیمانکاران ملزم به رعایت آن می باشند.

۲۲- اخذ گواهینامه فنی برای محصول تولیدی، پس از راه اندازی خط تولید کارخانه، از مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن الزامی است.

●مزایا :

استحکام فوق العاده بالا

کیفیت بالا به دلیل نبود خطای انسانی در حین اجرا

سرعت بسیار بالا (۳۰۰ مترمربع در روز)

قیمت مناسب و قابل رقابت با سیستم های متداول

سبک بودن سقف که سبب پایین آمدن وزن اسکلت و رفتار مناسب در برابر زلزله میشود(۴۰٪ سبک تر)

عدم نیاز به جک زدن در طبقات

عدم نیاز به قالب بندی و بتن ریزی

کاهش خیز و درنتیجه کاهش ارتعاش کف طبقات

تولید کارخانه ای با متد روز دنیا

مقاوم در برابر آتش سوزی (۲-۴ ساعت)

عایق صوت و حرارت به دلیل سوراخهای موجود

امکان عبور تاسیسات از داخل سوراخهای سقف(کاهش ضخامت کفسازی)

کاهش دغدغه های حین اجرا به دلیل کاهش نیروی کار مرتبط

مصالح کاملا خشک و عدم نیاز به آب و...

۱۳.سقف حفره ای وافل

جدیدترین دال بتنی در دنیا که نیاز به سقف کاذب جهت عبور لوله های تاسیساتی ندارد، بنام Holedeck معرفی می گردد. در این دال از قسمت تار خنثی تیر استفاده بهینه تری شده است.waffle slab

- **waffle slab**

دال های وافل، راهی مناسب برای ساخت دال های بتنی نازک و قوی است که در آن استفاده از مواد بسیار کمتر می باشد .این دال ها گران تر از شکل دال های معمولی مسطح هستند، اما به سبب عمقی که دارند، معماران می توانند دهانه های طولانی تری را طراحی کنند. در حال حاضر معماران اسپانیاییAlarcon+Asociados ، یک دال وافل تهیه و اصلاح کرده اند که از تعدادی سوراخ پر شده است به طوری که خدمات و تاسیسات می توانند درعمق دال اجرا شوند، و موجب کاهش ارتفاع کف به کف طبقات و نیز باعث بازگرداندن برخی از هزینه های اضافی می گردد که این دال را Holedeck می نامند.

پیرامون ترمینال درخشان و زیبای شماره یک فرودگاه بین المللی جان پارکین تورنتو، از دال های وافل ساخته شده است .متاسفانه هنگامی که نمک وارد فولاد می شود و همه چیز شروع به متلاشی شدن می کند، تعمیر آن ها سخت است. این مشکل در اسپانیا وجود ندارد.

از طریق قرار دادن سوراخ ها در سرتاسر شبکه وافل، خدمات و تاسیسات درعمق دال یکپارچه شده است. این عمل موجب کاهش نمای خارجی از ۱۰٪ تا ۲۰٪ در هر طبقه می شود. استفاده از دال های وافل در قدم اول تعداد ستون ها یا دیوارهای باربر را نزدیک به ۱۰ تا ۲۰٪ کاهش می دهد .این دال ها باعث افزایش بهره وری و صرفه جویی در مصرف انرژی می شوند. به همین دلیل دال های وافل مناسب به نظر می رسند وموجب از بین رفتن بازتاب صدا می شوند، همچنین می توان در استفاده ازسقف کاذب صرفه جویی نمود.

با نگاهی به توالی ساخت و ساز در روش قابل مشاهده در شکل زیر، روشن است که نه تنها از نظر هزینه ارزان نمی شود، بلکه تعداد زیادی قالب وجود دارد و نصب و راه اندازی تقویت فولادی پیچیده به نظر می رسد.قطعات به تدریج و به طورمتناوب با راه اندازی و نصب تقویت فولادی مونتاژ شده اند. هنگامی که قالب ها گذاشته شده است، میلگرد های فولادی کمترسوار شده اند، به دنبال آن پنجره ها، و در نهایت میلگرد های فولادی بالایی مونتاژ گردیده اند؛ که فقط آن را می توان با یک سیستم دو طرفه معمول انجام داد. همچنین برای دال شبکه ای (با گمانه های عمودی)، دریچه های بالایی قالب ها در آخر قرار داده شده اند. روند مونتاژ کاملا شبیه به هر دال وافل توخالی دو طرفه، همراه با یک محاسبه قابل مقایسه و مصرف تقویت فولادی است.

این یک ایده جالب توجه است که ممکن است دوباره دال وافل محبوبی ایجاد کند.

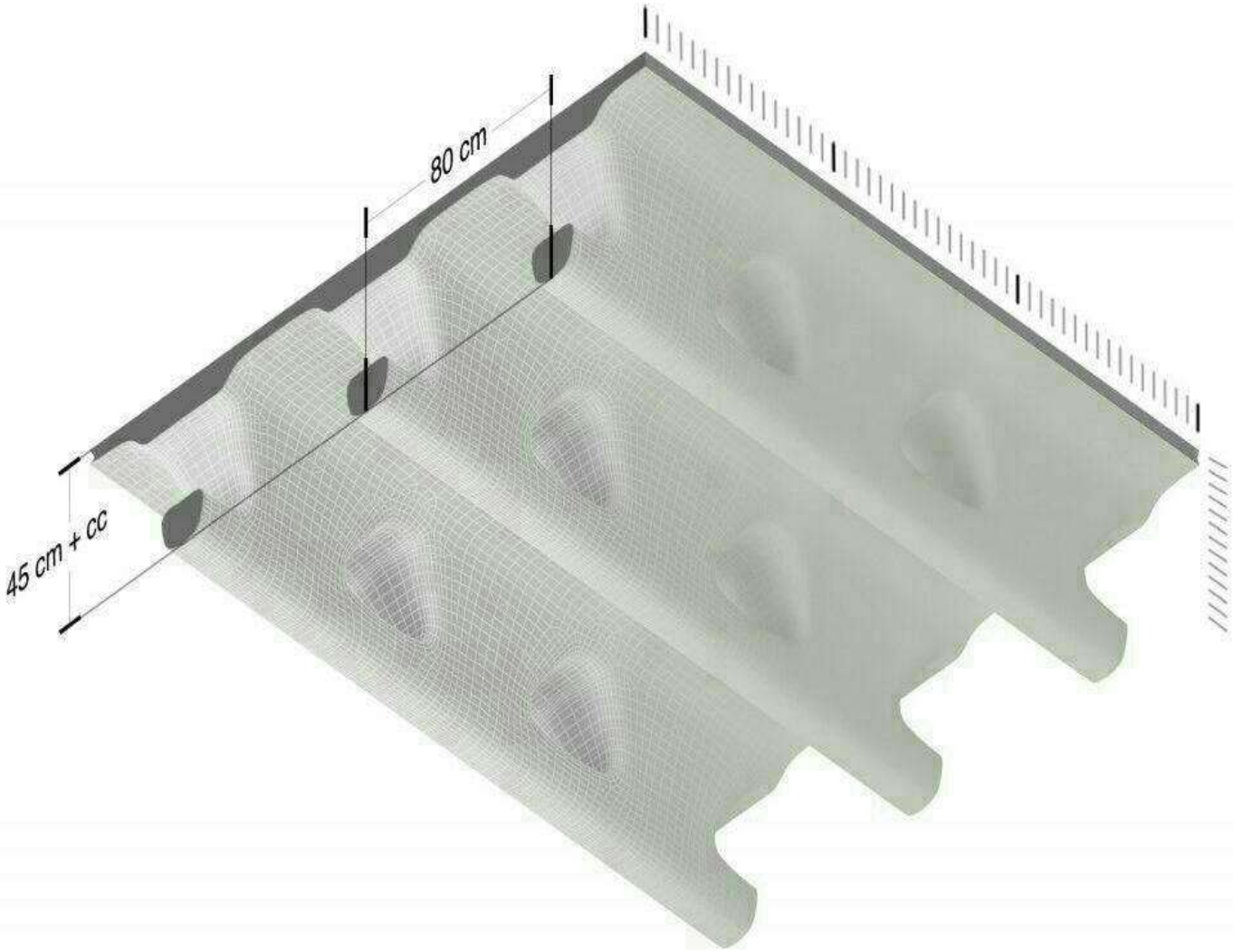
در واقع معماران اسپانیایی یک محصول جدید ساخت و ساز را توسعه داده اند که اجازه می دهد تا یک ساختمان شش طبقه با حجم پنج طبقه متناسب شود.

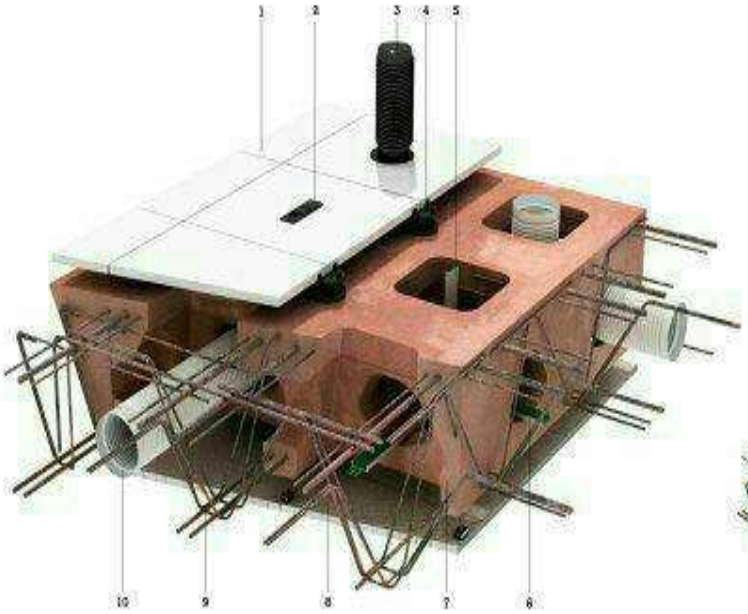
اولین ساختمان ساخته شده با استفاده ازاین سیستم یک بلوک اداری جهت بخش تحقیق و توسعه شرکت ارتباطات **Logytel** در مرکز اسپانیا است.

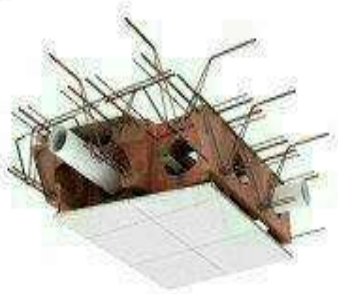
- **ویژگی های محصول:**

- دال وافل بتنی جدید**Holedeck** یک سیستم اختراع شده دال های سوراخ دار برای ساختمان های با دهانه های بزرگ بین تکیه گاه ها و سطح بالایی از خدمات است.
- سرتاسرضخامت آن می تواند به وسیله خدمات و تاسیسات مختلف ساختمان سوراخ شود. این به این معنی است که خدمات در عرض مقطع همان فضایی را اشغال می کنند، که خود سازه اشغال کرده است و در نتیجه به هیچ سقف کاذب اضافی برای مخفی کردن آنها نیازی نیست.
- در مجموع موجب صرفه جویی و حفظ ۳۰ تا ۵۰ سانتی متر در هر طبقه می شود.
- این سیستم مانع از نیاز به سقف های کاذب که برای مخفی کردن این خدمات نصب می شوند، می گردد.
- این سیستم برای ساختمان های با دهانه بزرگ مانند مدارس و بیمارستان ها طراحی و توسعه داده شده است **Holedeck** .یک سیستم دال وافل بتنی است که می تواند کابل های برق، لوله کشی و کانال های تهویه را در ساختار طبقه به جای آنکه در زیر آن آویزان باشد، جای دهد.

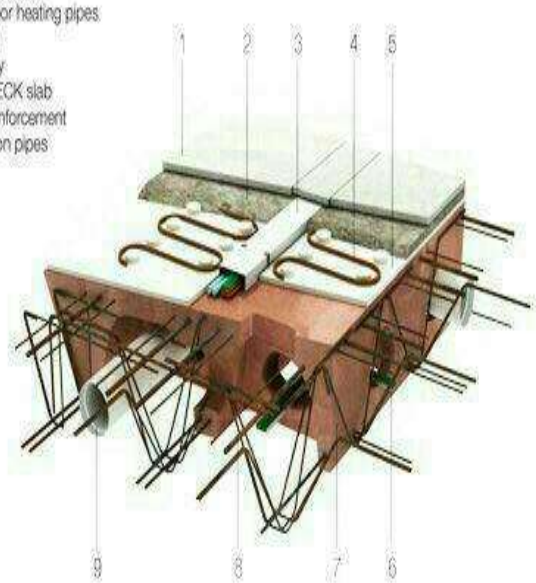
- به ویژه برای ساختمان هایی که نیاز به خدمات متعدد دارند و همچنین برای دهانه های بزرگ و یا متوسط مانند ساختمان های اداری، بیمارستان ها، مدارس و یا هر ساختمان عمومی، تجاری و یا صنعتی مناسب است.
- همچنین این سیستم برای دهانه های بزرگ در محدوده ۱۰ تا ۱۸ متر به بالا با لبه دال ۵۰- ۶۰ سانتیمتر مناسب است.
- این سیستم آزادی و فضای بیشتری از طراحی را برای نوع هندسه و قرار دادن ستون فراهم می کند.
- همچنین مطلبق با فاصله میان محوری ۸۰ سانتیمتری تنظیم شده اند به این منظورکه مدول ها قابل تعویض با هر سیستم دال با صفحه تخت دو طرفه سوراخ دار هستند.
- هوا ممکن است از طریق خط لوله نیمه انعطاف پذیر معمولی و یا از طریق یک سیستم پلنیوم (فضای اشغال شده بوسیله ماده(، که نیاز به یک سقف کاذب محکم و قفل قابل برداشت در پنجره های جانبی دارد، توزیع شود .

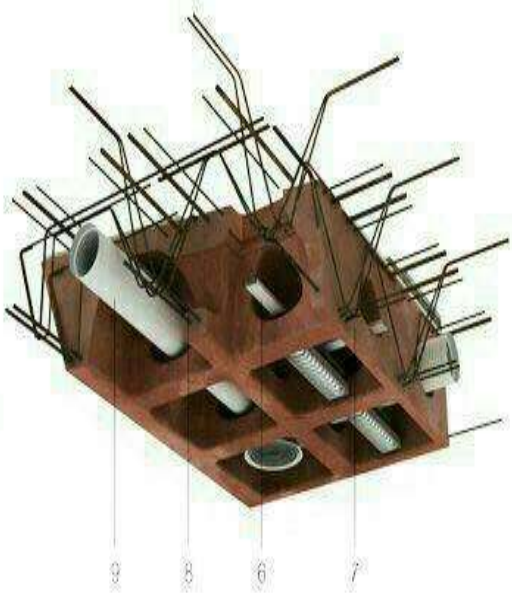






1.Pavement
2.Mortar
3.Checkable box
4.Underfloor heating pipes
5.Isolation
6.Wire-tray
7.HOLEDECK slab
8.Steel reinforcement
9.Ventilation pipes



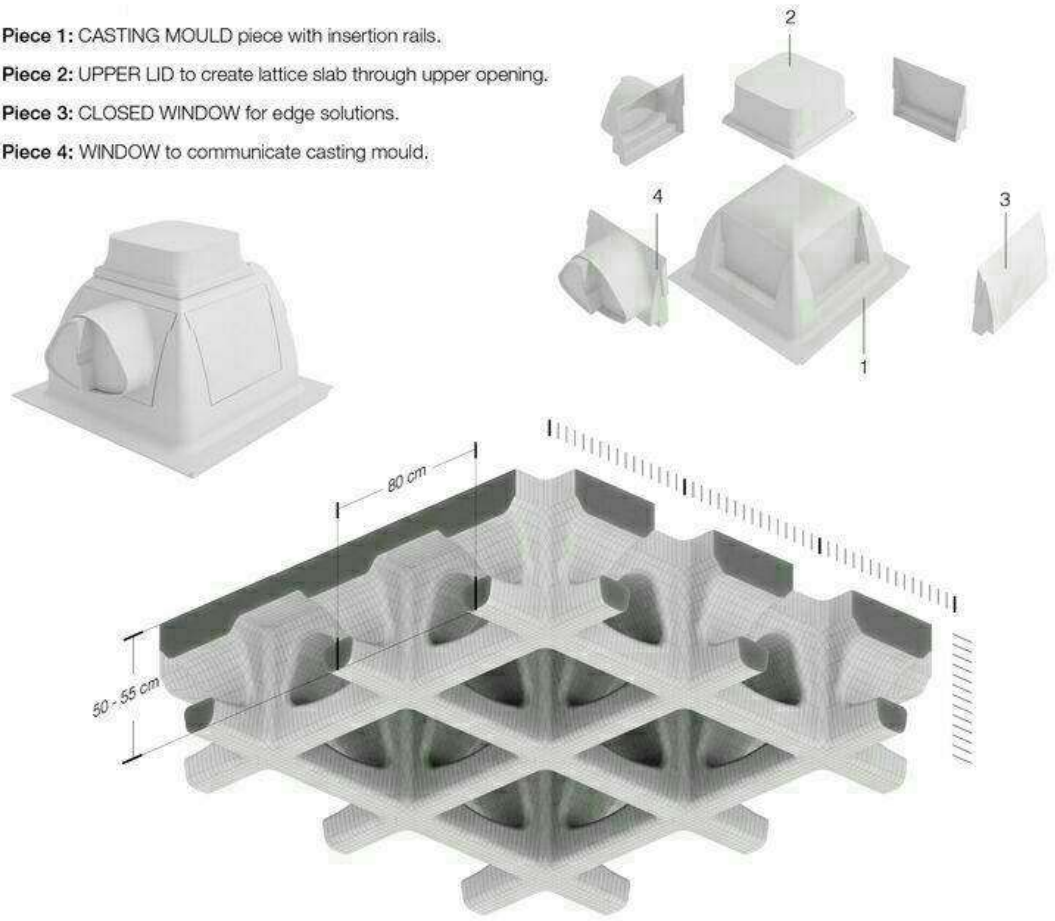


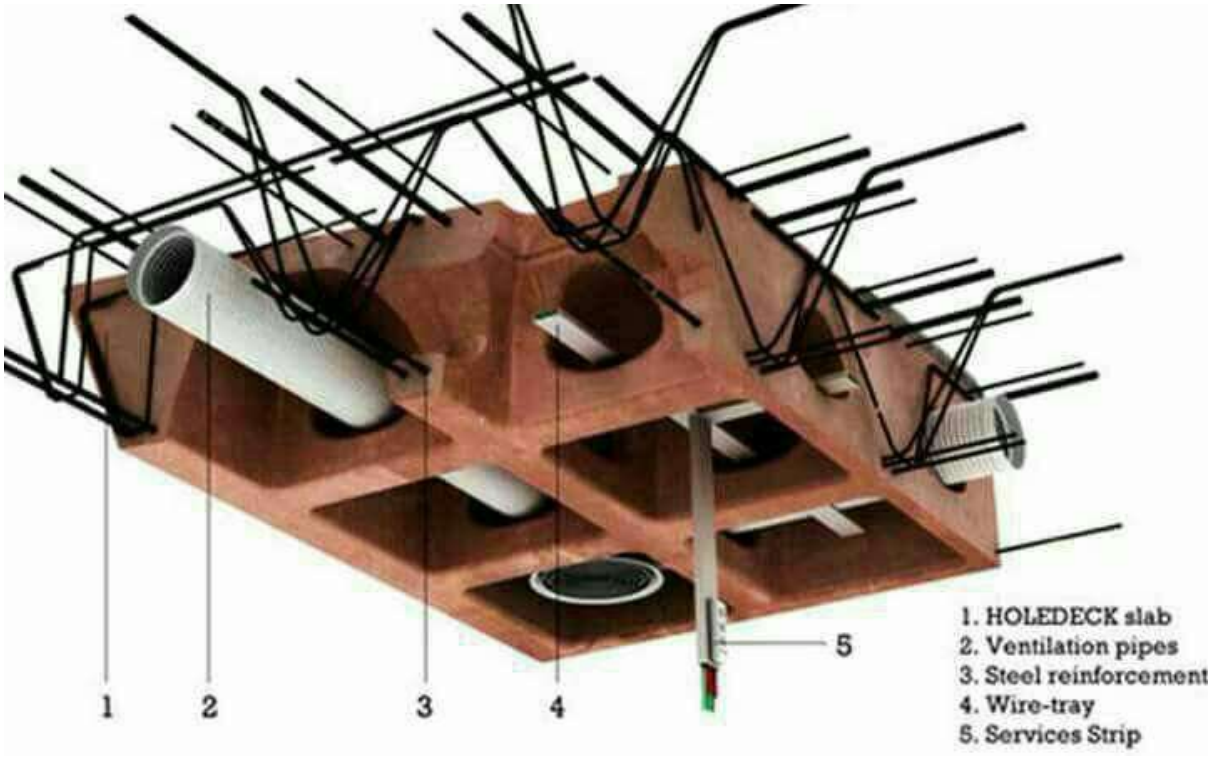
Piece 1: CASTING MOULD piece with insertion rails.

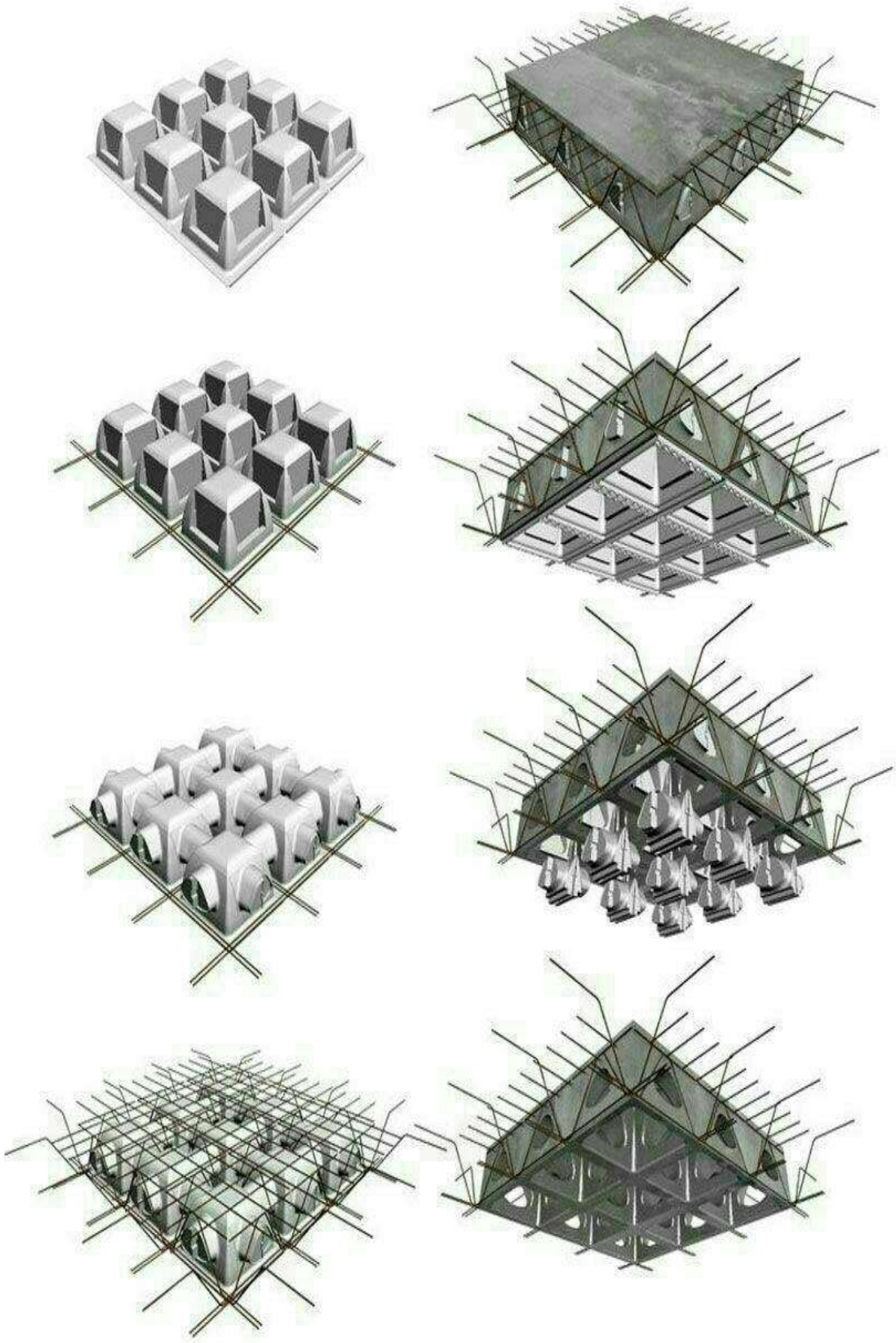
Piece 2: UPPER LID to create lattice slab through upper opening.

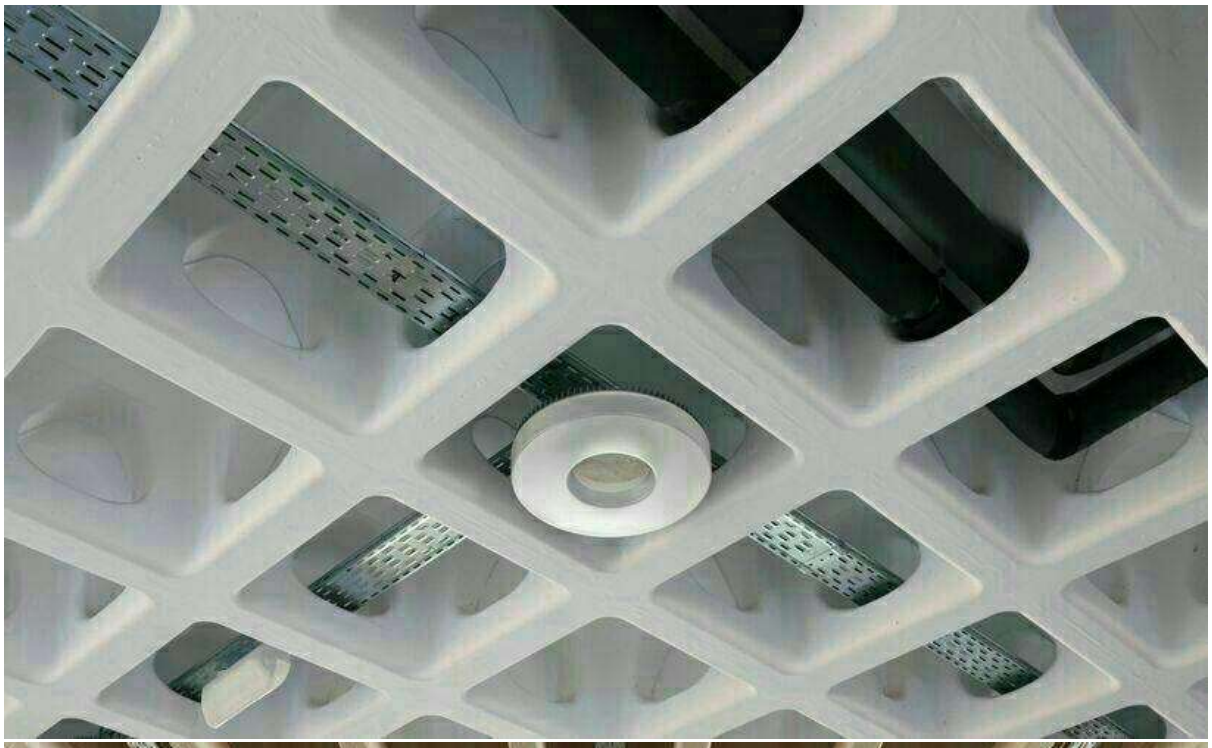
Piece 3: CLOSED WINDOW for edge solutions.

Piece 4: WINDOW to communicate casting mould.

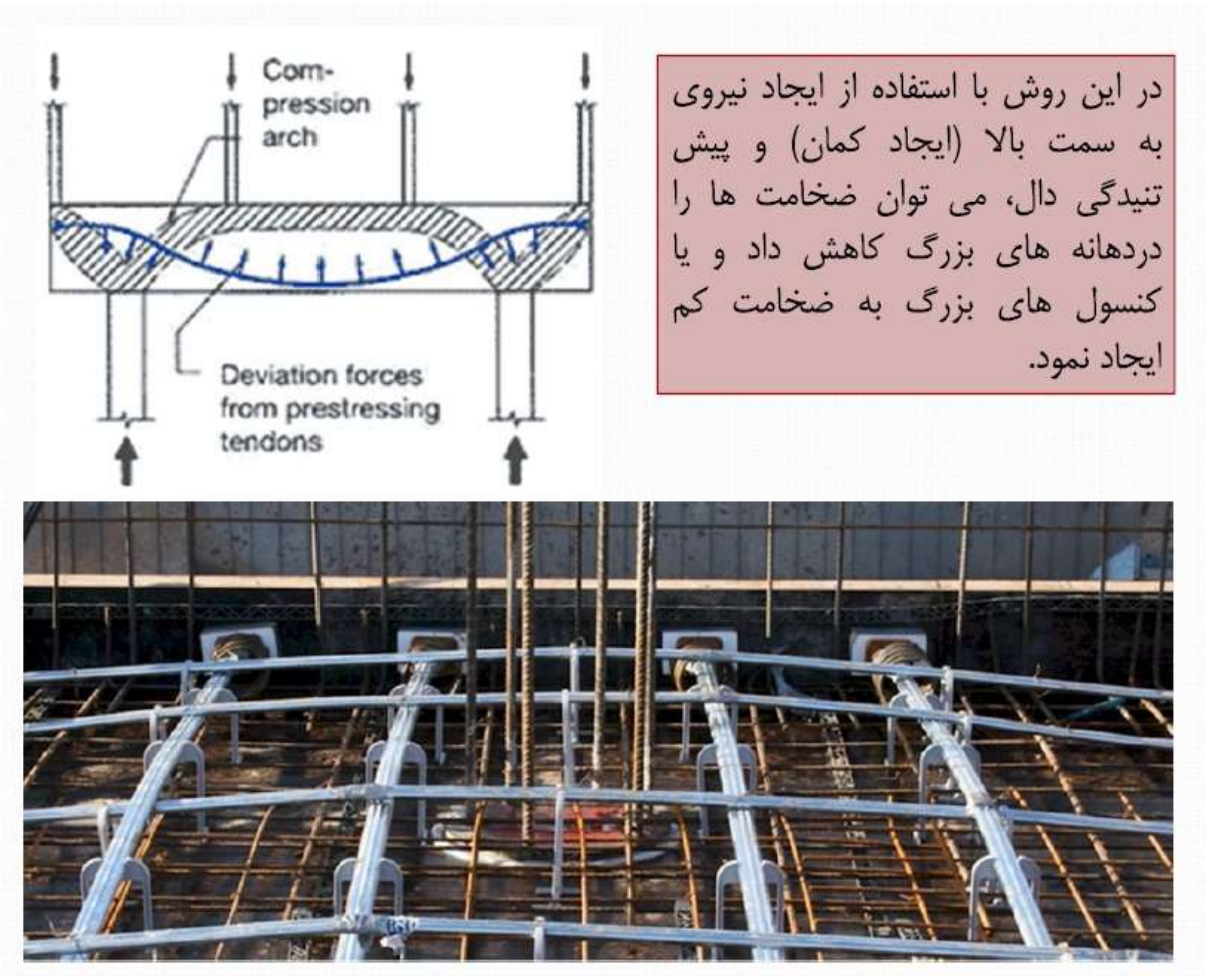








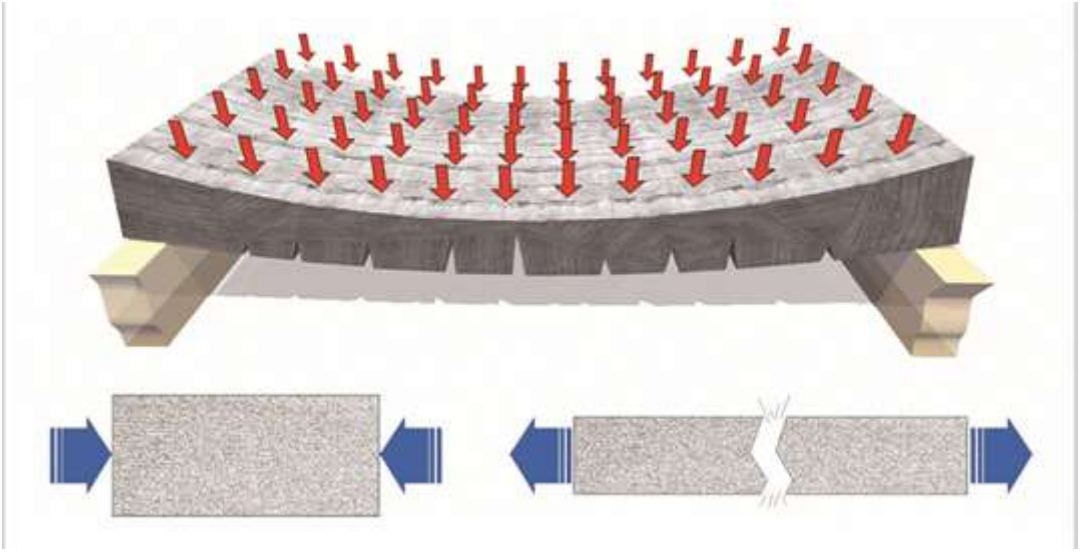
۱۴.سقف پیشتنیده



این نوع سقف جدیترین سقفی است که وارد صنعت ساختمان ایران شده است. درسقف پیش تنیده با استفاده از کابل و چگونگی قرارگیری آن در دال بتنی سقف ، یک نیروی فشاری اولیه قبل از بهره برداری از سازه در ناحیه کششی دال بتنی ایجاد میکنند تا پس از بهره برداری از سازه این ناحیه کششی دچار ترک خوردگی نشود ودر نتیجه از حداکثر ظرفیت باربری بتن استفاده شودو به تبع آن ابعاد و دو اندازه ها کاهش یابد.(مثلا آویز تیرها حذف شود) از این توضیحات می توان فهمید که روش پیش تنیدگی مورد استفاده برای این سقف روش پس کشیدگی است. یکی از مزایای اصلی استفاده از سقف پیش تنیده اینست که این امکان را فراهم می اورده تا سازه با تعداد ستون کمتری نسبت به سایر سقفها اجراشود این موضوع در بحث معماری ساختمان و همچنین تامین پارکینگ بسیار تاثیرگذار است همین مزیت باعث می شود تا برخی از سازندگان ساختمان با وجود هزینه ی بالای اجرای سقف پیش تنیده بازهم از این سیستم سقف استفاده کنند. اجزای این سقف منوط به داشتن ابزار وادوات و دانش فنی لازم است به سادگی امکان پذیر نیست.

•پیش تنیدگی چیست؟

گرچه بتن در گذشته مدت های مدیدی به عنوان مصالح ساختمانی به کار می رفت, اما به هیچ عنوان مصالح سازه ای مناسبی محسوب نشده و قابل رقابت با فولاد, سنگ و چوب نبود. چرا که بر خلاف مقاومت فشاری بالا, در برابر تنش های کششی, بسیار ضعیف عمل می کند. به همین علت از بتن صرفاً به عنوان مصالح بنایی استفاده می شد.



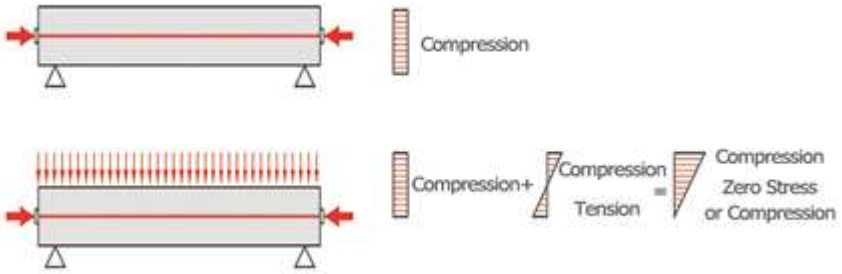
ضعف بتن در کشش

بعدها مهندسین برای غلبه بر این ضعف, ترکیبی از فولاد مسلح کننده و بتن که امکان مقاومت در برابر نیروهای کششی و فشاری را ایجاد می نماید, به کار گرفتند. در آغاز, برای مسلح کردن بتن از آرماتور استفاده شد (بتن آرمه .(ولی در ادامه, استفاده از تکنولوژی پیش تنیدگی, بتن را به یکی از کاراترین مصالح سازه ای تبدیل نمود. ایده پیش تنیدگی در دهه اول قرن بیستم مطرح گردید و تحقیقات مختلفی بین سال های ۱۹۳۰ تا ۱۹۴۰ روی آن انجام گرفت. این روش عملاً از سال ۱۹۵۵ تا کنون در زمینه های مختلف سازه ای مورد استفاده بوده است.

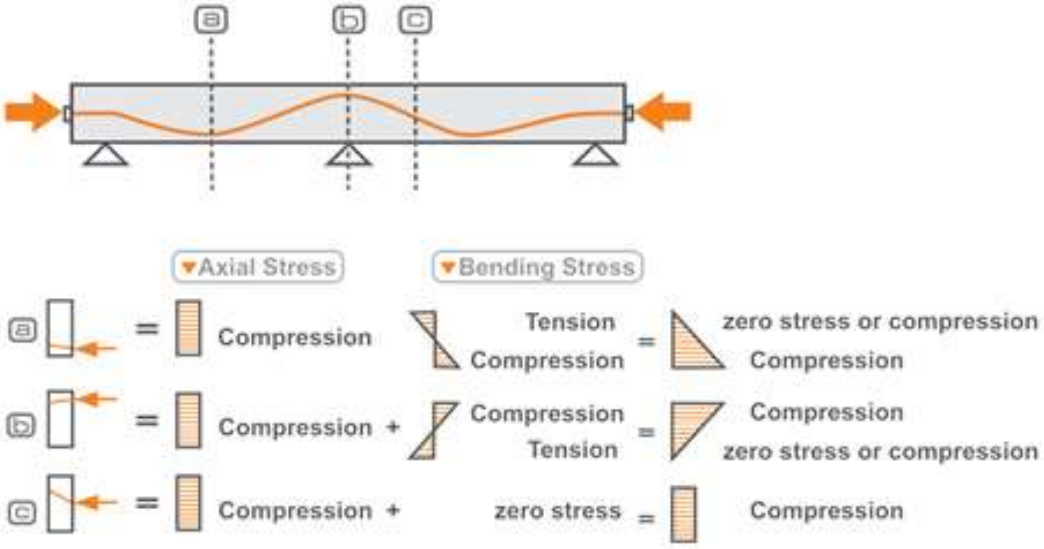
تئوری پیش تنیدگی

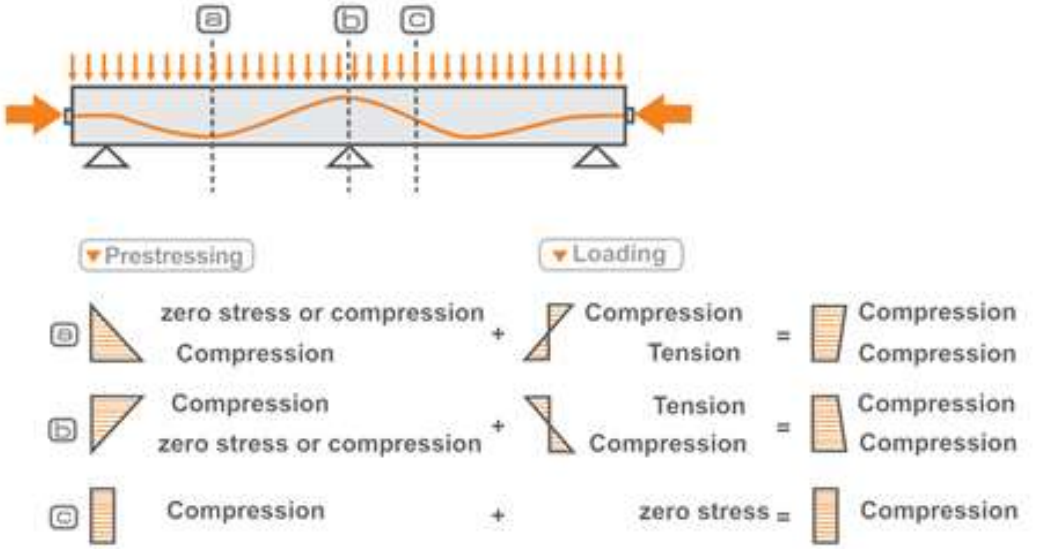
پیش تنیده کردن عبارت است از اعمال تنش فشاری دائمی, قبل از اعمال بارهای بهره برداری, به منظور کاهش و یا از بین بردن تنش های کششی. قرار دادن کابل کشیده شده فولادی و مهار کردن آن در دو طرف عضو, باعث ایجاد تنش فشاری دائمی در مقطع بتنی خواهد شد. در طول اعضای خمشی, هم تار تحتانی در کشش قرار می گیرد (وسط دهانه) و هم تار فوقانی (روی تکیه گاه). در مقاطع پیش تنیده, با جابجا کردن موقعیت کابل, مقدار و

توزیع تنش فشاری قابل کنترل است.



پیش تنیدگی در تیرهای مفصل

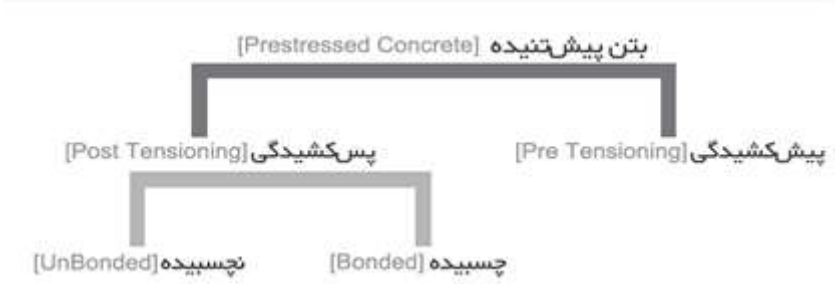




پیش تنیدگی در تیرها و دال های یکسره

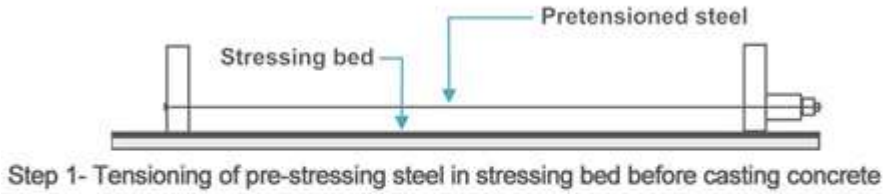
روش های پیش تنیدگی

اعمال نیروهای پیش تنیدگی به دو روش پیش کشیده یا پس کشیده صورت می گیرد. بدین معنی که عملیات کشش کابل ها می تواند پیش از بتن ریزی یا پس از بتن ریزی انجام شود.



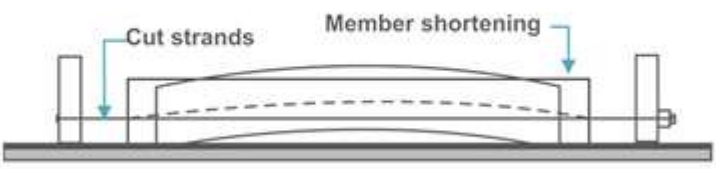
- **انواع روش های پیش تنیدگی**

در روش پیش کشیده ابتدا کابل ها روی بسترهای پیش ساخته در حد فاصل دو انتها کشیده می شوند. بعد از بتن ریزی و کسب مقاومت لازم, با بریدن آنها ,نیروی کششی موجود به صورت فشاری به بتن منتقل می گردد.
این روش در کارگاه ها یا کارخانه های تولید قطعات بتنی مورد استفاده است و معمولاً محصولات تولید شده به صورت پیش ساخته می باشند.



Step 1- Tensioning of pre-stressing steel in stressing bed before casting concrete

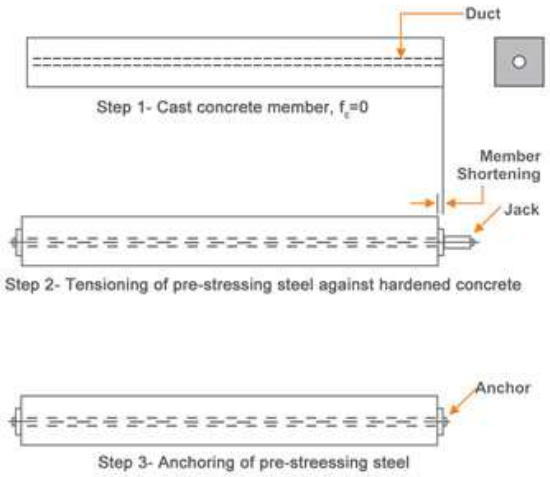
Step 2- Casting of concrete around steel, $f_c = 0$



Step 3- Release of strands from stressing bed causing shortening of member

پیش تنیدگی به روش پیش کشیده

در روش پس کشیده کابل ها (که داخل غلاف های محافظی هستند) در قطعه مورد نظر قرار می گیرند. سپس عملیات بتن ریزی انجام شده و پس از این که بتن به مقاومت فشاری مورد نیاز رسید, کشیده و مهار می شوند. از این روش هم در ساخت قطعات پیش ساخته استفاده می شود و هم امکان اجرای آن به صورت درجا و در محل وجود دارد. کابل ها داخل قطعات پس کشیده به دو صورت چسبیده به غلاف و یا نچسبیده قرار می گیرند.



پیش تنیدگی به روش پس کشیده

سیستم چسبیده (Bonded)

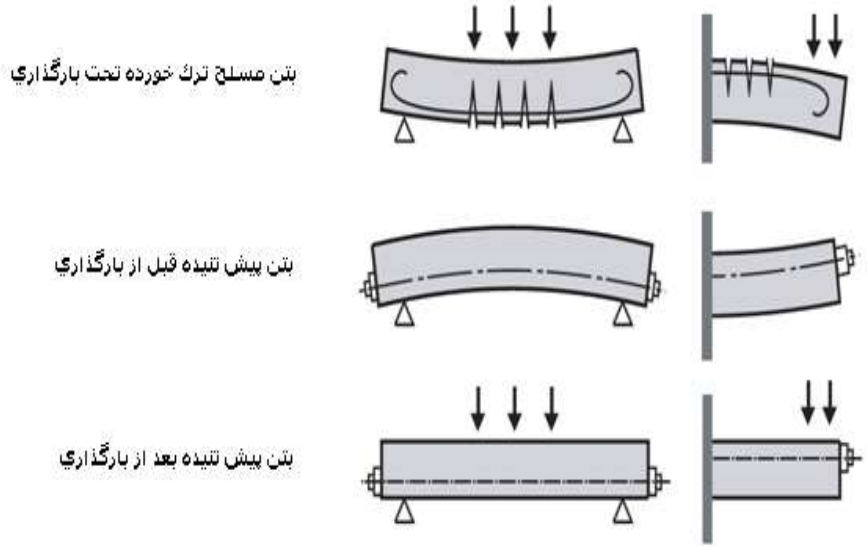
در این روش چند کابل داخل یک غلاف فلزی قرار می گیرند و معمولاً همگی به یک مهار انتهایی ختم می شوند. مجموعه این غلاف ها در محل های مناسب روی قالب نصب شده و پس از بتن ریزی و کسب مقاومت فشاری مورد نیاز, کشیده می شوند. برای ایجاد پیوند بین کابل و بتن, مواد پرکننده (گروت) داخل غلاف ها تزریق شده و به این ترتیب چسبندگی بین کابل و غلاف تامین می گردد.
آج های روی جداره غلاف نیز طوری طراحی شده اند تا درگیری مناسبی با بتن ایجاد کنند. بدین ترتیب بین کابل و بتن پیوند (Bond) قابل قبولی ایجاد می گردد.
روش چسبیده بیشتر در مواردی استفاده می شود که نیاز به نیروی زیادی برای پیش تنیده کردن اعضا وجود داشته باشد. موارد زیر از کاربردهای این سیستم است:

- پل های پیش تنیده
- تیرهای پیش تنیده برای دهانه های بزرگ
- صفحات انتقال بار(Transfer Plate)
- فونداسیون های پیش تنیده

سیستم نچسبیده(UnBonded)

در این روش نیروی فشاری از طریق مهارهای انتهایی به بتن منتقل شده و کابل در طول خود پیوندی با بتن ندارد. برخلاف روش چسبیده, در این سیستم هر کابل داخل یک غلاف پلاستیکی قرار دارد و به طور مستقیم توسط یک مهار نگه داشته می شود. از آنجایی که نیازی به تأمین چسبندگی بین کابل و بتن وجود ندارد, عملیات تزریق گروت در این سیستم حذف می شود. روش نچسبیده بیشتر در مواردی استفاده می شود که اجزای بتنی دارای ضخامت کمی هستند و کارگذاری مهارهای انتهایی بزرگتر که برای مهار چند رشته کابل استفاده می شوند ,امکان پذیر نباشد. موارد زیر از کاربردهای این سیستم است:

- دال های ساختمانی
- دال های روی زمین(Slab on Ground)



●مزایای سیستم پیش تنیده

- دهانه بزرگتر:

با استفاده از تکنولوژی پیش تنیدگی امکان ایجاد دهانه های بزرگ تر در سازه وجود دارد. محدودیت هایی که روش های دیگر در پوشاندن دهانه های بزرگ با آن مواجه هستند در این سیستم کمتر است. این مزیت قابلیت های گسترده تری را در اختیار طرح معماری قرارمی دهد و همچنین امکان استفاده مناسب تری از فضا را ایجاد می کند.

- ضخامت دال کمتر:

با توجه به تحت فشار بودن بتن و وجود انحنا در کابل ها, امکان پوشاندن دهانه با ضخامت کمتر نسبت به دال های بتن آرمه معمولی و یا سایر سیستم هایرایج فراهم می گردد.

- حذف تیرها:

از آنجایی که در این سیستم امکان حذف تیرها و آویزها وجود دارد, می توان سطح زیرین تخت را در

اختیار طرح معماری قرار داد. در نتیجه عبور کانال های تاسیساتی با سهولت امکان پذیر می باشد. به علاوه,تیغه بندی و پارتیشن بندی نیز بدون محدودیت قابل اجرا است.

- کنترل ترک و دوام بیشتر:

نیروی پیش تنیدگی باعث اعمال فشار دائمی به دال های پیش تنیده می گردد و سقف ها همواره تحت فشار خواهند بود. لذا ترک های موجود در این سیستم به حداقل می رسد. کاهش ترک, باعث افزایش مقطع موثرمی شود. در حالیکه در اعضای بتن آرمه معمولی به واسطه ترک خوردگی, مقطع موثر بتن تحت بارهای بهره برداری کاهش می یابد. به علاوه, کاهش ترک, مانع نفوذ مواد خورنده به بتن شده و خوردگی فولاد کمتر می شود. به عبارت دیگر دوام سازه افزایش می یابد.

- افزایش سرعت اجرا:

با توجه به حذف تیرهای میانی و آرماتوربندی دال ها, زمان اجرای یک سقف پیش تنیده بسیار کمتر از یک دال بتنی معمولی خواهد بود. عدم وجود تیرها, سرعت اجرای قالب بندی را نیز افزایش می دهد و از طرف دیگر بعد از اجرای عملیات کشش, سقف بدون وجود قالب و شمع بندی, خودایستا خواهد بود و می توان قالب ها را در مدت زمان کوتاه تری باز کرد. به صورت عمومی, زمان اجرای یک دال پیش تنیده حدود ۳۰٪ سریع تر می باشد.

- ارتفاع کمتر کف تا کف و کاهش ارتفاع کل ساختمان :

با توجه به کاهش ضخامت دال و حذف آویز تیرها, می توان اتفاع کف تا کف طبقات را کاهش داد .این امر باعث کاهش ارتفاع ساختمان و کاهش مصالح مصرفی در ستون, دیوار تیغه بندی و غیره می گردد. همچنین در ارتفاع ثابت می توان از تعداد طبقات بیشتری استفاده کرد. این امر به خصوص در ساختمان های بلندمرتبه که با توجه به قوانین موجود محدودیت ارتفاع دارند, حائز اهمیت است.

- امکان ستون گذاری نامنظم :

برخلاف سازه های بتنی معمولی که ستون گذاری معمولاً از آکس بندی منظم پیروی می کند, در این سیستم, امکان ستون گذاری به صورت نامنظم وجود دارد که در طرح های معماری حائز اهمیت است.

- امکان ایجاد بازشوهای بزرگ و نامنظم در سقف :

با توجه به انعطاف پذیری کابل ها, امکان ایجاد بازشوهای بزرگ و نامنظم روی سقف وجود دارد. در این سیستم نیاز به تعبیه تیر اطراف بازشوها نمی باشد.

- کاهش وزن ساختمان :

با توجه به کاهش ضخامت دال و حذف تیرها, وزن کلی ساختمان نیز کاهش می یابد. این امر باعث کم شدن ابعاد و اندازه سایر اجزای سازه ای خواهد شد.

- بهبود عملکرد لرزه ای :

سیستم دال بتنی نسبت به سایر سیستم های پوشش سقف دیافراگم یکپارچه تری تشکیل می دهد که باعث بهبود عملکرد لرزه ای ساختمان می گردد. به علاوه, تحقیقات مختلف در این زمینه نشان می دهد دال های پس کشیده با روش نچسبیده نسبت به دال های بتن آرمه عملکرد مناسب تری هنگام وقوع زلزله داشته اند.

- کاهش هزینه ها :

کاهش ضخامت دال, کاهش تعداد ستون ها, حذف تیرها و غیره باعث صرفه جویی قابل توجهی در بتن و فولاد مصرفی خواهد شد. به علاوه ,کاهش عملیات قالب بندی و آرماتوربندی نیز باعث کاهش هزینه

های اجرایی می گردد. سرعت اجرای بیشتر نیز کاهش هزینه تجهیزات و نیروی انسانی را در پی خواهد داشت. روی هم رفته ساختمان هایی که در آنها از این سیستم استفاده می شود حدود ۱۰ تا ۲۰ درصد نسبت به ساختمان های بتن آرمه ارزان تر خواهند بود.

روشهای وارد کردن نیروی پیش تنیدگی

۱ . روش مکانیکی

شاید ساده‌ترین روش فشرده ساختن یک تیر . به وسیله یک یا دو جک در مقابل دو تکیه گاه می‌باشد . این روش در بعضی از پروژه‌ها ی بزرگ به کار می‌رود . در بعضی از پروژه‌ها پس از فشرده ساختن تیر به وسیله جک با قراردادن پلیت بین تیر و تکیه‌گاه جلوی برگشت تیر را به حالت اولیه گرفته ، سپس جک‌ها را آزاد می‌کنند .
اشکال اساسی این روش‌ها این است که کوچکترین تغییر شکل و یا حرکت تکیه‌گاه به نحو قابل ملاحظه‌ای نیروی پیش تنیدگی را کاهش می‌دهد .

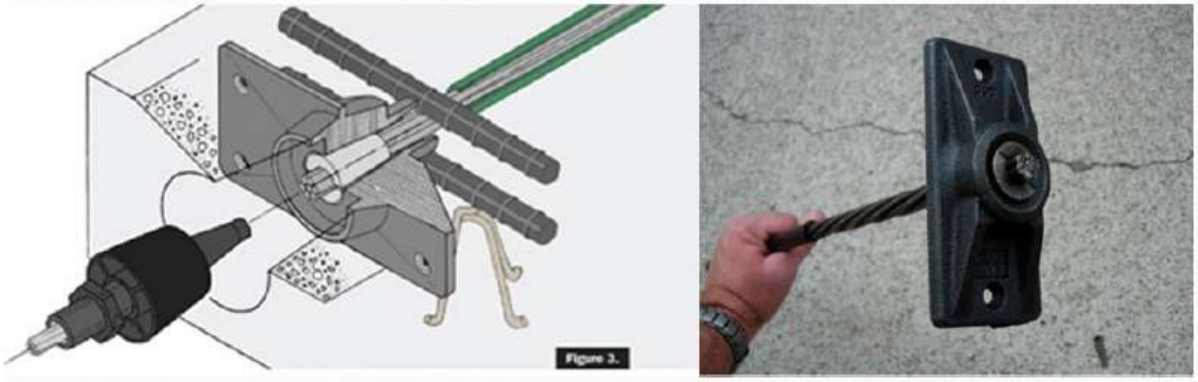
۲ . روش شیمیایی

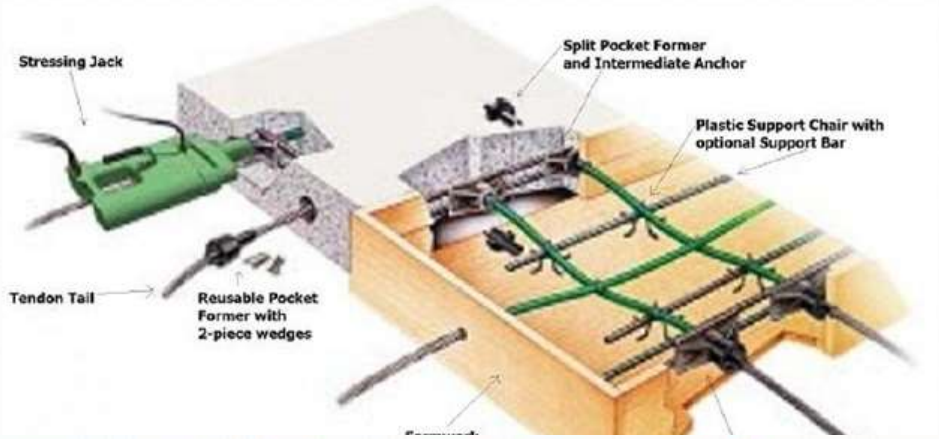
در این روش نیروی پیش تنیدگی در اثر استفاده از سیمان‌های منبسط شونده بوجود می‌آید ، این سیمانها بر خلاف سیمانهای معمولی در موقع گرفتن و سخت شدن به جای منقبض شدن منبسط می‌گردند . و چون وجود کابلها در داخل بتن جلوی این انبساط طول را می‌گیرد در نتیجه مقداری نیروی فشاری در تیر ایجاد می‌شود .

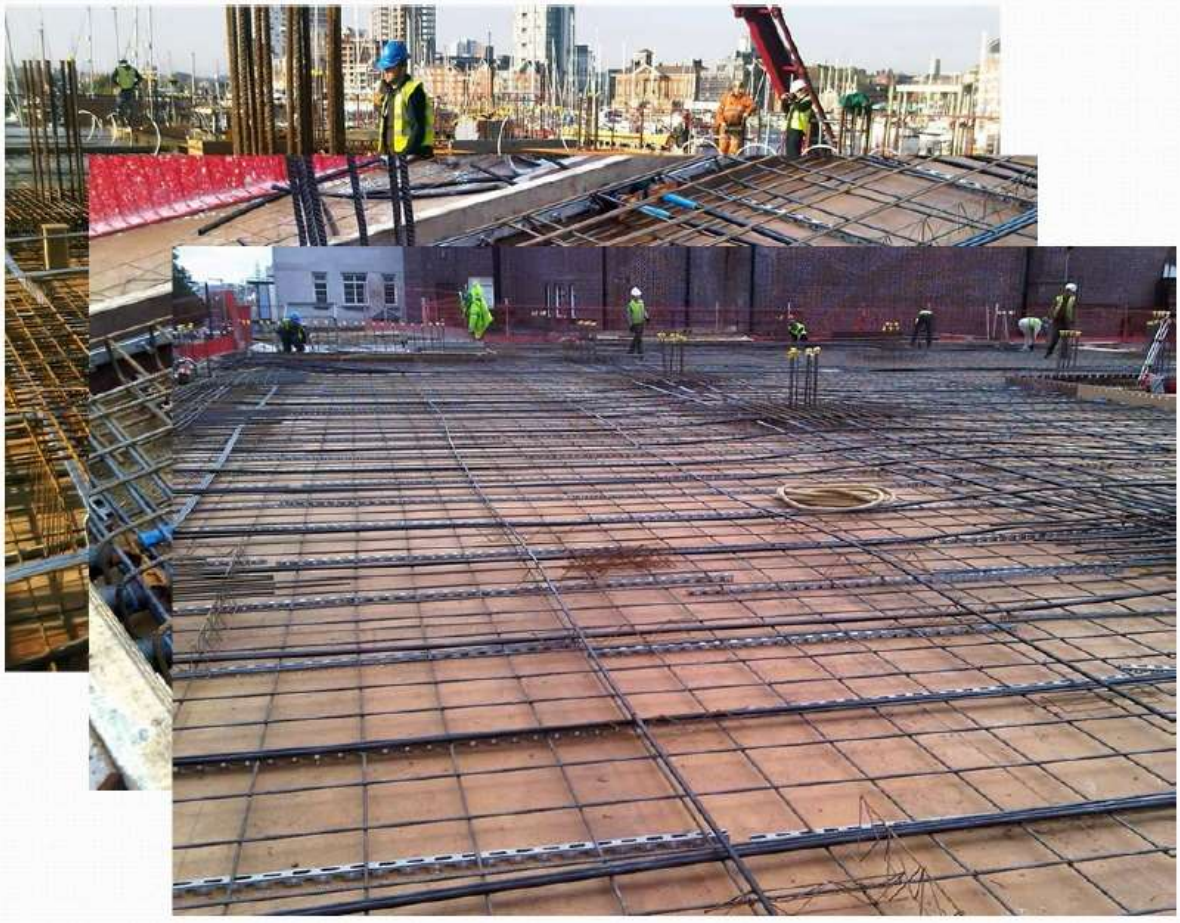
۳. روش الکتریکی- حرارتی

در این روش با وصل کردن جریان برق به کابلها باعث ازدیاد طول کابلها شده، سپس کابلها را توسط گیره‌هائی در همان حال کشیده به تکیه گاه وصل می‌کنند . پس از قطع کردن جریان و سرد شدن کابلها ، دور آنها را بتن ریزی می‌کنند و بعد از اینکه مقاومت بتن به حد لازم رسید کابل‌های کشیده شده را از تیکه گاه آزاد می‌کنند ، و در نتیجه نیروی کشیده شدن کابلها به بتن منتقل می‌گردد . روش پیش تنیدگی حرارتی به طور وسیعی برای ساختن دالها ، تیرها ، خرپاها و ستونهای چراغ برق مورد استفاده قرار می‌گیرد .

دال های پیش تنیده پس کشیده (Post Tension Slab)







●مراحل اجرا

۱. قالب بندی:

قالب بندی سقف مشابه دال بتنی معمولی(بتن آرمه), انجام می شود. قالب ها می تواند از جنس چوب, فلز یا پلای وود (plywood) باشد. از آنجایی که عموماً دال های ساختمانی در این روش به صورت تخت در نظر گرفته می شود, لذا سرعت عملیات قالب بندی نسبت به سایر سیستم های بتنی افزایش می یابد.

۲. آرماتور بندی:

حجم آرماتوربندی دال های پیش تنیده در مقایسه با دال بتن آرمه بسیار کمتر است. آرماتور مورد نیاز شامل کلاف های کناری, آرماتورهای تقویتی روی ستون ها و دیوارها, آرماتورهای مربوط به برش پانچ, اطراف بازشوها و , ... در این مرحله روی سقف نصب می شوند. عملاً آرماتوربندی به صورت شبکه فوقانی

و تحتانی در این روش وجود ندارد.

۳. **نصب کابل ها و مهارهای انتهایی:**

با توجه به نقشه های اجرایی, کابل ها روی قالب قرار گرفته و مهارهای انتهایی به لبه قالب متصل می شوند. معمولاً کابل ها در دو جهت عمود برهم روی سقف قرار می گیرند. تعداد و فاصله کابل ها تابع طول دهانه و بارگذاری می باشند. در حالت معمول, در یک جهت, کابل ها به صورت متمرکز روی نوارهای ستونی قرار می گیرند (Banded Tendons) و در جهت دیگر با فاصله های یکنواخت حدود ۱/۵۰ متری توزیع می گردند.(Tendons Distributed)

۴. **نصب Chairها و تامین پروفیل کابل ها:**

همانطور که در ابتدا اشاره شد, برای استفاده بهینه از پیش تنیدگی, موقعیت کابل نسبت به تار خنثی مقطع در طول مسیر تغییر می کند. معمولاً روی نقطه تکیه گاهی کابل ها به تار فوقانی, و در وسط دهانه به تار تحتانی نزدیک می شوند. به این انحنا در اصطلاح پروفیل (profile)می گویند. جهت تامین این پروفیلchair ,هایی در اندازه های متفاوت با فاصله های مشخص قرار داده می شوند و کابل روی آنهاقرارمی گیرد. به این ترتیب پروفیل مورد نظر تامین می گردد.

۵. **بتن ریزی:**

بعد از بستن آرماتورها و قرارگیری کابل ها روی سقف, بتن ریزی انجام می شود .در این مرحله باید در مورد ویبره زدن اطراف مهارهای انتهایی دقت لازم صورت گیرد .

۶. **عملیات کشش:**

بعد از اینکه بتن به مقاومت فشاری مورد نیاز رسید, می توان عملیات کشش کابل ها را آغاز نمود. هر کابل از یک طرف یا هر طرف کشیده می شود. میزان افزایش طول هر کابل با توجه به طول و پروفیل آن محاسبه شده و پس از کشش نیز اندازه گیری می شود. بدین ترتیب صحت اجرای عملیات کنترل می گردد.

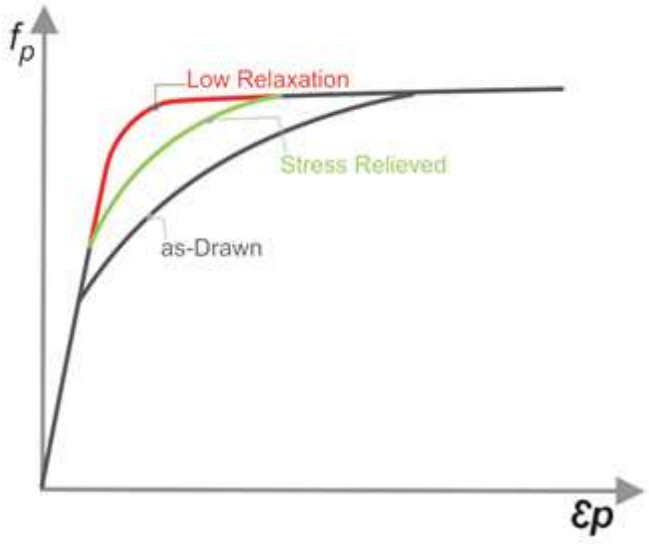
●مصالح و تجهیزات پیش تنیدگی

مصالح پیش تنیدگی در دو قالب اصلی فولاد پیش تنیدگی و مهار انتهایی تقسیم بندی می شود. برای کشش کابلها نیز از جک و پمپهای کشش استفاده می شود. در ادامه به معرفی مصالح و تجهیزات پیش تنیدگی پرداخته شده است.

فولاد پیش تنیدگی

جهت اعمال نیروی پیش تنیدگی به بتن از کابل (Strand)، سیم (Wire)یا میلگرد (Bar)پیش تنیدگی استفاده می شود کهبصورت تک رشته ای یا در گروهی در قطعات پیش تنیده قرار داده می شوند. برای اصلاح مشخصات فولاد و تهیه فولاد پیش تنیده عملیات مختلفی روی آنها انجام می شود. این عملیات به شرح زیر است:

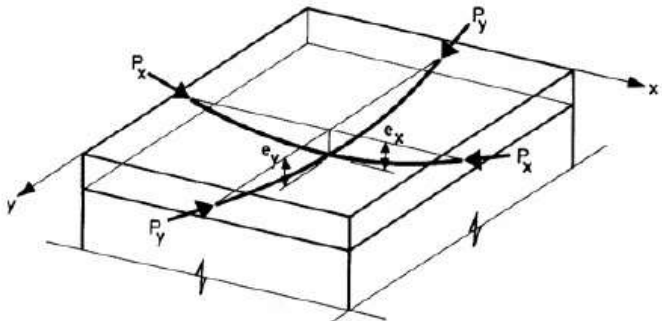
- **سرد کشیدگی :(Cold Drawn)در این عملیات فولاد پیش تنیدگی برای چند روز تحت کشش مستمر قرار می گیرد و از این طریق چیدمان کریستالی دچار تغییر شده و مقاومت آن افزایش می یابد.**
- **تنش زدایی :(Stress Relieving)تنش زدایی از طریق افزایش دما تا حدود ۳۵۰ درجه سانتیگراد و کاهش آرام دما صورت می گیرد. در این عملیات محدوده ارتجاعی فولاد پیش تنیدگی افزایش یافته اما فاصلهتغییرشکل پلاستیک پس از جاری شدن کاهش می یابد.**
- **کاهش وادادگی :(Low Relaxation)این عملیات با گرم کردن فولاد تا مرز ۳۵۰درجه سانتیگراد حین کشش آنها صورت می گیرد. این عملیات با کاهش تغییر شکل پلاستیک پس از جاری شدن، منحنی تنش –کرنش فولاد را اصلاح می کند. بعلاوه وادادگی فولاد به شدت کاهش می یابد.**



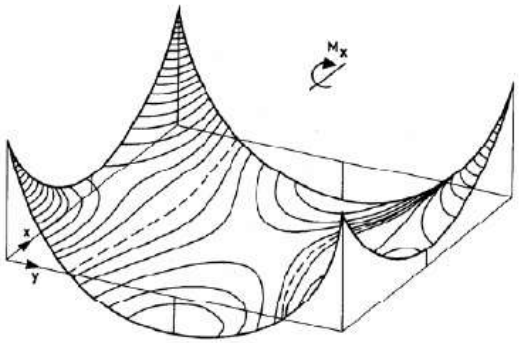
منحنی تنش کرنش فولاد پیش تنیدگی

اگر نیروهای پیش تنیدگی در جهات y و x را به ترتیب Py و Px (واحد عرض) بنامیم و خروج از مرکزیت در وسط دهانه به ترتیب ey و ex باشند ، آنگاه به دلیل اینکه نیروهای قائم مربوط به تاندونها در هر جهت در نقاط مختلف دال با هم جمع می شوند بار گسترده یکنواخت کل رو به بالا که بر دال وارد می شود از رابطه زیر بدست می آید :

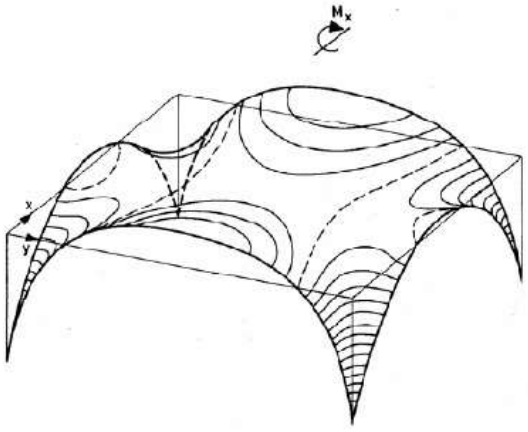
$$w = 8p_x e_x / l_x^2 + 8p_y e_y / l_y^2$$



به دلیل اینکه بین تاندونها باید یک فاصله حداقل وجود داشته باشد، توزیع تنش در داخل دال کاملا یکنواخت نخواهد بود ، ولی در عمل می توان آن را یکنواخت در نظر گرفت.
مدل متداول این دال ، دال تخت میباشد که تکیه گاههای آن ستون بوده و دارای تیرهای میانی نیز نمیباشد.



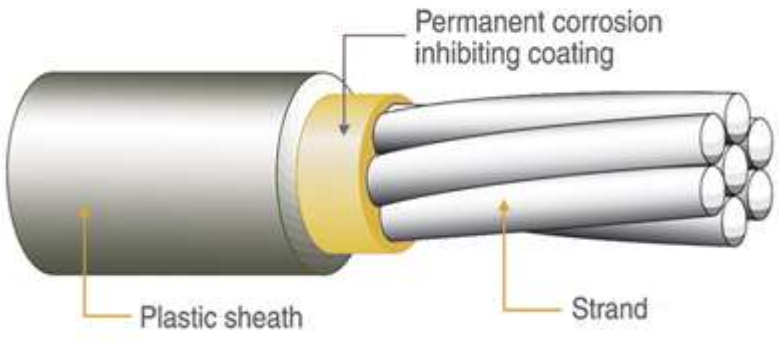
توزیع لنگر خمشی در دال تخت تحت بارهای وارده



توزیع لنگر ناشی از پیش تنیدگی در دال تخت

کابل

در حال حاضر مرسوم ترین شکل برای استفاده از فولاد پیش تنیدگی، کابلهای پیش تنیدگی هفت رشته ای است. این کابلها مطابق استاندارد آمریکایی ASTM A۴۱۶در دو رده ۲۵۰ و ۲۷۰ استفاده می شوند. مقاومت نهایی کابلهای رده ۲۵۰ برابر ۱۷۲۵۰و رده ۲۷۰ برابر ۱۸۶۰ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع می باشد. کابلهای پیش تنیدگی در دو دسته تنش زدایی (Stress Relieved)شده و با وادادگی کم (Low Relaxation or Lowlax)تولید می شوند. کابلهای با وادادگی کم پس از کشش و در دراز مدن افت کمتری دارند .در حال حاضر این کابلها بصورت معمول در کارها استفاده می شوند و کابلهای تنش زدایی شده صرفاً در موارد خاص کاربرد دارند. مطابق استاندارد آمریکایی کابلهای رده ۲۵۰ در شش سایز ۶/۳۵، ۷/۹۴، ۹/۵۳، ۱۱/۱۱، ۱۲/۷۰ و ۲۴/۱۵و کابلهای رده ۲۷۰ در چهار سایز ۹/۵۳، ۱۱/۱۱، ۱۲/۷۰ و ۱۵/۲۴ تولید می شوند. بصورت معمول یک دسته کابل می تواند از تا ۵۰ رشته کابل داشته باشد .کابلهای پیش تنیدگی با جکهای هیدرولیکی کشیده شده و توسط گوه های فولادی در مهارهای انتهایی، گرفته می شوند.



کابل پیش تنیدگی

Grade	Nominal Diameter (mm)	Tolerance (mm)	Nominal Steel Area (mm)	Nominal Weight Per 1000 Meters (mm)	Minimum Breaking Load Not Less Than (KN)	Minimum Load at 1% Max Extension (KN)	Elongation Not Less than (%)	Relaxation Value 1000 hrs Not Greater Than	
								70% Initial	80% Initial
250	9.53	±0.40	51.61	405	89.0	80.1	3.5	2.5	3.5
	11.11		69.68	548	120.1	108.1			
	12.70		92.90	730	160.1	144.1			
	15.24		139.35	1094	240.2	216.2			
270	9.53	+0.65 -0.15	54.84	432	102.3	92.1			
	11.11		74.19	582	137.9	124.1			
	12.70		98.71	775	183.7	165.3			
	15.24		140.00	1102	260.7	234.6			

استاندارد ASTM A ۴۱۶

Strand Type	Nominal Diameter (mm)	Tolerance (mm)	Nominal Steel Area (mm)	Nominal Mass Per 1000 Meters (Kg)	Tensile Strength (Mpa)	Specified Characteristic Breaking Load (KN)	Specified Characteristic 1% Proof Load (KN)	Load 1% Elongation Proofload (KN)	Minimum Elongation at Max Load (%)	Max Relaxation After 1000 hra		
										60% Initial Load	70% Initial Load	80% Initial Load
Standard 7-Wire	9.3	+0.3 -0.15	52	408	1170	92	78	81	3.5	1.0	2.5	4.5
	11.0		71	557	1770	125	106	110	3.5	1.0	2.5	4.5
	12.5	+0.4 -0.2	93	730	1770	164	139	144	3.5	1.0	2.5	4.5
	15.2		139	1090	1670	232	197	204	3.5	1.0	2.5	4.5
Super 7-Wire	9.6	+0.3 -0.15	55	432	1860	102	87	90	3.5	1.0	2.5	4.5
	11.3		75	590	1860	139	118	122	3.5	1.0	2.5	4.5
	12.9	+0.4 -0.2	100	785	1860	186	158	163	3.5	1.0	2.5	4.5
	15.7		150	1180	1770	265	225	233	3.5	1.0	2.5	4.5
Drawn 7-Wire	12.7	+0.4 -0.2	112	890	1860	209	178	184	3.5	1.0	2.5	4.5
	15.2		165	1295	1820	300	255	264	3.5	1.0	2.5	4.5
	18.0		223	1750	1700	380	323	334	3.5	1.0	2.5	4.5

استاندارد BS ۵۸۹۶

سیم

مطابق استاندارد آمریکایی ASTM A۴۲۱سیمهای پیش تنیدگی در رده های ۲۳۵، ۲۴۰ و ۲۵۰ با مقاومت نهایی ۱۶۲۰، ۱۶۵۵ و ۱۷۲۵ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع در دو نوع BAو WAتولید می شوند. در نوع اول برای نگهداری سیمها از مهارهای انتهایی دکمه ای و در نوع دوم از مهارهای انتهایی به همراه گوه استفاده می شود. سیمها نیز مشابه کابل در دو دسته تنش زدایی شده و با وادادگی کم تحت عملیات اصلاحی قرار می گیرند. سیمهای پیش تنیدگی عموماً در قطرهای ۴/۸۸، ۴/۹۸، ۶/۳۵ و ۷/۰۱ میلیمتری تولید می شوند و بسته به کاربرد، بصورت تکی و یا چند رشته ای از آنها استفاده می شود.

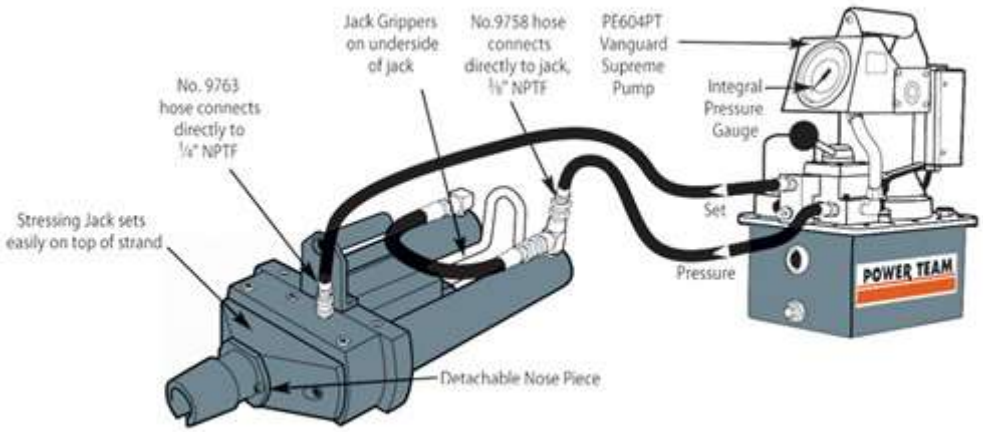
میلگرد

میلگردهای پیش تنیدگی مطابق استاندارد آمریکایی ASTM A۷۲۲در رده ۱۵۰ با مقاومت نهایی ۱۰۳۵ کیلوگرم در هر سانتیمتر مربع تولید می شوند. این میلگردها در دو نوع تیپ Iو تیپ IIبصورت ساده و آجدار موجود هستند. میلگردهای تیپ Iدر شش سایز ۱۹، ۲۲، ۲۵، ۲۹، ۳۲ و ۳۵ میلیمتری استفاده می شوند. میلگردهای تیپ IIنیز در سایزهای ۱۵، ۲۰، ۲۶، ۳۲، ۳۶، ۴۰ و ۶۵ میلیمتری با شکل آجهای مختلف مورد استفاده هستند. میلگردهای پیش تنیدگی نیز مشابه کابلها و سیمهای پیش تنیدگی بوسیله جکهای هیدرولیکی کشیده شده و به صفحات مهاری انتهایی و مهره مهار می شوند.

جک و پمپ

در سیستم های پس کشیده و پیش کشیده برای کشش فولاد پیش تنیده از جک و پمپ استفاده می شود. در قطعات پس کشیده جک ها به روی بتن سخت شده قرار می گیرند تا با استفاده از عکس العمل ایجاد شده فولاد را تحت کشش قرار دهند .در سیستم های پیش کشیده جک ها روی قالب یا دیواره دور قالب قرار گرفته و به آنها تکیه می کنند. به علت سادگی در نحوه ی استفاده، جک های هیدرولیکی کاربرد بیشتری نسبت به جک های دستی یا جک های برقی دارند. معمولاً از جک های دستی زمانی استفاده می شود که مقدار کمی نیروی پیش تنیدگی مورد نیاز است.

جک ها معمولاً از یک یا دو پیستون تشکیل شده که به یک پمپ هیدرولیکی و شیر کنترل کننده متصل شده اند. بازوها دارای ظرفیت های متفاوتی در محدوده ۳ الی ۱۰۰۰ تن هستند.



جک و پمپ

مهار انتهایی

مهار شدن فولاد پیش تنیدگی داخل قطعه بتنی معمولاً به یکی از زوشهای زیر صورت می گیرد:

- **مهار کردن با تکیه بر عملکرد گوه و اتصال اصطکاکی آن به کابل**
- **پرچ کردن انکوریج به انتهای کابل(مهارهای دکمه ای)**
- **پیازی کردن یا افشان کردن کابل داخل بتنی (بدون نیاز مهار انتهایی)**

سیستم های مهار انتهایی زیادی بر اساس روش اول و دوم یا بر مبنای عملکرد گوه ای یا مهارهای دکمه ای گسترش پیدا کرده اند.در مورد مزایای هر کدام از این سیستم ها نسبت به همدیگر، بیش از توجه به اصول حاکم بر عملکرد آنها باید به شکل کاربردی آنها توجه نمود.روش سوم علی رغم عدم استفاده از مهار انتهایی و مزایای قابل توجه در قیاس با سایر روشها،کاربرد زیادی پیدا نکرده است.در میان سه نوع مهاری اشاره شده،مهارهایی که بر عملکرد گوه ای استوار هستند توسعه بیشتری پیدا کرده اند.در این نوع مهار انتهایی، قطعه مخروطی شکلی وجود دارد که کابل یا کابل ها از داخل آن عبور کرده و در انتها به صفحه ای متکی بر مخروط ختم می شوند. کابل ها روی این صفحه توسط گوه هایی مهار می شوند که شکل مخروطی و شیار داخلی آنها باعث نگه داشتن کابلها می شود. قطعه مخروطی شکل مهار انتهایی داخل قطعه ی بتنی مدفون می شود. معمولاً موقعیت قرارگیری مهار انتهایی لبه قطعه ی بتنی یا در صورت نیاز کمی عقب تر خواهد بود.این مکانیزم سبب انتقال نیروی پیش تنیدگی به قطعه ی بتنی

خواهد شد.

انکوریج

گوه

پاکت فرمر

•روشهای پیش تنیدگی:

۱- بتن پیش تنیده پیش کشیده (Pre-tensioned concrete) :

بتن پیش کشیده بتنی است که کابل های پیش تنیدگی آن قبل از ریختن بتن کشیده شده باشند . در بتن پیش کشیده کابل های داخل بتن به بتن چسبیده اند و در واقع کابل بدون غلاف داخل بتن جای می گیرد و بعد از اینکه بتن به مقاومت مشخصه رسید ، کابل ها را از تکیه گاههای دو طرف آزاد کرده و قسمت اضافی بیرون مانده از بتن را قطع می نمایند . تمام نیروی پیش تنیدگی به طور کامل در طولی از کابل به بتن منتقل می شود که این طول انتقال ، بستگی به نوع سطح فولاد ، شکل مقطع و قطر آن دارد . همچنین مقاومت بتن نیز در آن موثر می باشد همانند تولید شمع ها و تیرهای پیش ساخته .

برای جلوگیری از وارد شدن ضربه به بتن در موقع انتقال نیروی پیش تنیدگی ، باید این نیرو به طور آرام و تدریجی به بتن منتقل شود . همچنین قطعه بتنی باید بتواند به راحتی در روی بستر خود بلغزد تا جلوی به وجود آمدن نیروهای داخلی در اثر اصطکاک گرفته شود .

یکی از خاصیت های مهم بتن پیش کشیده این است که می توان چندین عضو یک شکل را در آن واحد بین دو تکیه گاه ریخته و پس از گرفتن بتن با قطع کردن کابل های مشترک ، آنها را از هم جدا کرد . این کار از نظر اقتصادی بسیار مقرون به صرفه می باشد ، زیرا عمل کشیدن کابل ها برای تمام عضوها فقط یکبار انجام می شود همانند تولید قطعات پیش ساخته Hallow-core که مراحل تولید به شکل زیر می باشد .

۲- بتن پیش تنیده پس کشیده (Post-tensioned concrete) :

اگر فولاد پیش تنیدگی را بعد از گرفتن و سفت شدن بتن بکشند ، بتن را اصطلاحاً بتن پس کشیده می نامند . نیروی پیش تنیدگی توسط گیره های (anchorages) دو انتهای سازه از کابل به بتن منتقل می گردد . فولاد پیش تنیدگی نباید قبل از کشیدن به بتن چسبیده باشد ، در غیر این صورت امکان کشیدن آن وجود نخواهد داشت . فولادهای پیش تنیدگی را باید در داخل غلاف ها یا مجراهایی که در داخل بتن یا خارج از آن تعبیه شده است ، قرار داد .

کابل های پیش تنیدگی را می توان قبل و یا بعد از بتن ریزی در داخل غلاف ها کار گذاشت . کابل ها به صورت یکی یکی به وسیله دستگاه کابل ردکن (strand pusher) و یا به طور دسته ای بوسیله نیروی انسانی در داخل غلاف کار گذاشته می شود .

●انواع بتن پیش تنیده پس کشیده

۱) با روش چسبنده (Bonded)

بعد از پایان عملیات کشش کابل ها ، برای جلوگیری از زنگ زدن کابل ها ، دوغاب سیمان به داخل غلاف ها تزریق می شود تا فاصله بین کابل و غلاف را پر کند . در این حالت چون کابل توسط دوغاب به غلاف و در نتیجه به بتن می چسبد ، اصطلاحاً این روش را چسبنده (Bonded) می نامند .

پل صندوقه ای به وسیله دستگاه شاریو

پل صندوقه ای درجا ریز

تیر پس کشیده

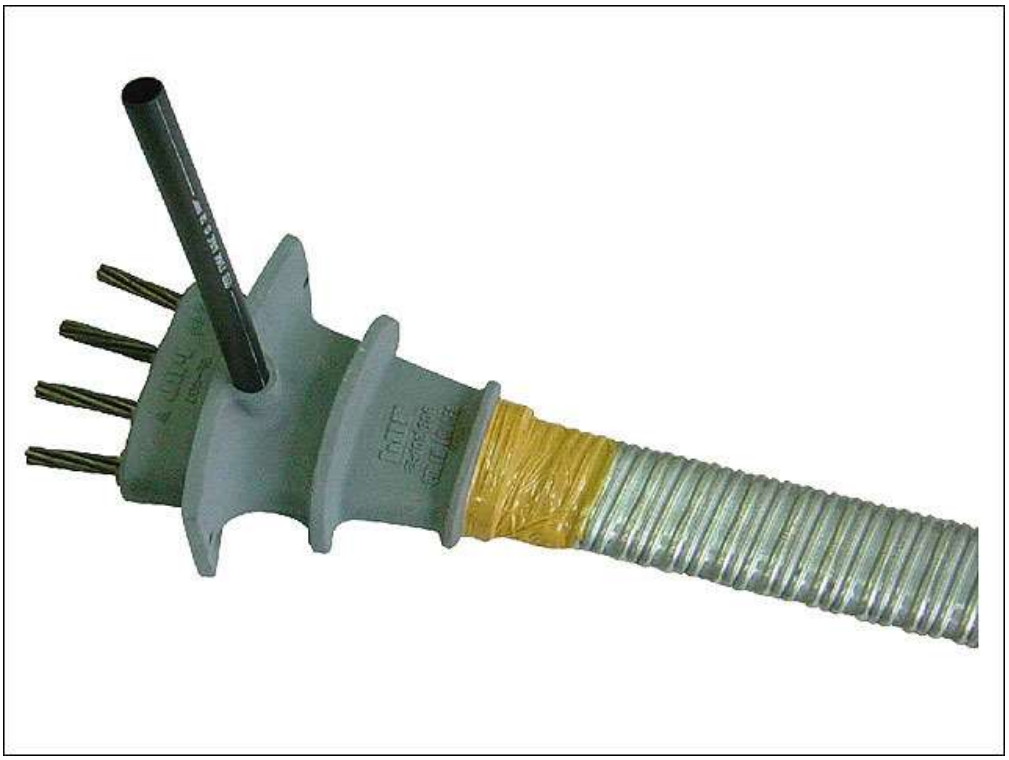
سقف ساختمان پس کشیده

گروت تزریق شده داخل گیره

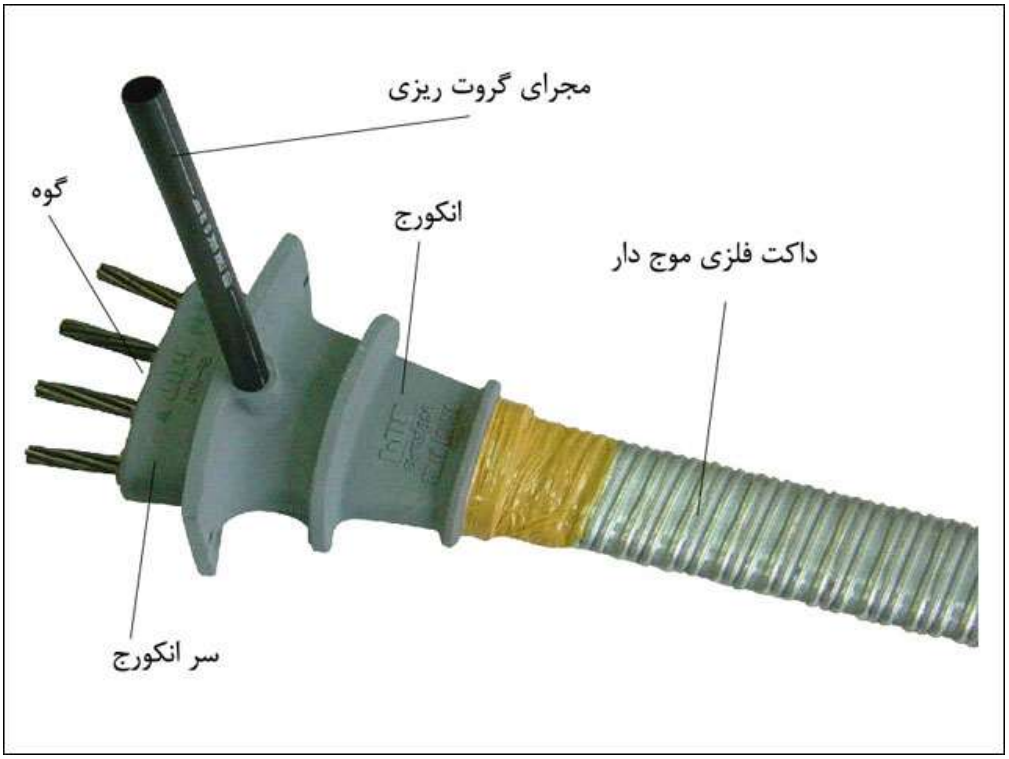
شرح تصویری وسایل پیش تنیدگی:

به منظور آشنایی بهتر ودرک صحیح از سیستم پس کشیده یکسری تصاویر از وسایل پیش تنیدگی در این قسمت نشان داده شده است.

کابلهای پیش تنیدگی غلاف فلزیادوات پس کشیدگی.



کابل گریس کاری شده
با غلاف PE
انکورج
گوه


مجرای گروت ریزی
گوه
انکورج
داکت فلزی موج دار
سر انکورج

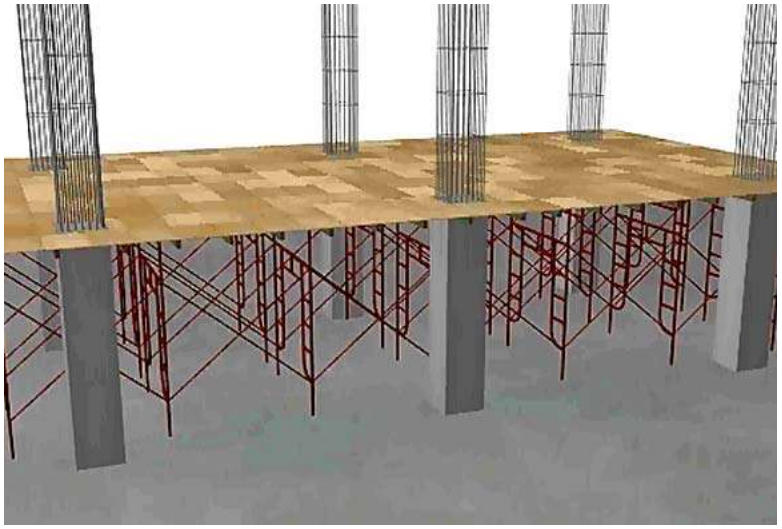
۲) با روش غیر چسبنده (Unbonded)

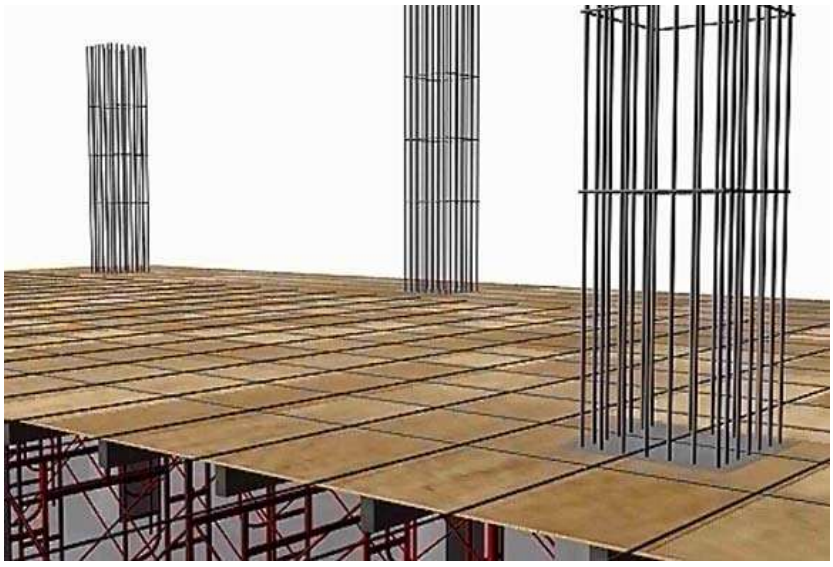
گاهی اوقات به دلائل خاصی از جمله ایجاد انعطاف پذیری بیشتر سازه جهت مقاومت بهتر در مقابل زلزله ، ممکن است دوغاب به داخل غلاف تزریق نکنند . در چنین حالاتی چون هیچ نوع چسبندگی بین کابل و غلاف وجود ندارد ، این روش را غیر چسبنده (unbonded) می نامند . در چنین مواقعی برای جلوگیری از زنگ زدن کابل ، داخل غلاف و دور کابل را پر از گیریس می کنند . بعضی از کارخانه های کابل سازی ، کابل هایی تولید می کنند که در داخل لوله های پلاستیک پر از گریس قرار دارد . این نوع کابل های فاقد چسبندگی را می توان مستقیماً در داخل

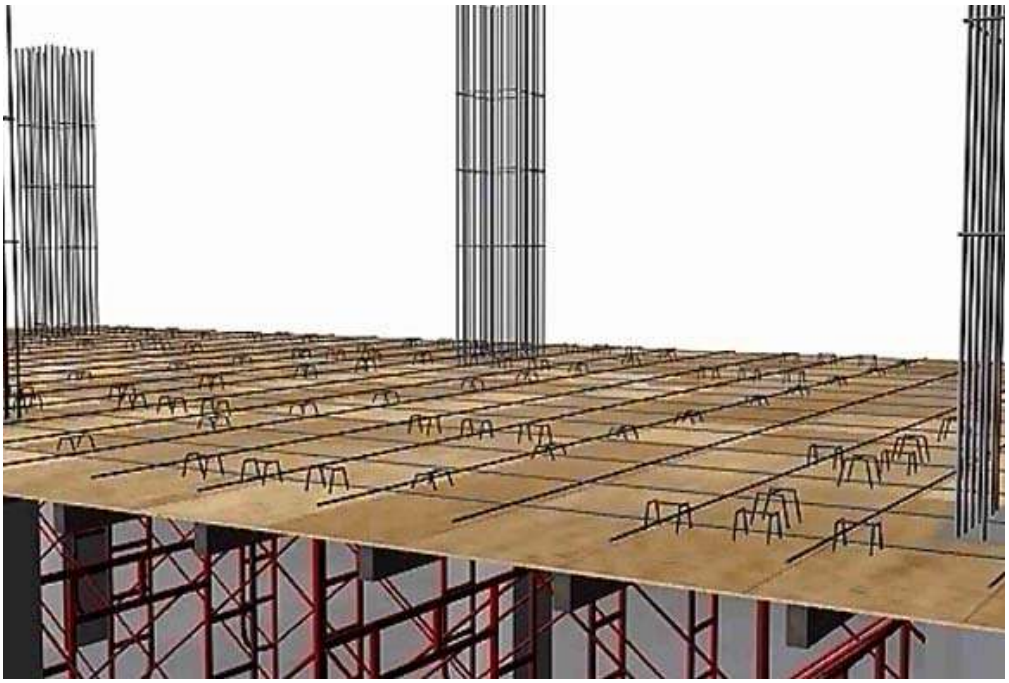
بتن کار گذاشت و بعد از کسب مقاومت از بتن ، کابل ها را کشید که گریس مانع از چسبیدن کابل به غلاف پلاستیکی و در نتیجه به بتن می شود .

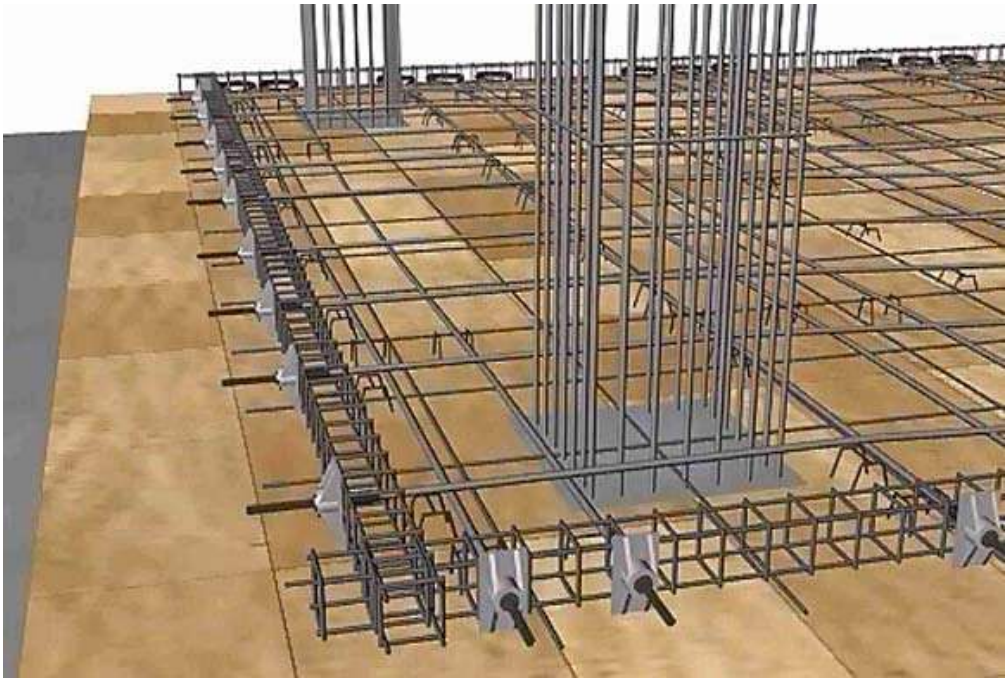
در روش غیر چسبنده اگر به دلائلی کابل از داخل گیره ها در برود و یا از هر نقطه پاره شود ، نیروی پیش تنیدگی در آن مقطع از بین می رود .

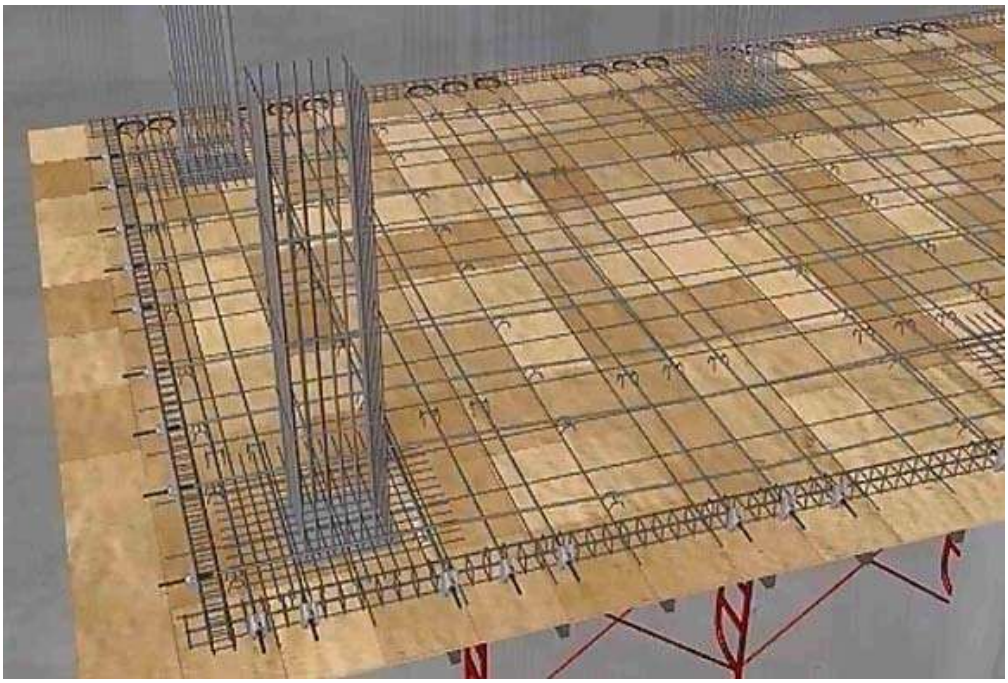
اصولاً مقاومت نهایی بتن پس کشیده چسبنده خیلی بیشتر از مقاومت نهایی بتن پس کشیده غیر چسبنده مشابه می باشد .

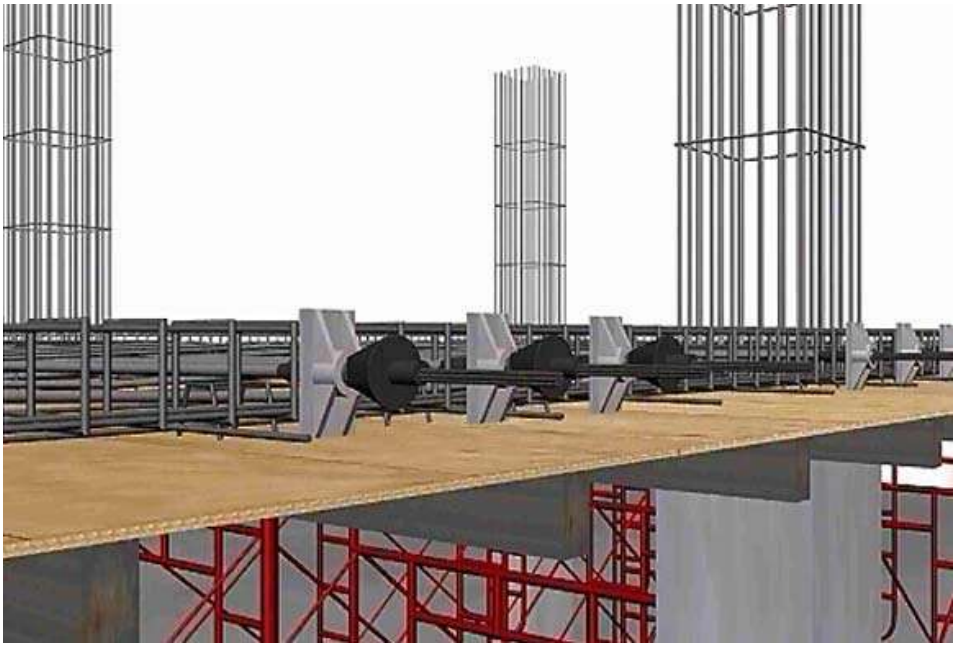


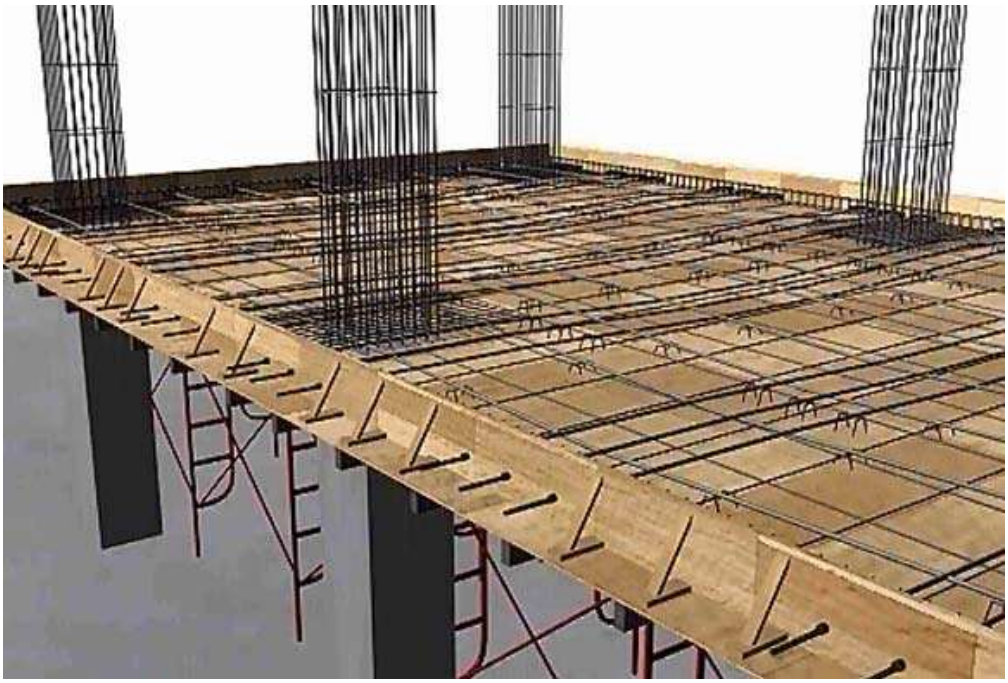


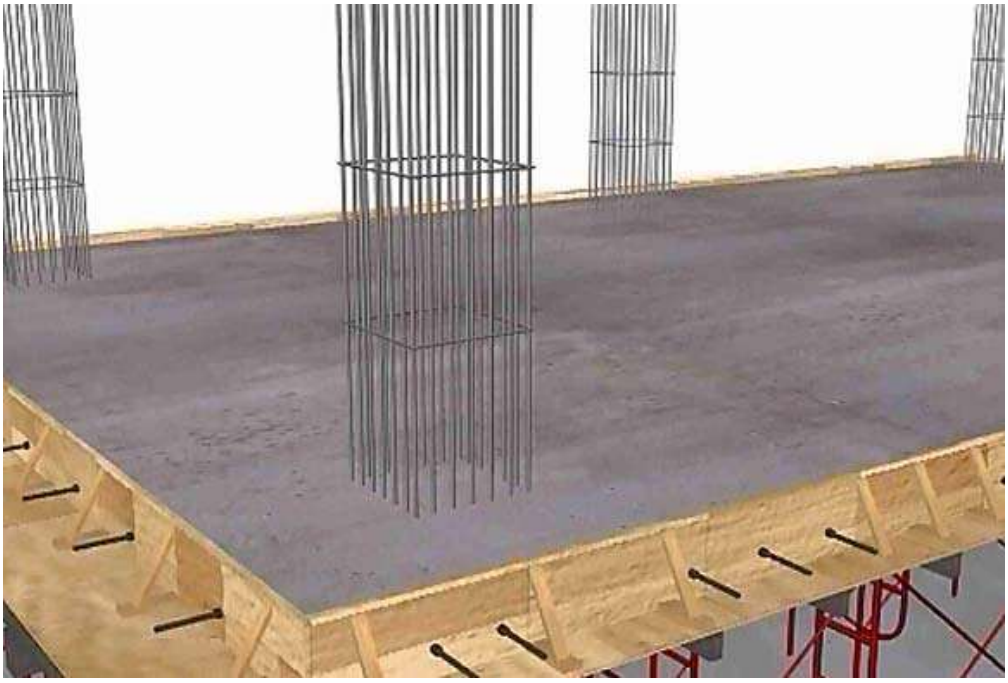


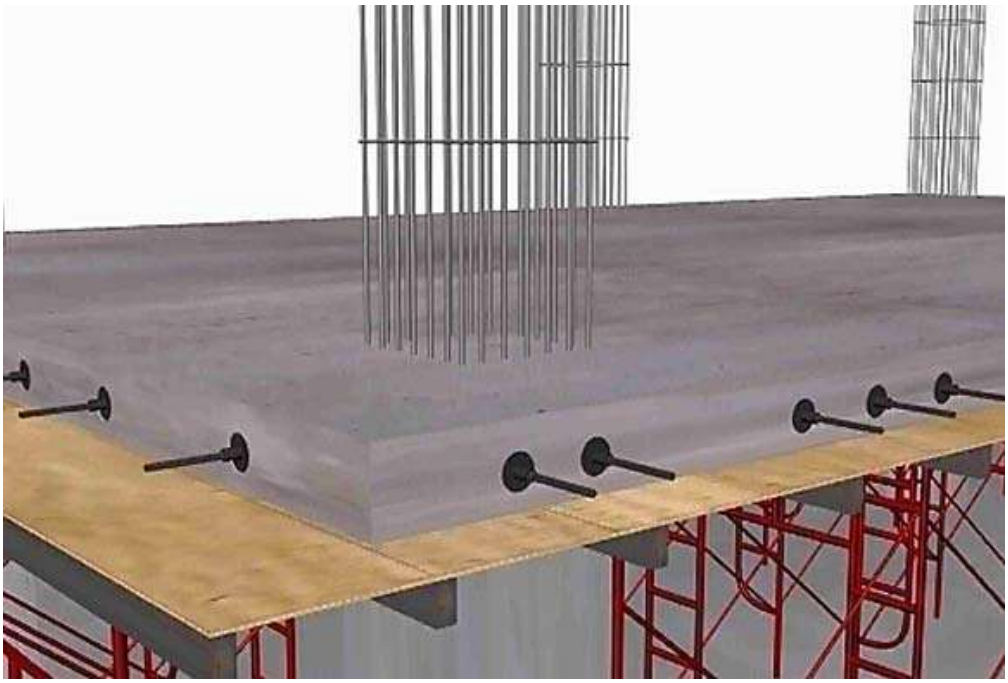


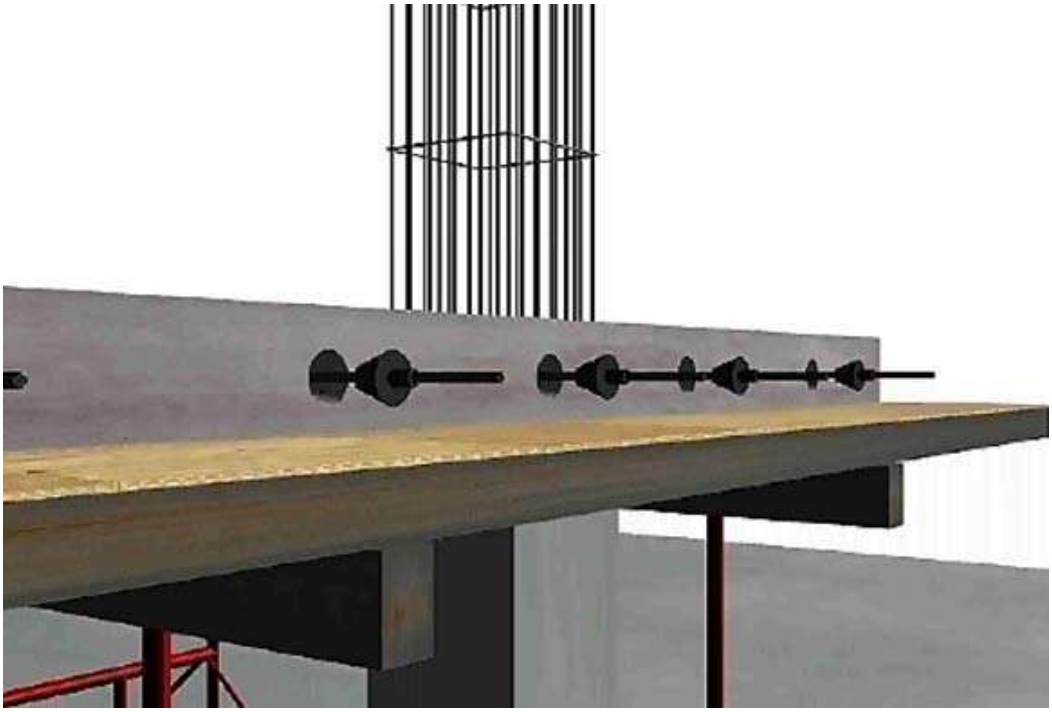


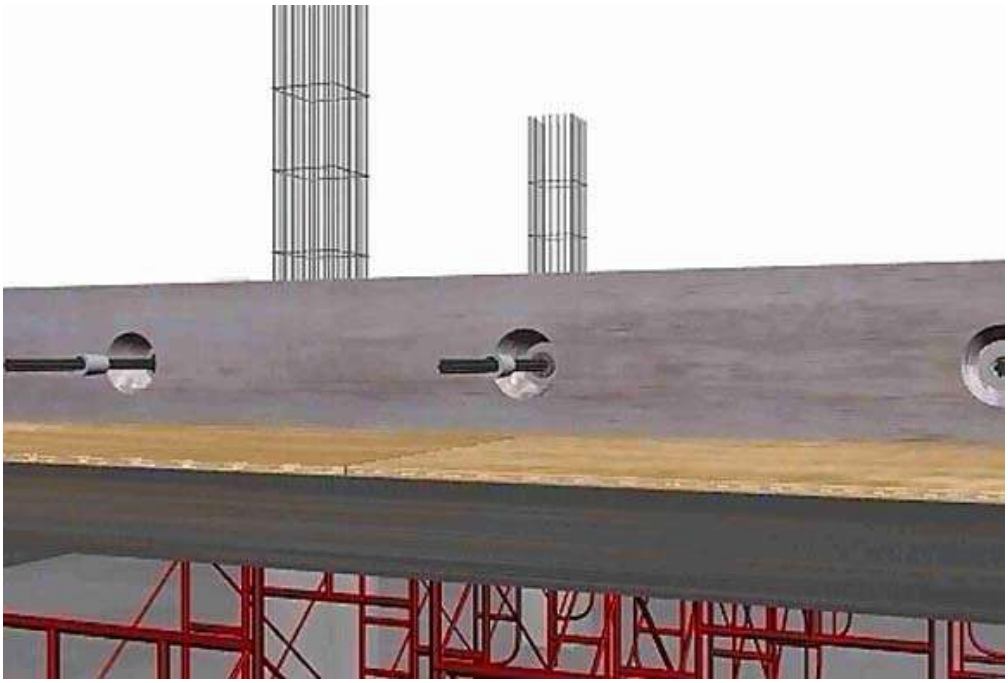


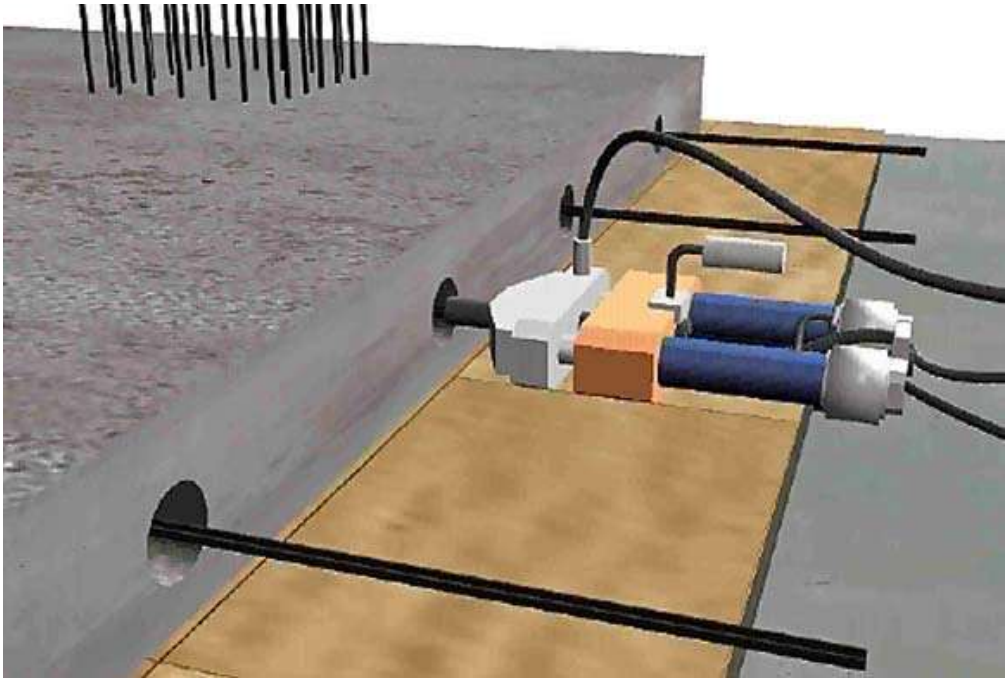


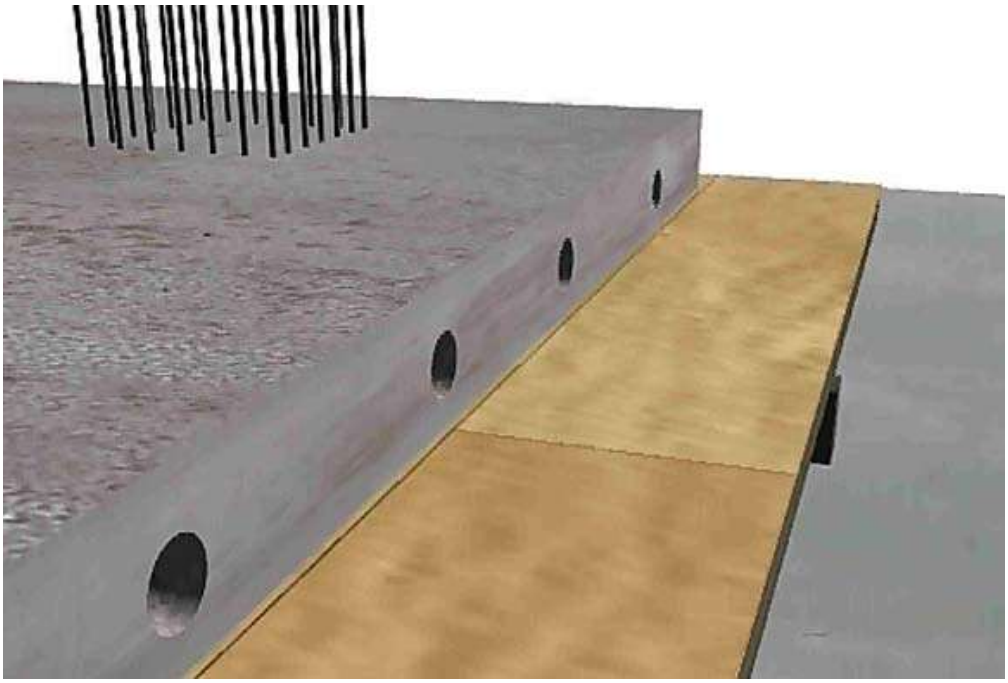


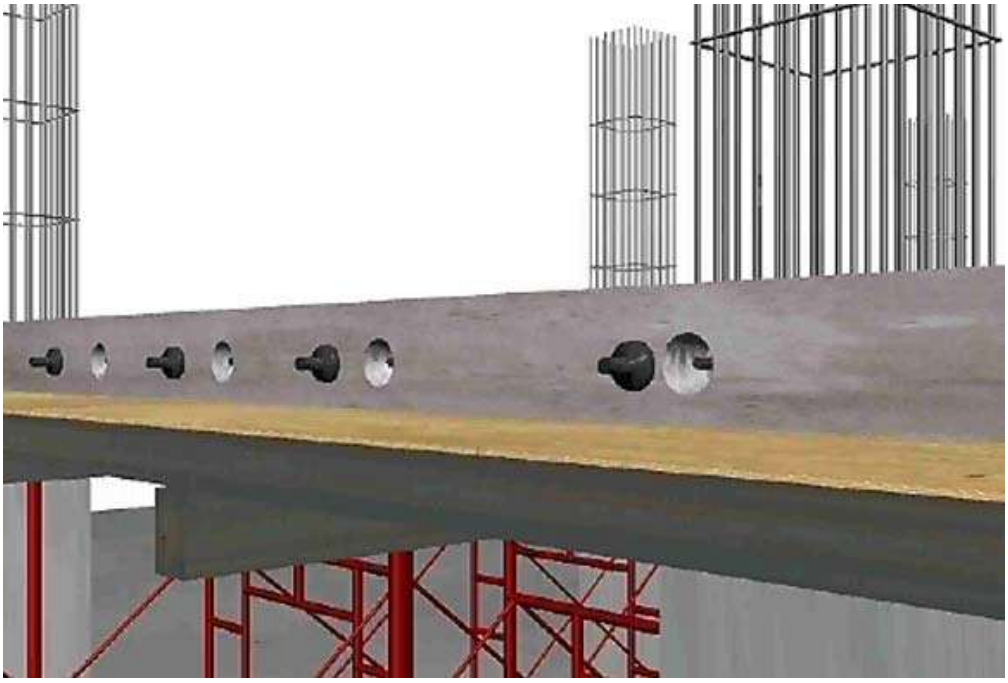


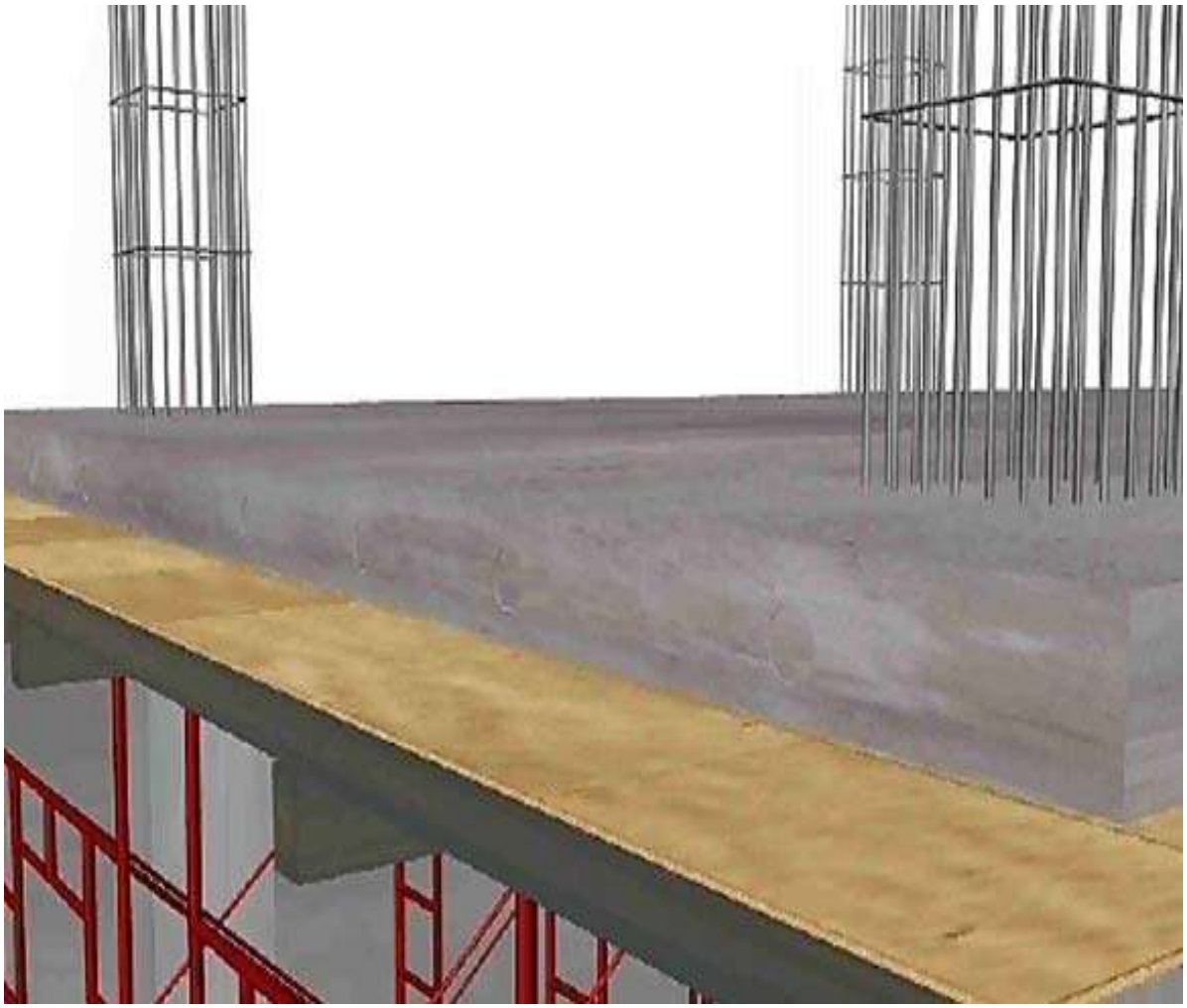










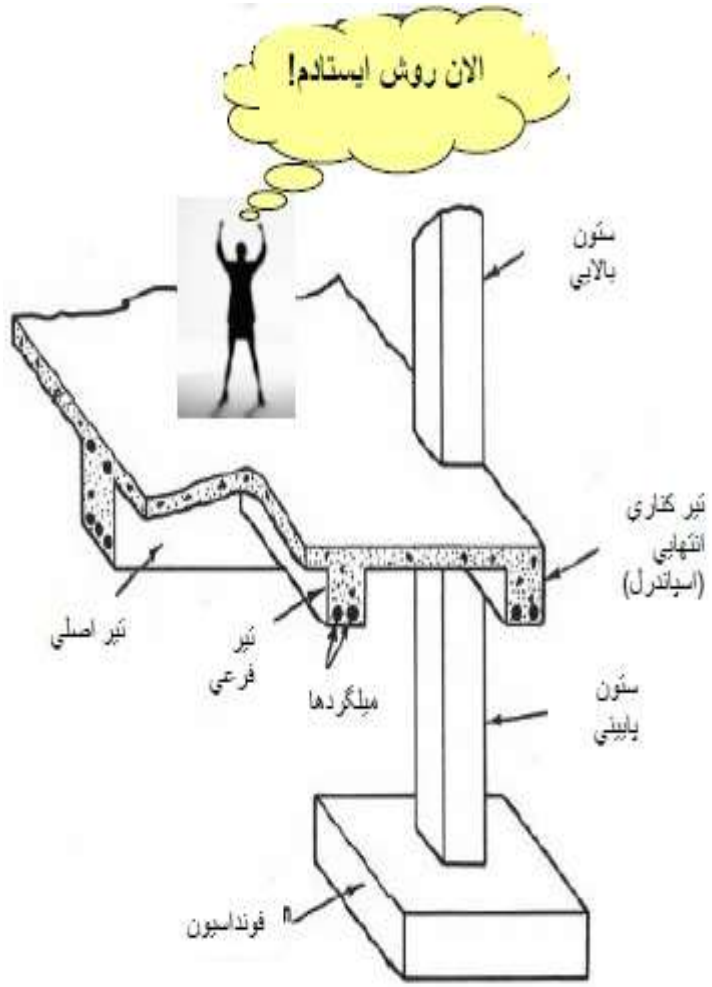


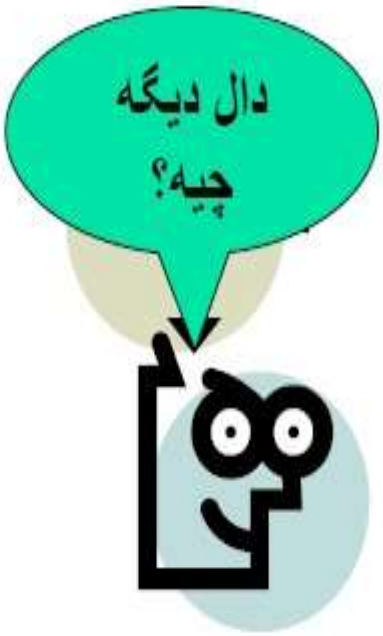
سقف ساختمان های پس کشیده به روش Unbonded

سقف ساختمان های پس کشیده به روش Unbonded

۱۵.سقف دال بتنی

این نوع سقف بدلیل وزن بالای آن و سرعت اجرای پایین و همچنین هزینه ی بیشتری که دارد کمتر مورد استفاده قرارمیگیرد.اما با این وجود برخی از مهندسین طراح اعتقاد بیشتری به سقف دال دارند و درطراحی های خود از این سقف استفاده میکنند. در برخی ساختمانها که از اهمیت بالایی برخوردارند.مثل ساختمانهای واقع در در نیروگاهها یا مراکز صنعتی بزرگ از سیستم سقف دال بتنی استفاده می شود. اجزای تشکیل دهند. این سقف آرماتور وبتن است.آنچه که درمورد سقف دال بتنی لازم به ذکر است اینست که دال اصولا به دودسته ی دال یک طرفه ودو طرفه تقسیم میشود و تفاوت این دونوع دال درمقدار وجهت قرارگیری آرماتورهای آنهاست. عاملی که باعث تمایز دال یک طرفه از دال دوطرفه می شود نسبت اندازه طول به عرض آن است. بدین ترتیب که هرگاه نسبت طول به عرض دال از عدد ۲ کمتر باشد این دال یک طرفه و درغیر این صورت دوطرفه درنظر گرفته شده وبرهمین اساس طراحی میشوند. دال یک طرفه فقط درجهت طولی و دال دو طرفه درهر دو جهت نیاز به آرماتور خمشی دارد.دالها در اسکلت بتنی بصورت درجا اجرا می شوند بدین ترتیب که با قالب بندی کل سطح سقف یک عرشه موقت ایجاد میکنند و سپس آرماتوربندی کرده و بتن ریزی میکنند و قالبهامی بایست تا گیرش حداقل بتن در جای خود باقی بمانند و به هیچ وجه نباید زودتر از موعد باز می شوند. در اسکلتهای فلزی نیز دال ها بصورت پیش ساخته استفاده می شوند .بدین ترتیب که با اندازه گیری دقیق تیرریزی موجود ، دال های نواری را طبق همین اندازه ها در کارخانه ساخته و سپس به محل پروژه حمل و در تراز مورد نظر نصب میکنند. این دال های پیش ساخته یا به صورت پیش تنیده و یا بصورت عادی ساخته میشوند.


الان روش ایستادم!
ستون بالایی
تیر کناری انتهایی (اسپاندرل)
تیر اصلی
تیر فرعی
میلگردها
ستون پایینی
فونداسیون


دال دیگه چیه؟

۱- دال یکطرفه
۲- دال دو طرفه

دال بتنی

یکی از اصیل ترین نوع سقف ها است. با توجه به اینکه ضخامت دال به ابعاد دهانه بستگی دارد، می توان با اصلاح هندسه و تغییر در فرم دال، ضخامت را کاهش و دال را سبک نمود.

انواع دال ها از نظر پیش ساختگی

- دال درجا
- دال پیش ساخته
- پیش دال (Pre Slab)

پیش دال (Pre Slab)

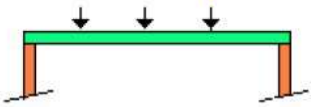
دال پیش ساخته

دال درجا

دال چیست؟

يك دال بتوني يك عضو صفحه اي لاغر است.

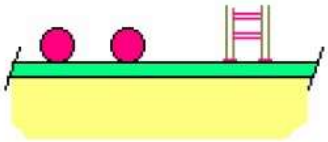
دال هاي آويخته



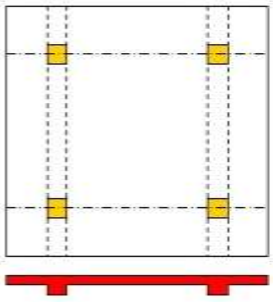
-بارها را توسط عمل خمشی منتقل مي كنند.
-فضاي بالايي و پاييني را از هم جدا مي كند.

دال روي زمين

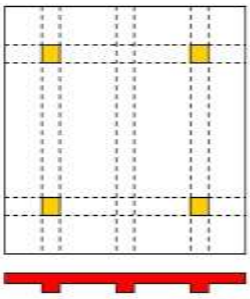
-بارهای متمرکز را به تکیه گاهي مثل زمين پخش می نماید.
-يك سطح براي كار كردن به وجود مي آورد و زمين را محفوظ مي كند.



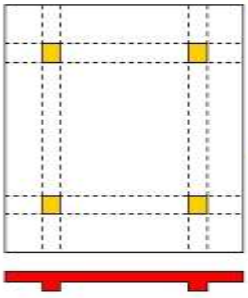
انواع دال



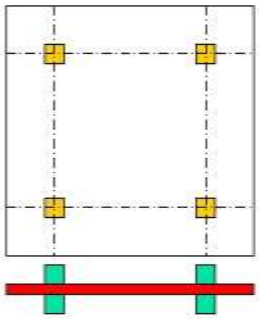
دال يكطرفه



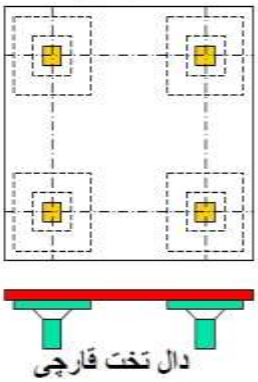
دال يكطرفه



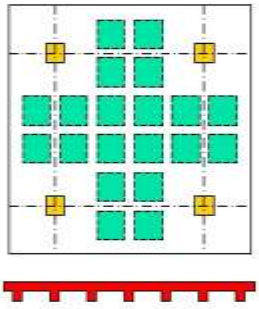
دال دوطرفه



دال تحت

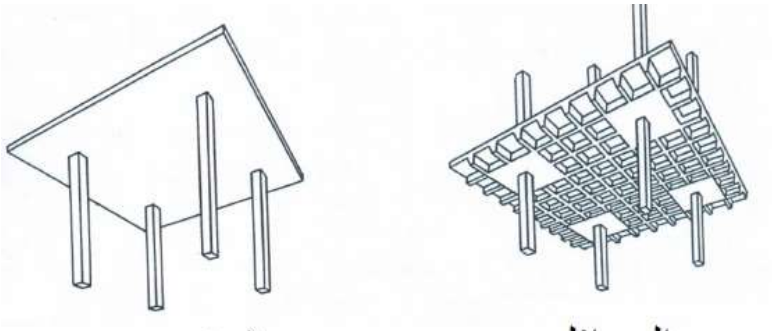


دال تخت قارچی



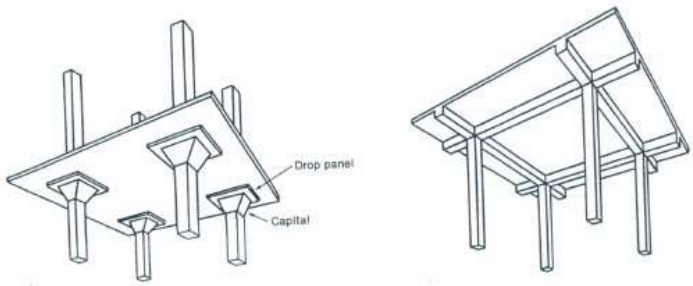
دال وافل

نمای سه بعدی دالها



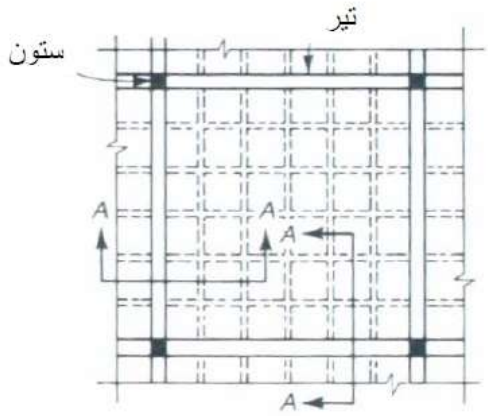
دال تخت

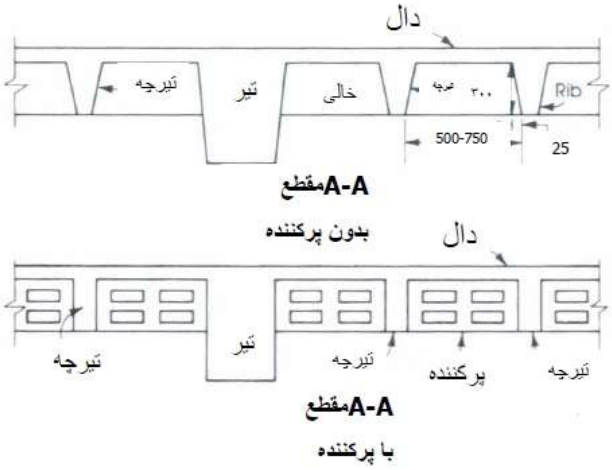
دال وافل



دال تخت قارچی

دال با تیر تکیه گاهی



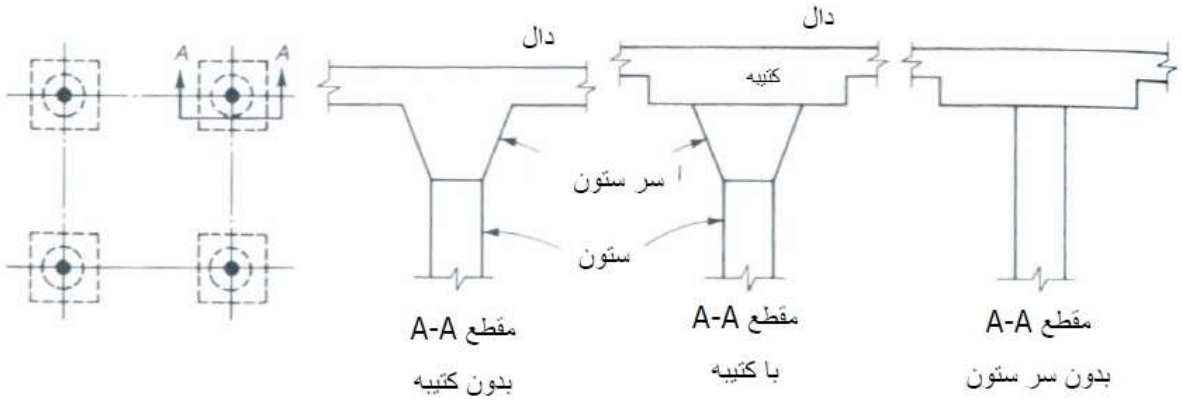


دال دوطرفه تیرچه بلوک " وافل" (با پرکننده و بدون پرکننده)

- ✓ ضخامت دال معمولاً ۵ تا ۱۰ سانتیمتراست
- ✓ در دالهای بدون تیر بیشتر استفاده می گردد

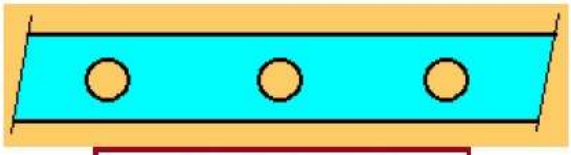
اتصال دال تخت به ستون

این اتصال توسط سرستون، کتیبه و یا هردو انجام می گردد.

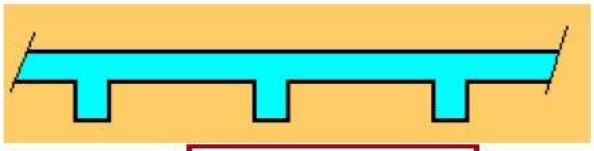


یک دال آویخته ممکن است :

دال توپر



دال هسته تو خالي



دال تیرچه ای

دلایل انتخاب سیستم دال ها:

اقتصاد ساخت

- دال هاي تخت معمولا كمترين تلاش را براي اجرا كردن قالبها لازم دارند و كمترين هزينه را براي كارگر در بر دارند.
- در جا هايي كه مزد كارگر زياد است به ندرت دال هاي دو طرفه استفاده مي شود
- حتي سازندگان محلي نيز قادر به اداره روند ساخت دال تخت هستند.
- دال هاي وافل از يك فرم استاندارد قالب تبعيت مي كنند.

قابلیت سرویس دادن

- معمولا در دال هاي بدون تير كنترل تغيير شكل ها دشوار می باشد.
- اين تغيير شكل ها را مي توان با اضافه كردن سر ستون ها يا تير ها كنترل نمود.
- براي كم كردن اين تغيير شكل ها مي توان از دال هاي دو طرفه استفاده كرد.
- ترك ها ي ناشي از لنگر منفي ممكن است در دال هاي تخت ايجاد مشكل كنند.

قابلیت انتقال یا جذب بار

- ✓ دال هاي تخت بدون سرستون براي دهانه كوچكتر از ۶ متر براي مناطق مسكوني و مناطق تجاري سبك.
- ✓ دال هاي تخت سر ستون دار داراي دهانه هاي كوچكتر از ۶ متر و بار زنده بزرگتر از ۵۰۰ براي انبارهاي كالا، پاركينگ ها و گاراژ ها.
- ✓ دال هاي وافل براي دهانه هاي تا ۹ متر.
- ✓ در دال هاي بدون تير اگر نيروهاي جانبي به قاب ها بجای بادبند و يا ديوارهاي برشي وارد شود ايجاد مشكل مي كند.

اقتصاد مصالح

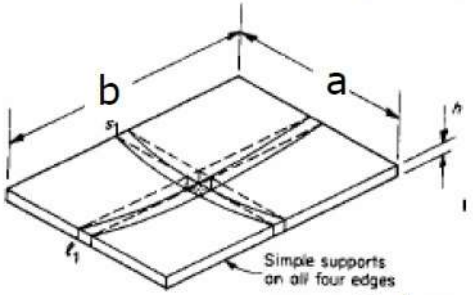
- ✓ دال هاي دو طرفه و دال هاي وافل به فولاد كمتري نياز دارند.
- ✓ با شبكه شبكه كردن دال هاي وافل مقدار بتن مورد نيا ز كاهش يافته و وزن نيز كاهش مي يابد.
- ✓ دال هاي با هسته تو خالي در مناطقي كه قيمت فولاد و سيمان به نسبت كارگر خيلي بيشتر است ساخته مي شود.

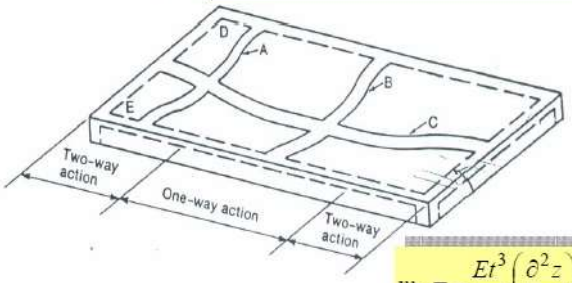
نکات خاص

- ✓ وجود تیرها یا سرستون ها ممکن است مورد اعتراض معماران باشد
- ✓ کاربرد دالهای تخت ارتفاع مفید طبقه را افزایش می دهد. به اضای هر ۱۲ طبقه یک طبقه صرفه جویی می شود.
- ✓ وقتي از دال هاي بدون تير استفاده مي كنيم ستون ها را هر جا بخواهيم مي گذاريم.

مقایسه رفتار دال یکطرفه و دو طرفه

- دال یکطرفه بار را در یک جهت منتقل می کند
- دال دوطرفه بار را دردو جهت منتقل می کند





$$m_x = -\frac{Et^3}{12}\left(\frac{\partial^2 z}{\partial x^2}\right)$$
$$m_y = -\frac{Et^3}{12}\left(\frac{\partial^2 z}{\partial y^2}\right)$$
$$m_{xy} = -\frac{Et^3}{12}\left(\frac{\partial^2 z}{\partial x \partial y}\right)$$

w_s = بار منتقل شده در جهت کوتاه

w_l = بار منتقل شده در جهت بلند

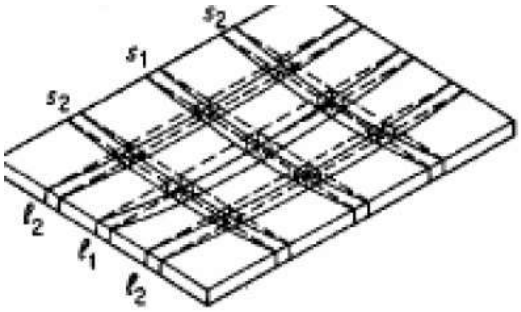
$$\frac{5w_s a^4}{384EI} = \frac{5w_l b^4}{384EI}$$

$$\delta_A = \delta_B$$

$$\frac{w_s}{w_l} = \frac{b^4}{a^4} \quad \text{For } b = 2a \Rightarrow w_s = 16w_l$$

قانون سرانگشتی: اگر نسبت b/a>2 باشد، دال دارای رفتار یکطرفه است

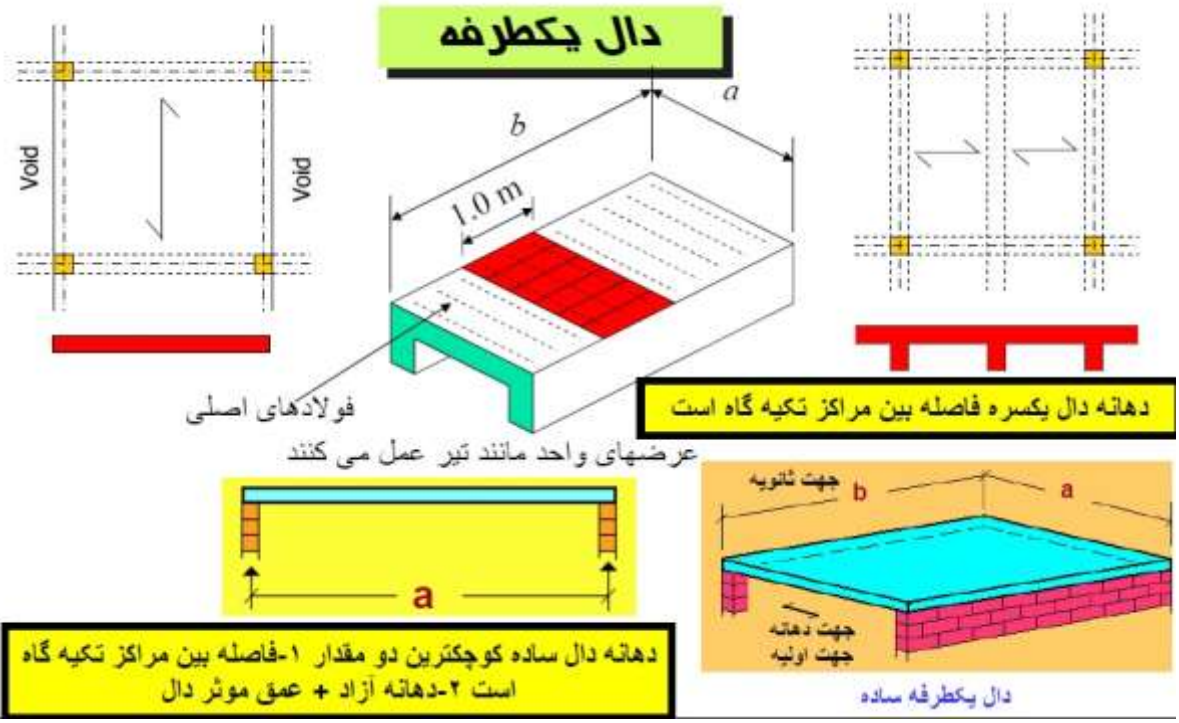
اثر لنگر پیچشی



چنانچه تلاقی نوارهای S2 و l2 را در نظر بگیریم. بعلت تغیر شکل طولی هر یک از نوارها سبب ایجاد لنگرها و تنشهای پیچشی در نوار دیگر می گردد. این اثر بخصوص در گوشه دالها بسیار بیشتر از قسمتهای دیگر می باشد. لذا بارهای وارده نتنها توسط لنگر های خمشی منتقل می گردد بلکه قسمتی نیز توسط لنگرهای پیچشی تحمل می شود.لذا لنگرهای محاسباتی واقعی کمتر از لنگرهای محاسباتی توسط تبدیل دال به نوارهای متعامد است. بطور مثال لنگرهای خمشی وسط دهانه در یک دال مربع با تکیه گاههای ساده چنین است:

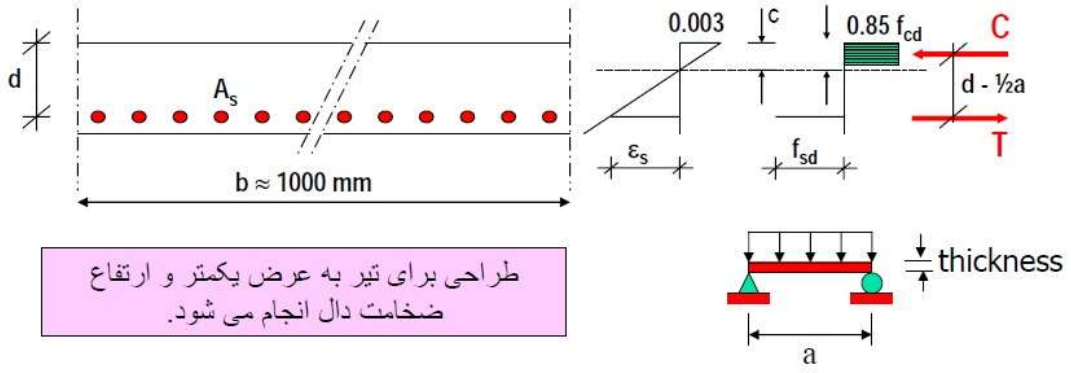
$Ma=Mb=(w/2)l^2/8 .=0.0625wl^2$

در حالیکه لنگر خمشی محاباتی بر اساس تئوری الاستیسیته معادل: $0.048wl^2$ می باشد. که کاهش ۲۵ درصدی فوق به علت وجود لنگرهای پیچشی ااست که در تئوری نواری نادیده گرفته شده است.



طراحی دال یکطرفه ساده

اگر بار طراحی w (kPa) باشد، نوار طراحی به عرض یکمتر را برای بار 1xw (kN/m) که لنگری معادل $wa^2/8$ را در وسط دهانه دال ساده فوق ایجاد می کند طراحی می گردد. این لنگر دارای واحد kNm/m است



طراحی برای تیر به عرض یکمتر و ارتفاع ضخامت دال انجام می شود.

مقدار فولاد A_{st} محاسبه شده و با انتخاب سایز میلگرد A_b فاصله آنها چنین محاسبه می گردد.

$$s = 1000\ A_b / A_{st}$$

فولاد افت و حرارت (در جهت بلند)

f_y<400 MPa ρ_{min}=.002

f_y=400 MPa ρ_{min}=.0018

f_y>400 MPa ρ_{min}=.0018x400/fy>.0015

$A_s = \rho_{min} A_g$

میلگردهاي اضافي فوق در جهتي گذاشته مي شود كه فولاد محاسباتي موجود نباشد.

در دالهاي باضخامت متعارف اين ميلگردها در يك سفره و چنانچه ضخامت زياد باشد در دو سفره بالا و پايين قرار مي گيرد

فولاد اصلی (جهت کوتاه)

A_s is of ϕ 6,8,10 mm

حداکثر فاصله : 3 h یا 35 cm

حداقل فاصله : 4/3 x قطر میلگرد اصلی یا 2.5 cm .ماکزیمم اندازه دانه

ضخامت حداقل برای کنترل خیز

طره ای	دو انتها پیوسطه	یکطرف پیوسطه	تکیه گاه ساده
a/10	a/28	a/24	a/20

انتخاب h بر اساس معیارهاي ذيل مي باشد:

۱-عدم نیازبه فولاد فشاري

۲-کنترل تغییر شکل

۳-کنترل برش

$s \le 3h$ or 350 mm

روش ضرایب (لنگر و برش در دالهای یکطرفه پیوسته)

ضوابط:

۱- دو یا بیش از دو دهانه وجود دارد.

۲- دهانه ها باید اندازه شان تقریبا مساوي باشد و طول دهانه بزرگتر نباید بیشتر از ۲۰ درصد از دهانه کوچکتر مجاور بزرگتر باشد.

۳- بارها باید به صورت یکنواخت توزیع شود.

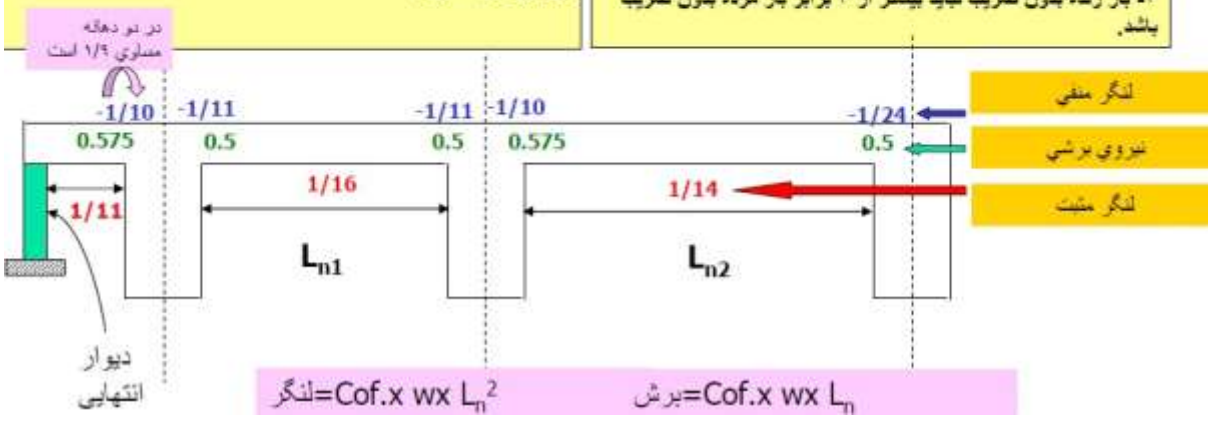
۴- بار زنده بدون ضریب نباید بیشتر از ۳ برابر بار مرده بدون ضریب باشد.

نکته:

براي محاسبه لنگر مثبت از طول آزاد همان دهانه استفاده کنید

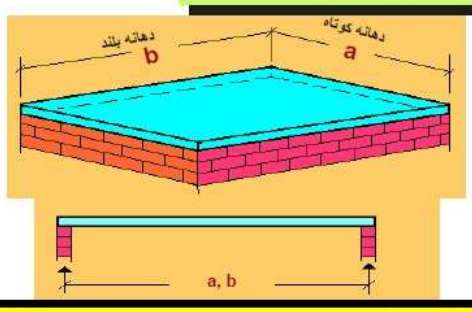
براي محاسبه لنگر منفي از متوسط طول آزاد دو دهانه مجاور استفاده کنید

چنانچه طول دهانه کمتر از ۳ متر باشد ضریب لنگرهاي منفي 1/12 خواهد بود.

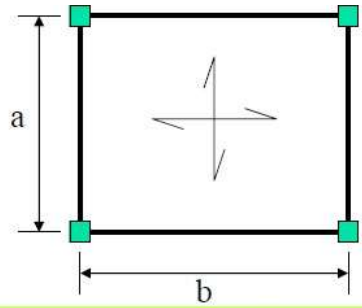


لنگر=Cof.x wx L_n^2 برش=Cof.x wx L_n

دال دوطرفه



دال دو طرفه بار را در دو جهت منتقل می کند و دو دهانه در تحمل بار سهیم می شوند



طراحی دال دو طرفه (b<2a)

حداقل ضخامت: h= 10 cm

محیط/140 = اگر یک ضلع یا بیشتر ساده باشد = 2(a+b)/140

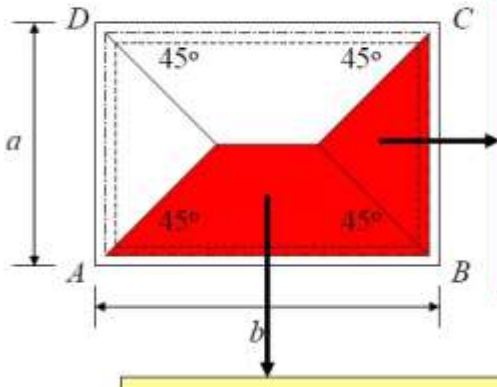
محیط/160 = 2(a+b)/160 اگر هر چهار ضلع پیوسته =

فولاد گذاری:

حداکثر فاصله: 3 t یا 35 cm

اندازه دانه 4/3 : حداقل فاصله برای فولاد اصلی 2.5 cm یا

بار به صورت دوطرفه به تیرهای طرفین منتقل می شود اگر $\alpha_1 l_2/l_1>1$



دهانه کوتاه (BC):

بار کف = w kg/sq.m

سطح متناظر = $a^2/4$ sq.m

بار روی تیر = $wa/4$ → $wa/3$ kg/m

دهانه بلند (AB): نسبت دهانه $m = a/b$

سطح متناظر = $ab/2 - a^2/4 = a^2(2-m)/(4m)$ sq.m

بار روی تیر = $wa(3-m^2)/6$ kg/m

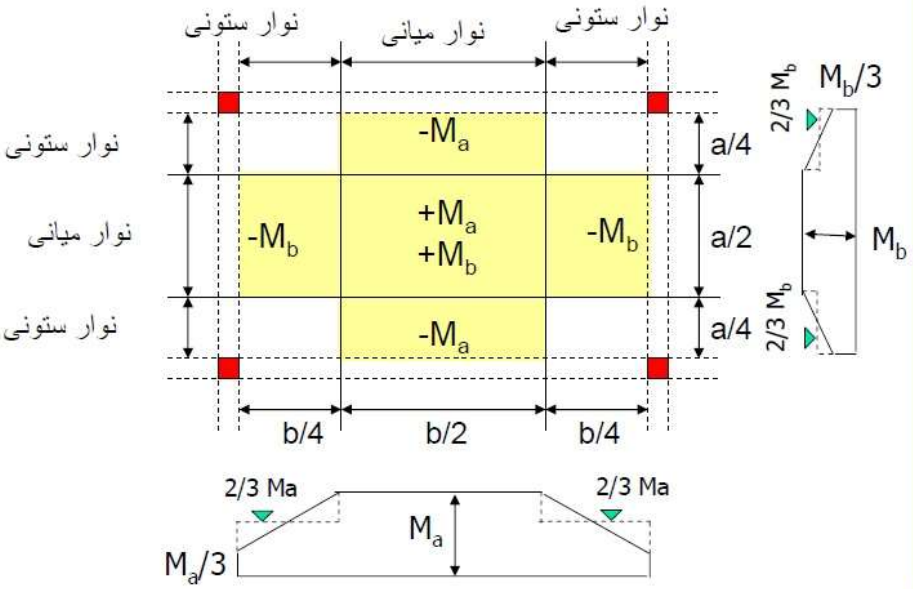
علاوه بر روش فوق می توان با استفاده از ضرایب جدول ۶-۱۰ تلاش برشی در دال و سهم باربری تیرها را بر اساس تقسیم بار کل چشمه W در دو امتداد a و b بدست آورد.

این برش به طور یکنواخت در طول تکیه گاههای دال تقسیم می شوند.

روش ضرایب

لنگر نوار میانی در واحد عرض: $M_M = c_a w a^2$ OR $c_b w b^2$

لنگر نوار ستونی در واحد عرض: $M_C = 2M_M/3$



بر اساس مود شکست لولايي دالها (باز پخش غير الاستيك لنگر ها)، وقتي لنگر حداكثر الاستيك به مقدار لنگر شكست مقطع دال رسيد؛ باز هم به مقاومت ادامه داده تا مود شكست كلي دال حاصل شود. بنابراين طراحي بر اساس حدكثر لنگر الاستيك غير اقتصادي مي باشد. لنگر هاي جدول ارائه شده همواره كمتر از لنگر هاي حداكثر الاستيك انتخاب شده اند.

الف) براي تعيين ضرايب لنگر منفي چنين فرض شده است كه در دو دهانه مجاور بطور كامل تحت بار مرده و زنده است.

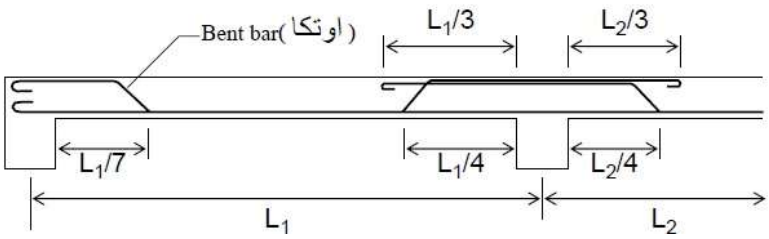
براي محاسبه ضرايب لنگر مثبت بسته به نوع بار نحوه مدل تحليلي متفاوت است.

۱-در صورتيكه بار مرده وارد شود چون در كليه دهانه ها وجود دارد لذا دوراني در تكيه گاهها وجود ندارد و تكيه گاهها گيردار است

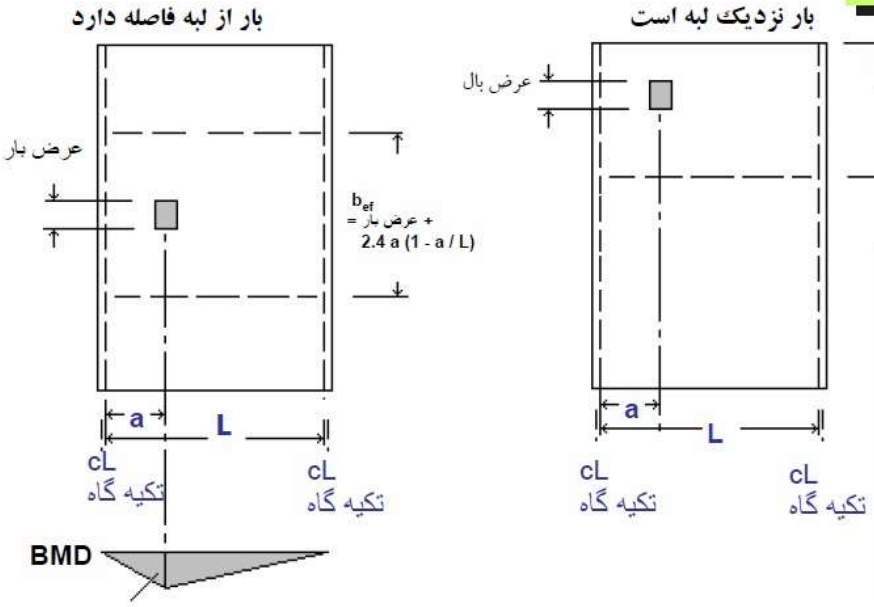
۲-در صورتيكه بار زنده وارد شود در دهانه فوق وارد شده و در دهانه هاي مجاور وجود ندارد (بارگذاري شطرنجي) لذا دوران در لبه هاي پيوسته وجود دارد (۵۰ درصد گيرداري)

ب) لنگر منفي در لبه غير پيوسته مساوي ۳/۴ لنگر مثبت دهانه در همان امتداد است.

جزئیات میلگرد گذاری در دال



بارهای متمرکز-اثر خمش



اعمال بار بر روی یک دال ابتداً سبب کاسه ای شدن آن در اطراف بار فوق می گردد و لذا پخش تغییر شکل فوق به اطراف باعث درگیر شدن عرض بیشتری از دال در تغییر شکل فوق می شود. عرض موثر b_{ef} چنین محاسبه می گردد.

$M_{max} = W\ a\ (L - a/L)$ عمل می کند b_{ef} بر عرض موثر

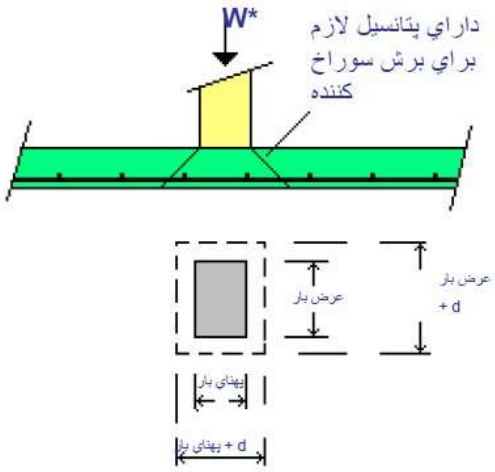
L=فاصله مرکز تا مرکز تکیه گاه

بارهاي متمرکز- برش سوراخ کننده

اگر بار متمرکز بزرگ و یا سطح اثر آن کوچک باشد، ممکن است که بار فوق اثرسوراخ کنندگی در دال داشته باشد. عمل خمشی باید همراه اثر فوق کنترل گردد.

b_0 محیط بحرانی

= 2*(عرض بار+d) + 2*(پهنای بار+d)



مقاومت در برابر برش سوراخ کننده در محیط بار:

$$V_c = 0.2\gamma\ \phi_c (f'_c)^{0.5}\ b_0\ d$$

γ= ضریبی که بستگی به ابعاد بار دارد

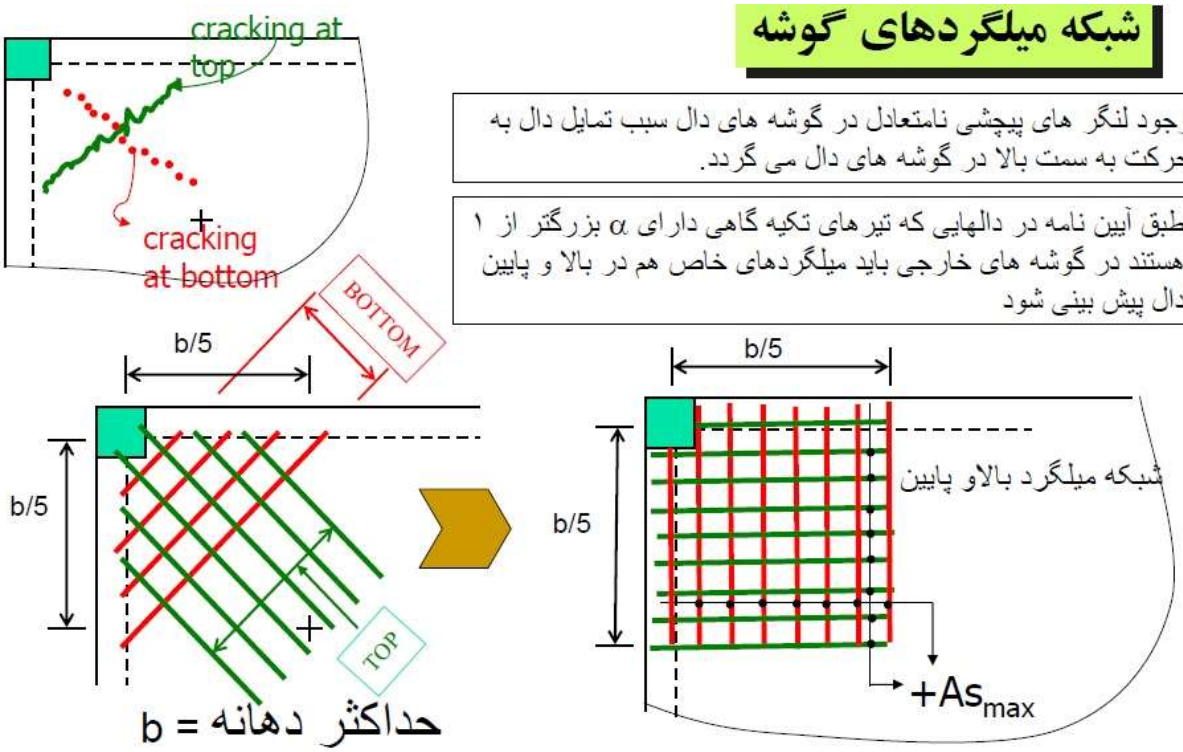
شرط تحمل بار چنین کنترل می گردد:

$V_c >= W^*$ که $\phi_c = 0.6$

شبکه میلگردهای گوشه

وجود لنگر های پیچشی نامتعادل در گوشه های دال سبب تمایل دال به حرکت به سمت بالا در گوشه های دال می گردد.

طبق آیین نامه در دالهایی که تیر های تکیه گاهی دارای α بزرگتر از ۱ هستند در گوشه های خارجی باید میلگردهای خاص هم در بالا و پایین دال پیش بینی شود



سقف دال‌های نیمه پیش ساخته بتن مسلح DOUBLE TEE با بتن رویه

Double Teeهمانطور که از نام آن‌ها مشخص است از یک جفت تیر Tشکل تشکیل شده‌اند. این سقف‌ها به صورت پیش ساخته در کارخانه تولید شده و به محل اجرای پروژه انتقال می‌یابند. استفاده از این دال‌های نیمه پیش ساخته به علت حذف مراحل مربوط به قالب بندی و دوره انتظار به مقاومت رسیدن بتن ، می‌تواند موجب افزایش سرعت اجرای سقف شود

●مزایای سیستم:

۱.رفتار سیستم سقف دال¬های نیمه پیش ساخته بتن مسلح Double Tee مشابه سقفهای داخل یک طرفه می¬باشد. در طراحی و اجرای این سیستم باید، صلبیت و یکپارچگی سقف با ارائه محاسبات کافی صرفاً به کمک اجرای بتن رویه تأمین شود.

۲.در این سیستم، به منظور تأمین یکپارچگی در دیافراگم سقف و همچنین تحمل عکس¬العمل ناشی از تیرچه-ها، می¬بایست در پیرامون سقف، تیرهای پیرامون طراحی و اجرا شوند. همچنین در محل اتصال دال نیمه پیش ساخته به تیر پیرامونی، لازم است، میلگردهای تأمین کننده یکپارچگی اعضا به طور مناسب طراحی و اجرا شوند.

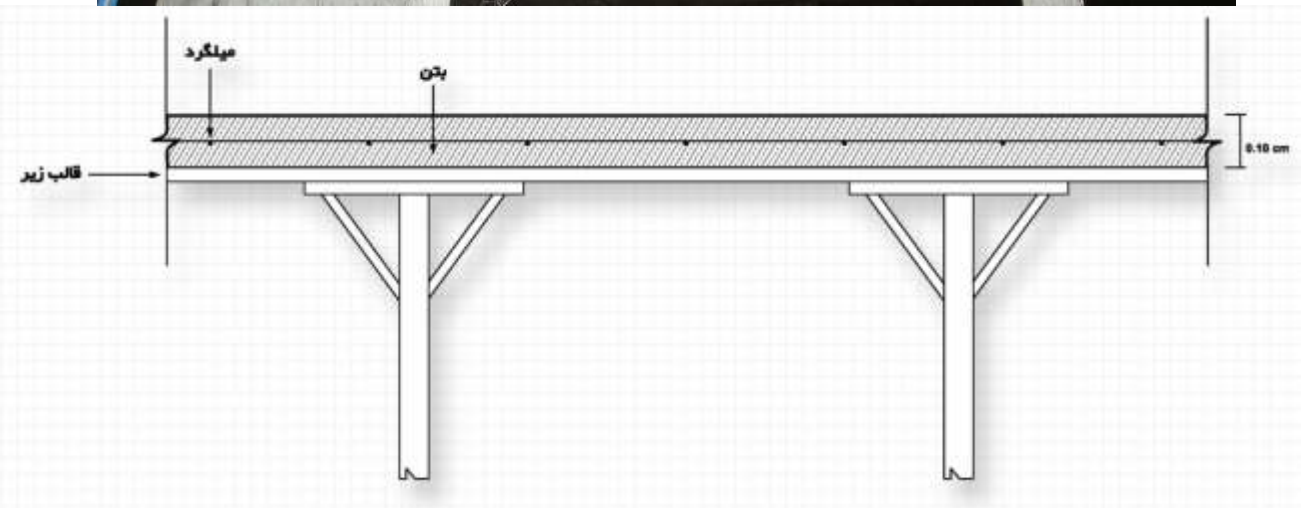
۳.استفاده از این سیستم با توجه به دو بند فوق، در کلیه پهنه¬های لرزه¬خیزی ایران بلامانع است.

۴.لازم است یکپارچگی و کفایت اتصال دال بتن مسلح به عضو باربر جانبی باارائه محاسبات مناسب در طراحی و اجرا تأمین شود.

-۵چنانچه در طراحی¬ها از عملکرد مرکب بتن رویه و دال نیمه پیش ساخته استفاده می¬شود، لازم است زائده-های برشی برای انتقال برش ناشی خمش، بین بتن رویه و Double Tee پیش ساخته طراحی و اجرا شوند.....

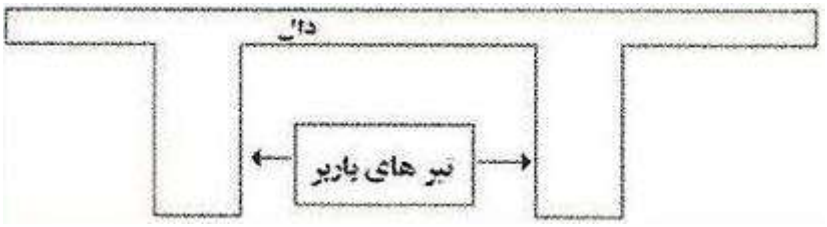
۱۶.سقف تیردال

دال به نوعی از سقف یا عرشه سازه گفته می شود که به صورت یکپارچه وکامل از ترکیب بتن و فولاد اجرا شود . اجزای تشکیل دهنده کلی انواع دال بتنی عبارتند از :میلگرد و بتن روش کلی اجرا به این صورت است که ابتدا شمع بندی و قالب بندی زیر و دورانجام شده و بسته به نوع یک طرفه یا دو طرفه بودن دال ،میلگردهای پیش بینی شده در نقشه اجرا شده و سقف یا عرشه آماده بتن می شود .دال بتنی یکی از پر طرفدارترین نوع سقف در دنیا می باشد که میتوان از آن در انواع سازه با کاربری متفاوت و ساخت عرشه انواع پل وکف سازی های سخت از این روش استفاده کرد .اما با توجه به وزن بالا و نیاز به قالب بندی زیر و سرعت پایین اجرا از توجیه اقتصادی در انبوه سازی و ساختمان های اقتصادی برخوردار نمی باشد .

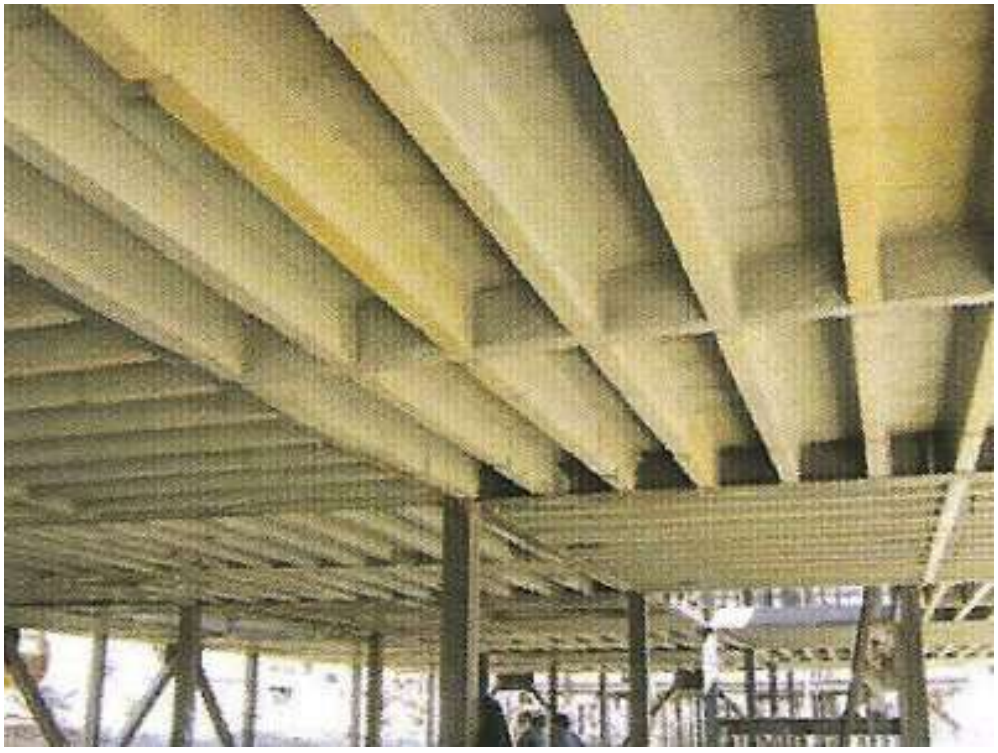

میلگرد
بتن
قالب زیر
0.10 cm

این سقف شبیه به سقف کامپوزیت است با این تفاوت که تیرهای فرعی آن بتنی هستند. سقف تیر ودال در اسکلت بتنی بصورت درجا و در اسکلت فلزی بصورت پیش ساخته اجرا می شود.به سقف تیرودال پیش ساخته در اصطلاح " دبل تی " گفته می شود چون مقطع آن شبیه به دو حرف انگلیسی Tدر کنار هم است.

برای صرفه جویی در مصرف بتن و فولاد و سبک کردن وزن سقف با حفظ مقاومت، قسمتی از مقطع سقف که در منطقه کششی قرار می گیرد حذف و فقط آن مقدار از سطح مقطع بتن که برای جا گذاری آرماتورهای کششی و عرضی لازم است. باقی می ماند .



این کار به ویژه برای کاهش وزن مرده سقف و ساختمان دارای اهمیت خاصی است. فاصله محل های باقیمانده طوری طراحی می شود که مناطقی فشاری و کششی مقطع بتنی سقف به طور یکپارچه عمل کند و سقف حالته اولیه خود را از دست ندهد. این روش منجر به طرح دال های مجوف، دال با پشت بند (تیر و دال) لانه زنبوری و مانند آنها گردیده است. مصرف بتن در این نوع سقف ها به حدود ۳/۱ مقدار اولیه و وزن سقف نیز تقریبا به همین میزان کاهش می یابد. از طرف دیگر به علت سبکتر شدن وزن سقف ها در مصرف میلگرد و هزینه های اجرای بقیه ی قسمت های باربر ساختمان صرفه جویی قابل ملاحظه ای می شود .

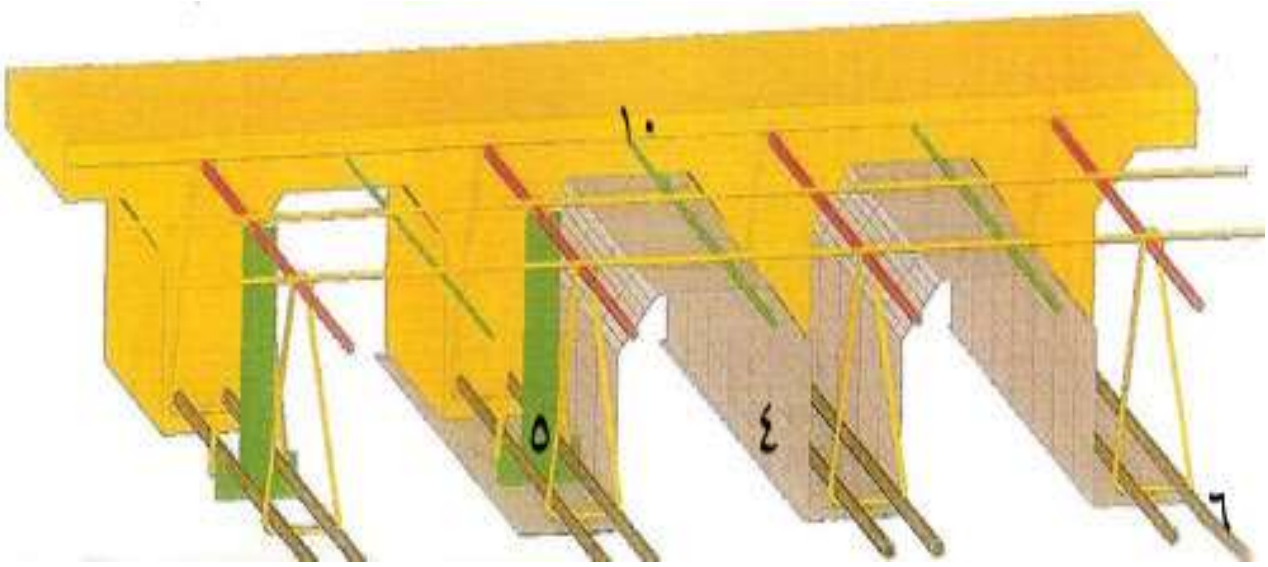


●معرفی سقف دال با پشت بند (Solid Slab)

داشتن مسکن مطمئن اولین آرزوی بشر است که برای دستیابی به آن همواره در تلاش و نوآوری بوده و هست و در این راستا به تکنولوژی ساخت آسمان خراشها دست یافته که یکی از اجزاء مهم تشکیل دهنده انواع ساختمان سقف آن می باشد .نظر به اینکه سقفها سهم نسبتا زیادی از قیمت و استحکام ساختمان را به خود اختصاص می دهند، طراحان ساختمان سیستمهای متنوعی را به منظور هرچه اقتصادیتر و محکمتر کردن آنها ابداع و اجرا کرده اند که صرفه جویی در مصرف بتن و فولاد، کاهش یا حذف قالب بندی، بهبود روشهای ساخت و ارتقاء کیفیت اجرا، محورهای اساسی کوششهای انجام شده را تشکیل می دهد .

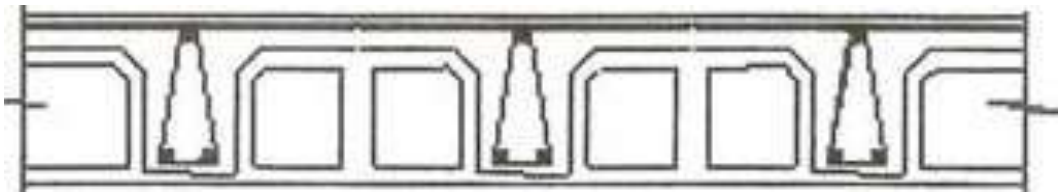
برای صرفه جویی در مصرف بتن و سبکتر کردن وزن سقف با حفظ مقاومت، قسمتی از مقطع سقف که در منطقه کششی قرار می گیرد حذف و فقط آن مقدار از سطح مقطع بتن که برای کاهش وزن مردهٔ سقف و ساختمان دارای اهمیت خاصی است. فاصله محلهای باقی مانده طوری طراحی می شود که مناطق فشاری و کششی مقطع بتنی سقف بطور یکپارچه مل کند و سقف حالت اولیه خود را از دست ندهد. این روش منجربه طرح دالهای مجوف، دال با پشت بند Solid Slab و لانه زنبوری و مانند آنها گردیده است. مصرف بتن در این نوع سقفها به حدود ۳/۱ مقدار اولیه و وزن سقف نیز تقریبا به همین میزان کاهش می یابد و از طرف دیگر به علت سبکتر شدن وزن سقفها، در مصرف میلگرد و هزینه اجرای بقیهٔ قسمتهای باربر ساختمان سرفه جویی قابل ملاحظه ای می شود . در این نوشتار قصد داریم که سقف دال با پشت بند Solid Slab را بیشتر معرفی کرده و با دیگر سقفهای مرسوم جز به جزء مقایسه نماییم .

●معرفی سقف Solid Slab



سقف Solid Slab تشکیل شده است از تیرکهای باربر و دال رابط یکپارچه بتنی با ضخامت کم که در دهانه های مختلف و فواصل و ارتفاع متنوع تبرکها بسته به کاربرد آن قابل طراحی و اجرا می باشد که علاوه بر رفع ضعفهای اساسی تیرچه بلوک و کرومیت و کامپوزیت و دیگر سقف های های مرسوم، سقفی است به مراتب سبکتر و مستحکم تر و اقتصادی تر و یا تنوع محاسباتی که ذیلاً توضیح داده میشود. سقف های Solid Slab به روشهای متنوعی اجرا میشود .

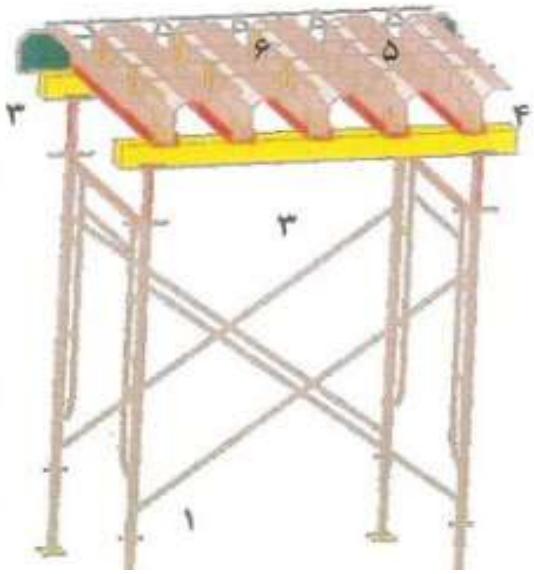
پس از ایجاد بستر در تراز مورد نظر که کاملا به وسیله تخته پوشیده میشود قالب-های باکس در کنار هم چیده می شود .



باکس های فلزی یا پلاستیکی بر روی تیر ریزی در کنار هم چیده می شود. و روشهای دیگر که معمولاً هزینه های بالای دارند .

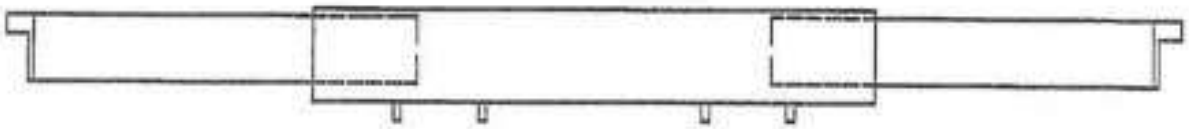
روش اجرا

در روش ابداعی که مورد بحث است با اندکی تغییرات در اسکلت بتنی و فلزی به ترتیب زیر :



۱ -ایجاد بستر به وسیله (اسکافول) جکهای به هم پیوسته در تراز مورد نظر

۲ -در اسکلت فلزی با استفاده از کشهای فلزی کشویی بدون استفاده از جک (در موارد خاص)

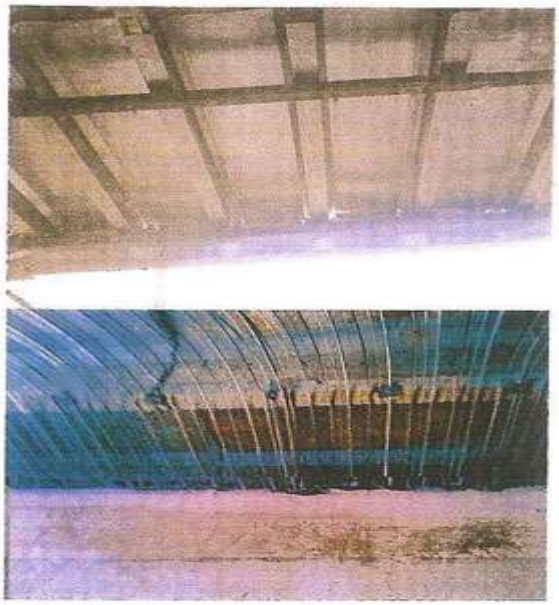


۳ -کارگذاری تیرکها و کله گیرها

۴ -کارگذاری قالب های فلزی

۵ -نصب اسپیرها

۶ -نصب میلگردهای کششی و فشارهای و عرضی (کلافها)



۱۳

۷ -نصب دیگر میلگردهای مورد نیاز

۸ -نصب منافذ مخصوص تأسیسات برقی و مکانیکی .

۹-کنترل کیفیت آرماتور و بتن ریزی

۱۰ -عمل آوری و کیورینگ بتن

۱۱ -قالب برداری

۱۲ -عبور لوله های تأسیساتی و برقی .

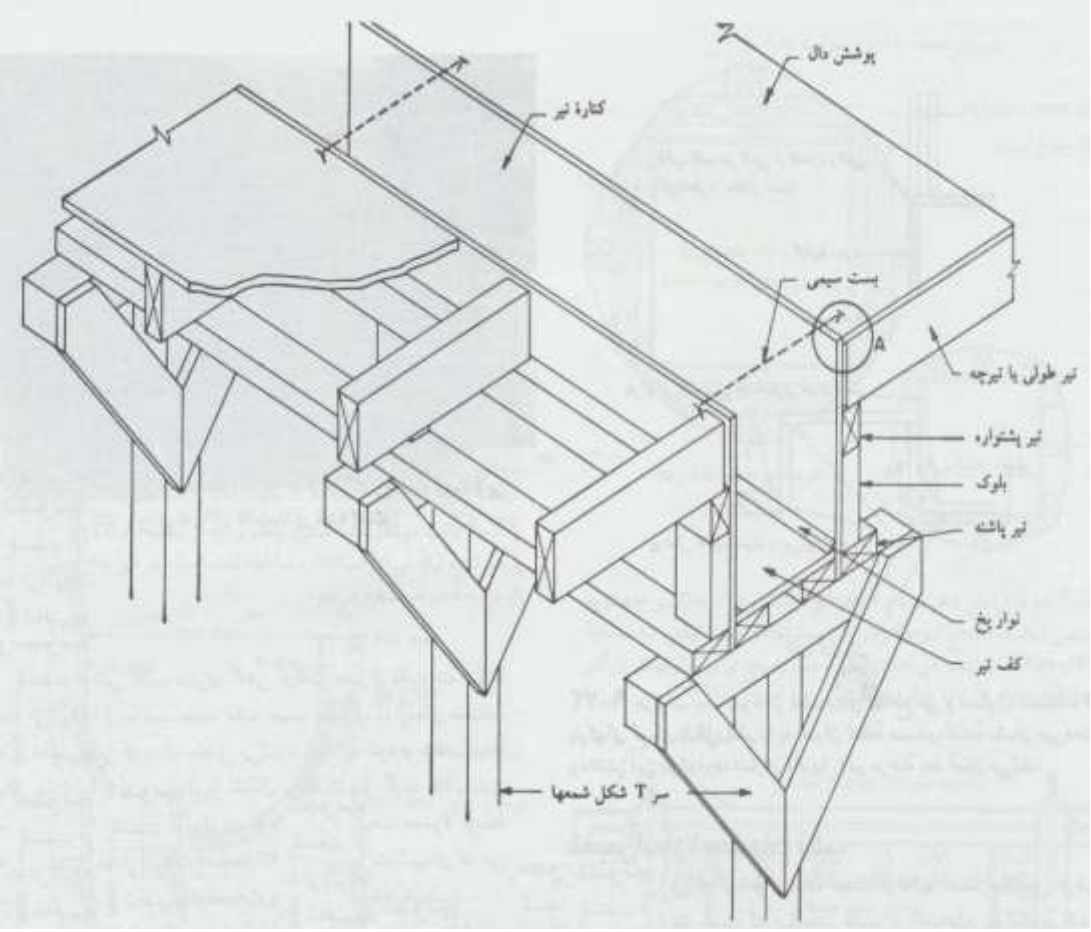
۱۳ -نصب رابیتس به وسیله شلیک هیلتی

۱۴ -نازک کاری.

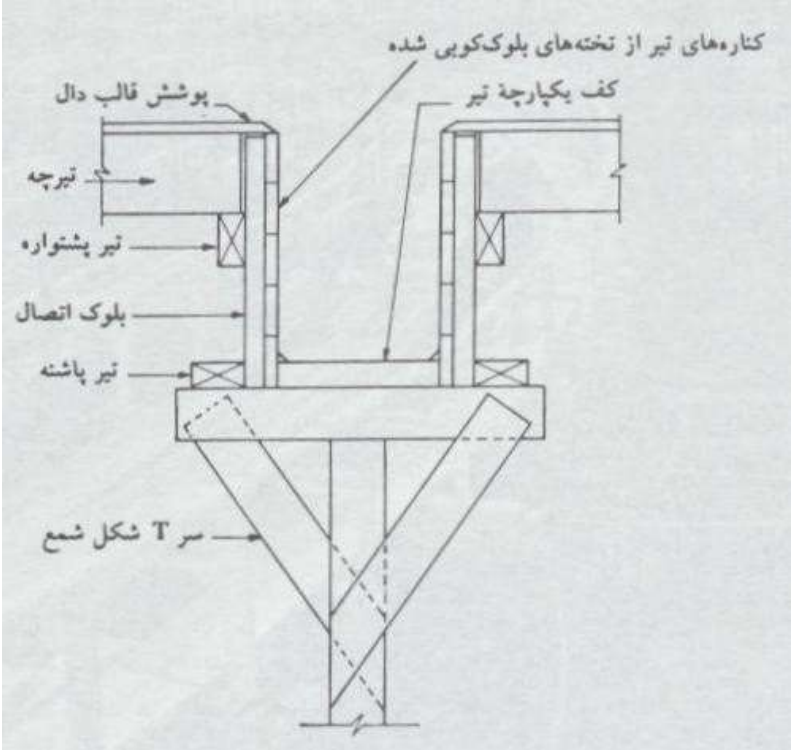
●قالب‌بندی تیر و شاهتیر

قالب‌بندی تیرها معمولاً از یک قطعه در کف و دو قطعه جانبی تشکیل می‌شود. معمولاً قالب کف با عرض دقیق‌تر ساخته می‌شود و مستقیماً بر روی سر شمع‌ها قرار می‌گیرد و قالب‌های کناره بر قالب کف مماس شده و آنها نیز روی سر شمع‌ها قرار داده می‌شوند (روی قالب کف تکیه نمی‌کنند). مشخص است که قالب‌های کناری از دو طرف به قالب‌های دال متصل خواهند شد که در ادامه شرح داده می‌شود. نحوه تعبیه این پشت‌بندها به نظر طراح بستگی خواهد داشت. شمع‌ها نیز جهت حمایت از قالب در زیر قطعه کف به صورت مستقیم یا با واسطه (به کمک تیرهای طولی) قرار خواهند گرفت.

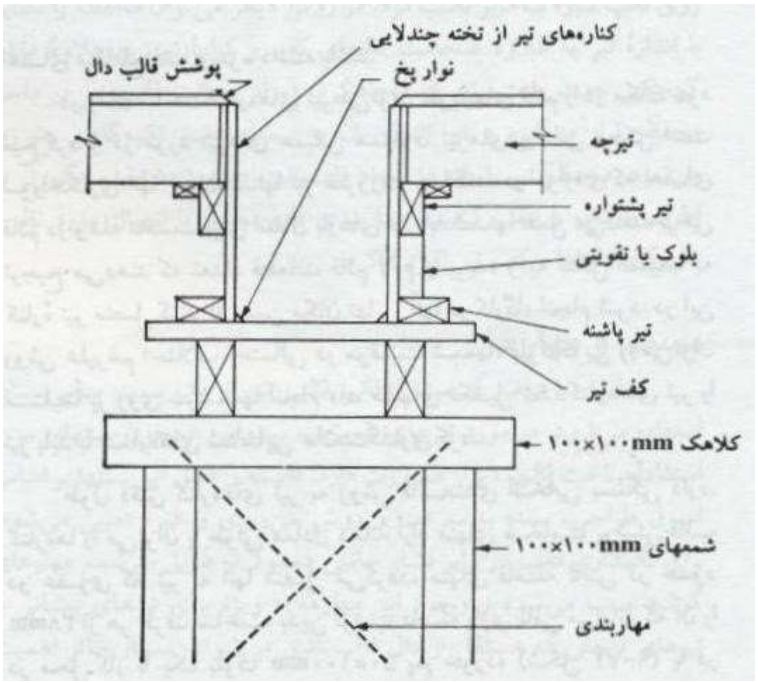
مشخصات عمومی قالب‌بندی تیرها معمولاً بر اساس نکات فوق صورت می‌گیرد اما در حالت کلی این طراح است که این جزئیات را تعیین می‌نماید. در صورت استفاده از قالب‌های پیش‌ساخته آماده، نحوه اتصال قطعات به هم و شیوه حمایت از هر یک از قطعات توسط سازنده طراحی شده و در اختیار مصرف‌کننده قرار می‌گیرد. در اشکال زیر فرم عمومی قالب‌بندی تیر و سایر فرم‌هایی که ممکن است به کار گرفته شوند نشان داده شده است:



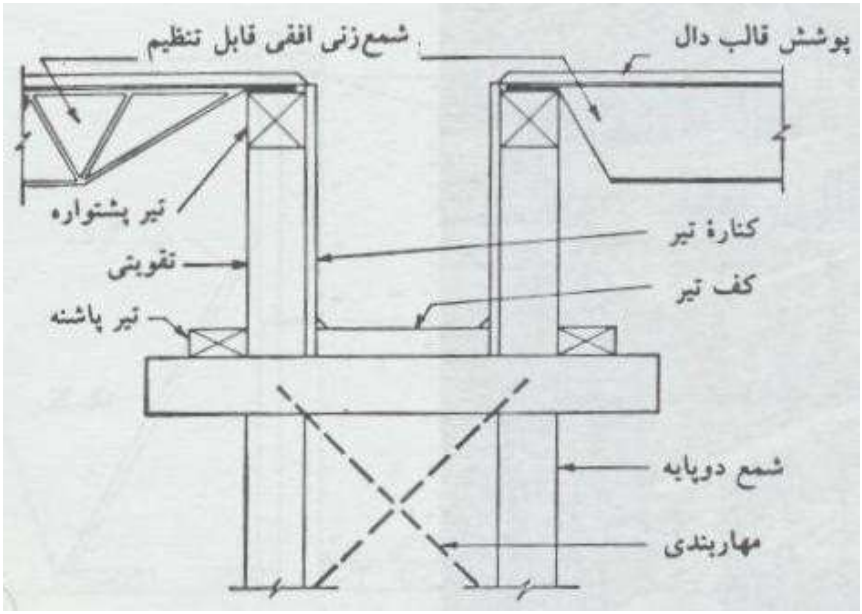
شکل۱ -نمونه اجزای قالب‌بندی تیر به همراه دال متصل. پوشش قالب از تخته چندلایی است و صفحه کف تیر بر روی الوارهای چهارتراش قرار دارد. در قسمت زیرین روش‌های دیگر قالب‌بندی در محل تقاطع تیر و دال نشان داده شده است. در مورد تیرهای عمیق‌تر باید کناره‌های تیر را با بست به هم مهار کرد



شکل ۲-جزئیات قالب‌بندی تیر در زمانی که قالب کناره‌های تیر از تخته‌های بلوک‌کوبی شده و کف تیر از تخته الوار تراشیده یکپارچه ساخته می شود

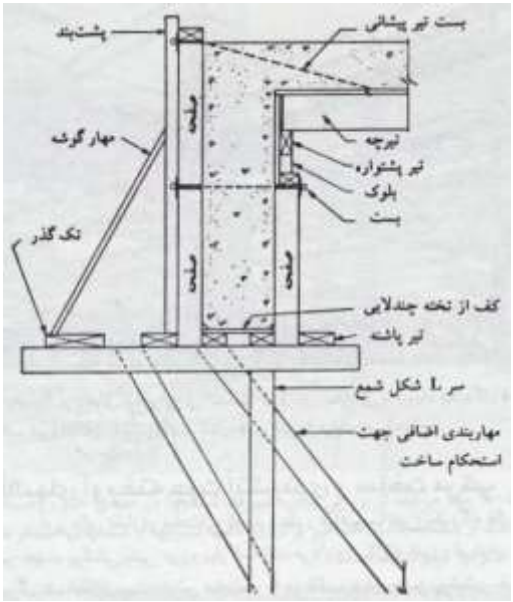


شکل ۳ -در این روشکه کمتر متداول است، کناره‌های تیر بر روی کف تیر قرار می‌گیرند که خود بر روی تیرهای طولی روی شمع‌های دو پایه تکیه می‌کنند. امکان فاصله بندی وسیع‌تر شمع‌ها و مقاومت در برابر واژگونی از مزایای این طرح است.

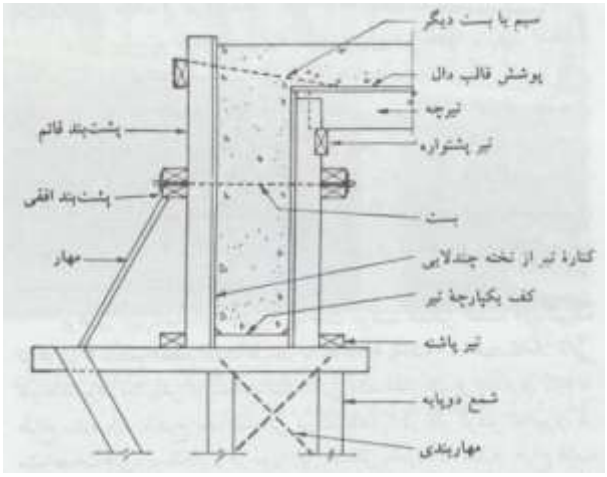


شکل ۴ -تیرهای سنگین پشتواره و تقویتی‌ها مستقیما بر روی شمع‌های دوپایه تکیه دارند و بار نسبتا سنگین دال را از مسیر اعضای شمع‌زنی افقی دهانه بزرگ انتقال می‌دهند

اینکه قالب‌های تیر قبل از نصب به صورت جعبه‌ای مونتاژ شوند یا به صورت قطعات جداگانه کف و کناره‌ها حمل شوند به تجهیزات بالابر موجود و برنامه ترتیب جداسازی قالب‌ها بستگی دارد.طول دقیق و عملی قطعات کف و کناره قالب تیرها به روش قالب‌بندی بستگی دارد. اگر قالب کف تیر لب به لب با قالب ستون (یا شاهتیر) ساخته شود طول آن برابر دهانه آزاد تیر خواهد بود ولی اگر قالب کف با ضخامت قالب ستون (یا شاهتیر) همپوشانی داشته باشد و بر آنها تکیه نماید باید ضخامت قالب‌های ستون (یا شاهتیر) در دو طرف تیر را به دهانه آزاد آن اضافه کرد. در مورد قالب‌های کناره هم وضعیت همینطور است.تیرهای پیشانی به دلیل موقعیت خاصی که در سطح خارجی ساختمان دارند به قالب‌بندی دقیقی نیازمندند. در شکل‌های زیر نمونه‌هایی از قالب‌بندی تیرهای پیشانی نشان داده شده است:

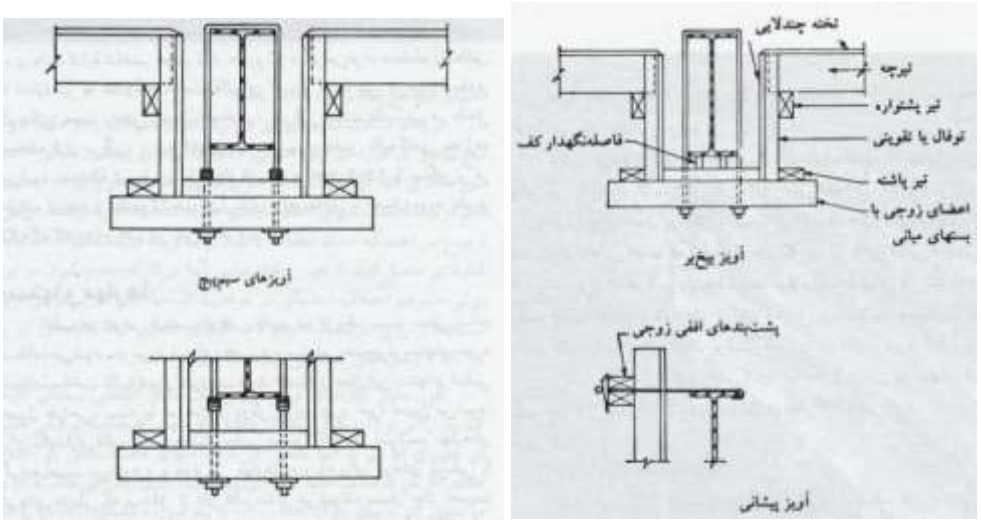


شکل ۵ -قالب‌بندی تیر پیشانی با استفاده از صفحات پیش‌ساخته و بست. پشت‌بندهای خارجی و مهاربندی گوشه نشان داده شده است. برای استحکام سازه تکمیل شده سر L شکل شمع، مهاربندی شده است.

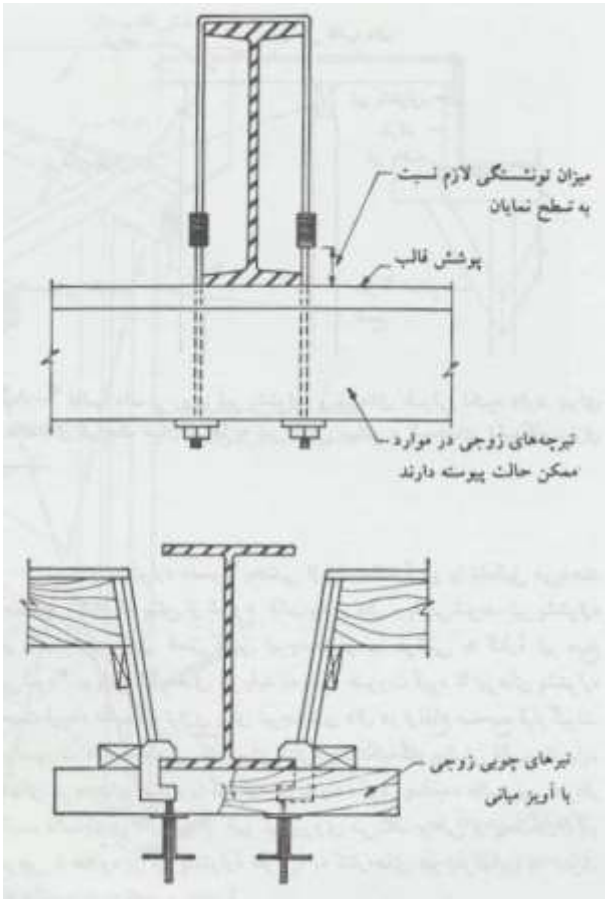


شکل ۶ -قالب‌بندی تیر پیشانی با استفاده از پشت‌بندهای قائم و افقی بر روی شمع‌های دو پایه مهاربندی شده

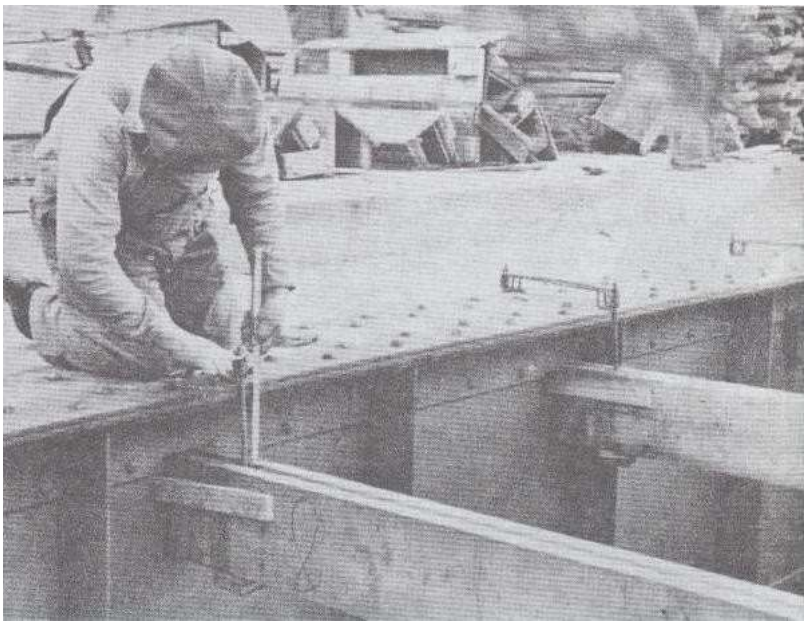
در موارد بسیاری از ساختمان‌های کامپوزیت (مرکب) می‌توان از سازه فولادی جهت قالب‌بندی بتنی استفاده کرد. نمونه بارز این نوع قالب‌بندی، قالب‌بندی تیرهای مرکبی است که در آن‌ها پروفیل فولادی کاملاً توسط بتن احاطه می‌گردد. همانطور که در فصل دوم توضیح داده شد برای این کار از «آویزها» استفاده می‌شود. از این سیستم آویخته می‌توان برای بتن‌ریزی سقف‌ها بر روی اسکلت فولادی نیز استفاده کرد. اشکال زیر نمونه‌هایی از این نوع قالب‌بندی را نشان می‌دهد:



شکل۷-نمونه قالب‌های پوشش تیر. در این جا هر دو نوع آویز سیم‌پیچ. بیخ‌بر دیده می‌شود. فاصله‌نگه‌دارهای کف در بین قالب کف و تیری که باید پوشش شود، فاصله لازم را حفظ می‌کنند



شکل ۸- دو روش قالب‌بندی به کمک آویز در مواردی که بال تحتانی تیر فولادی نیاز به پوشش ندارد.



شکل ۹- نمونه استقرار قالب‌بندی دال بر روی سازه فولادی. ابتدا اعضای تکیه‌گاهی اصلی قالب در بین شاهتیرهای فولادی آویزان می‌شوند و سپس تراز آنها تنظیم می‌شود.

●قالب‌بندی دال

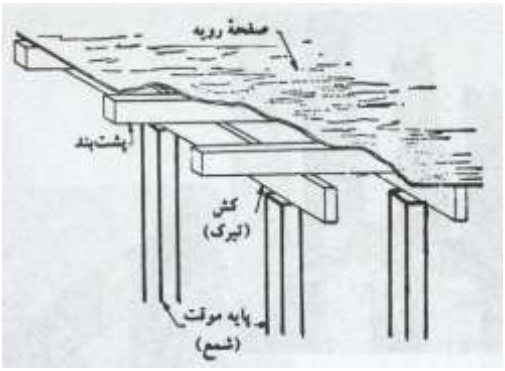
شکل زیر نمونه ساده شده‌ای است که اجزای مختلف قالب‌بندی دال را نشان می‌دهد. بر اساس این شکل می‌توان اجزای قالب دال (سقف) را به شرح زیر نام برد:

۱- صفحه رویه یا جدار قالب که معمولاً از پانل‌های فلزی یا صفحات تخته چندلایی ساخته می‌شود.

۲- پشت‌بند که صفحه رویه بر آن متکی است و باعث افزایش سختی صفحه رویه می‌شود.

۳- تیرک‌ها که صفحه رویه و پشت‌بندها بر آن متکی هستند و بار وارده را به شمع‌ها و پایه‌های موقت انتقال می‌دهد.

۴- شمع‌ها که بار کل مجموعه را به زمین منتقل می‌کنند.



شکل ۱۰- اجزای قالب سقف

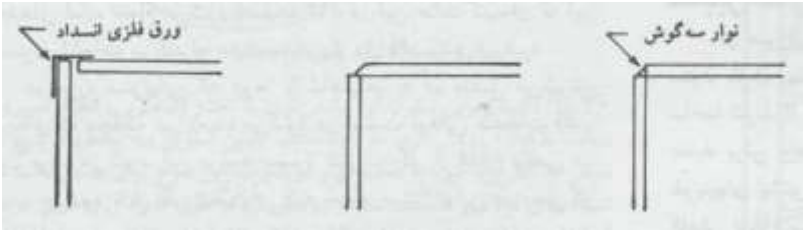
در سیستم‌های مختلف قالب‌بندی اجزای فوق به تناسب، به شکل‌های مختلفی درآمده‌اند. در این قسمت چند نوع متداول ساخت دال (سقف) مورد بحث قرار می‌گیرند:

الف) اجزای سقف به صورت تیر و تاوه

در قسمت قبلی (قالب‌بندی تیر و شاه تیر) به موازات آشنایی با قالب‌بندی تیرها تا حدودی جزئیات اجرای همزمان دال مجاور تیر نیز نمایش داده شد. تکیه‌گاه پشت‌بندهای قالب دال در منتهی‌الیه آن معمولاً روی قطعات کناره قالب تیر تکیه می‌کنند (تیر پشتواره در شکل‌های قسمت قبلی نشان داده شده است). برای قالب‌بندی صحیح دال محل و اجرای دقیق این تیر تکیه‌گاهی از نظر عمق و تراز بودن آن نقش مهمی را بازی می‌کند. بدیهی است در این مکانیزم چنانچه قالب تیر خیزدار باشد، قالب دال نیز در مجاورت آن خیزدار خواهد شد.

ترتیب برپایی اجزای قالب دال به این صورت است که ابتدا شمع‌ها برپا می‌شوند تا تیرک‌های طولی روی آن‌ها قرار گیرند. پس از قرارگیری تیرک‌ها به عنوان تکیه‌گاه پشت‌بندها، پشت‌بندها در مکان خود نصب می‌شود. سپس جدار قالب روی آنها قرار داده می‌شود. با توجه به این روند مشخص است که برای قرار گرفتن صفحه رویه قالب در ارتفاع مورد نظر، از ابتدای نصب شمع‌ها باید ارتفاع و ضخامت تمامی اجزا مد نظر قرار گیرد. در غیر این صورت ارتفاع نهایی دال بتنی و موقعیت آن نسبت به تیرها به صورت مطلوب از کار در نخواهد آمد.

برای اتصال اجزای مختلف قالب‌های پیش‌ساخته فلزی و یراق‌آلات این اتصال‌ها توسط شرکت‌های تولید کننده پیش‌بینی و ارائه می‌شود.جزئیات تقاطع قالب دال و کناره تیر به دقت ویژه‌ای نیاز دارد تا صفحات در داخل بتن گیر نکنند. جزئیات اتصال نشان داده شده در شکل مربوط به قالب‌بندی تیر در قسمت قبلی در مرز اتصال قالب کناره تیر و رویه قالب دال به جهت همین موضوع است. در زیر روش‌های دیگر جزئیات قالب‌بندی در محل تقاطع تیر و دال را مرور می‌کنیم:

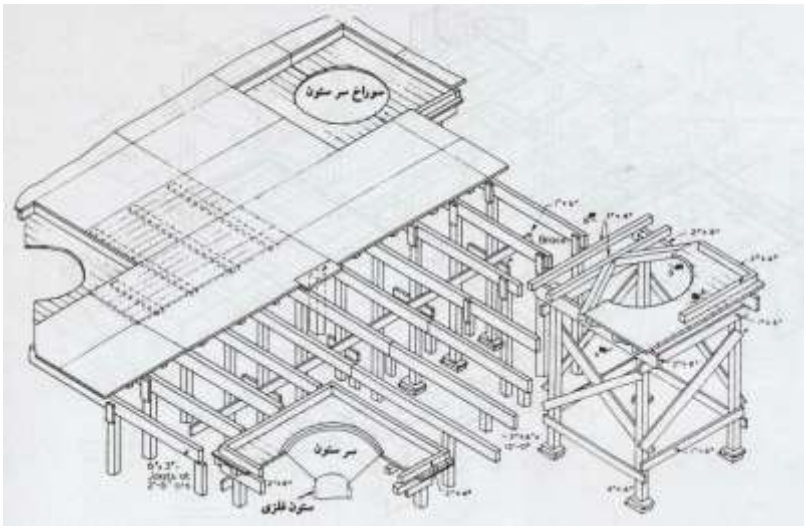


شکل ۱۱-در قسمت زیرین روش‌های دیگر قالب‌بندی در محل تقاطع تیر و دال (نقطه A) نشان داده شده است.

ب) اجرای سقف به صورت دال تخت

در دال‌های تخت صفحه دال بدون کمک گرفتن از شاهتیرها مستقیماً بر روی ستون‌ها تکیه می‌کند. در این موارد غالباً به دلیل وجود برش پانچ بزرگ ستون‌ها بر روی دال کم ضخامت برای ستون‌ها «سرستون» تعبیه می‌شود و با افزایش موضعی ضخامت دال در اطراف ستون‌ها «کتیبه سرستون» به وجود می‌آورند.

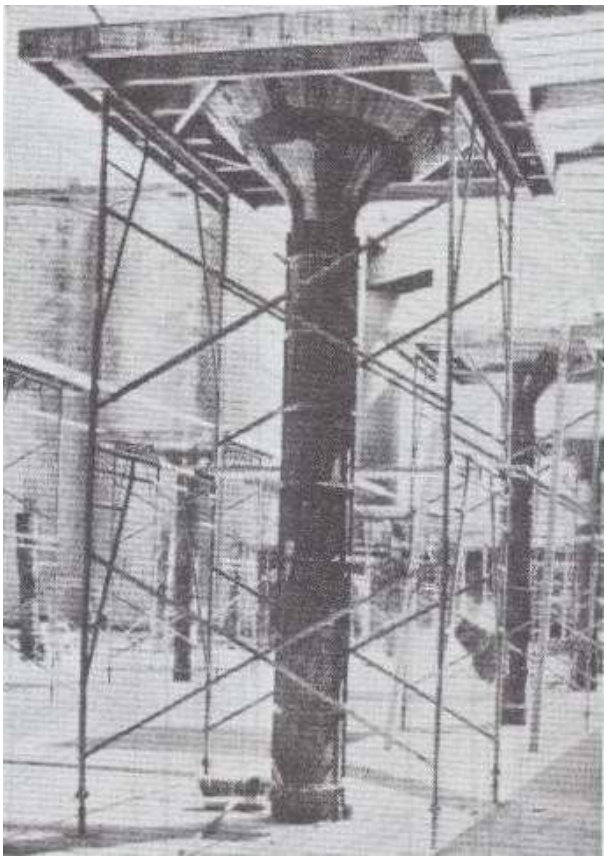
در شکل زیر یک نمونه از قالب‌بندی دال تخت نشان داده شده است:



شکل ۱۲- قالب‌های سنتی سقف برای اجرای دال قارچی

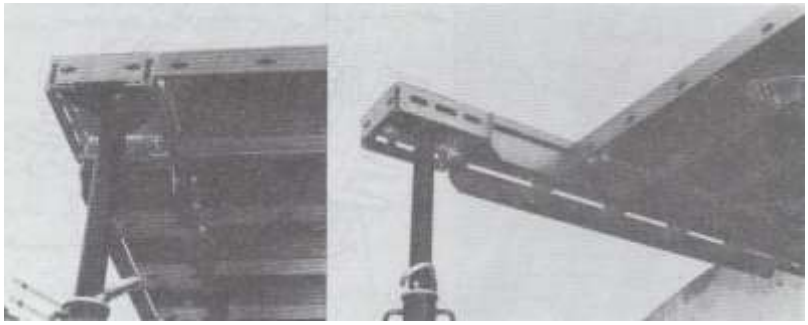
ترتیب و نحوه برپایی اجزای دال تخت همانند ترتیبی است که در مورد تیر و تاوه بیان شد به جز اینکه در این موارد دیگر تیری وجود ندارد که قالب دال به آن ختم شود. به همان ترتیب ابتدا شمع‌ها بر پا می‌شوند و تیرک‌ها روی آن قرار می‌گیرند. سپس پشت‌بندها نصب شده و در آخر صفحه رویه اجرا می‌گردد.

قالب‌بندی سرستون‌ها معمولاً همزمان با قالب‌بندی دال انجام می‌شود یعنی آنرا همزمان با اجرای ستون اجرا نمی‌کنند بلکه با دال قالب‌بندی و بتن‌ریزی می‌شود و معمولاً روی چهار شمع مجزا یا یک جفت قالب داربستی قرار داده می‌شود. به شکل زیر دقت کنید:



شکل ۱۳- کتیبه سرستون متکی به یک زوج قاب داربستی مستقل از قالب‌بندی دال ساخته و به دال متصل می‌شود. قالب فلزی ستون دارای سرستون قارچی شکل است که به این کتیبه متصل می‌شود.

با توجه به استانداردهای موجود در خصوص زمان قالب‌برداری، اغلب در ساخت دال‌های تخت به شمع‌های دائمی احتیاج است به این معنا که شمع‌ها در ضمن جداسازی سایر اجزای قالب‌بندی باید در جای خود برای مدت بیشتری باقی بمانند. در چنین مواردی است که مزایای استفاده از قالب‌های آماده‌ای که توسط شرکت‌های متخصص ساخته می‌شوند و برای این مشکلات قالب‌برداری راه حلی می‌اندیشند، بیش از پیش آشکار می‌گردد. در شکل زیر نمونه‌ای از این نوع قالب‌ها نشان داده شده است. همانطور که ملاحظه می‌کنید با تعبیه یک قطعه کوچک از قالب بر روی سر شمع و استفاده از یراق‌آلات مناسب جهت اتصال، بدون جابجا کردن شمع‌ها می‌توان سایر قطعات قالب‌بندی را جدا نمود.

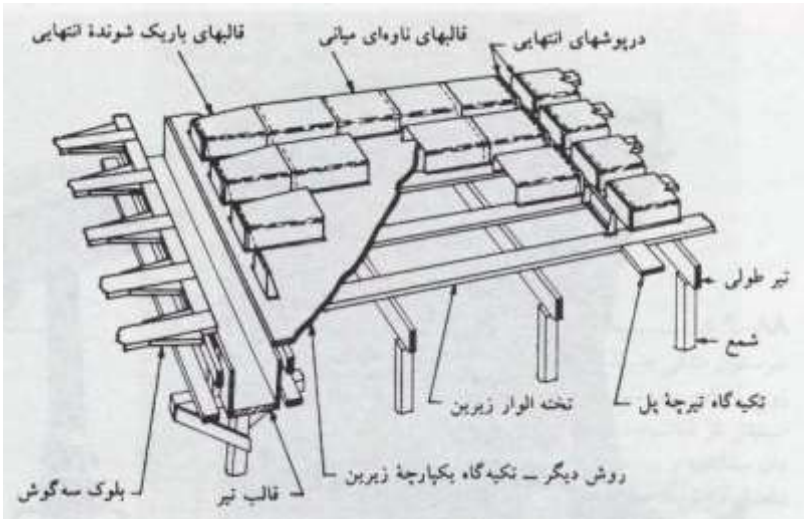


شکل ۱۴- سیستم قالب‌بندی فلزی دال تخت با استفاده از صفحات پیش‌ساخته. در تصویر راست چگونگی جداکردن صفحات در ضمن باقی گذاشتن شمع در جای خود نشان داده شده است. این روش برای سقفهای پنهان یا غیر معماری توصیه می‌شود.

ج) اجرای سقف‌های تیرچه‌ای

در ساخت سقف‌ها به صورت ترکیب تیرچه و دال چنانچه تمامی تیرچه‌ها با هم موازی باشند و کل بار سقف را در یک جهت منتقل نمایند سیستم تیرچه‌ای یک طرفه یا دال یک طرفه را تشکیل خواهند داد ولی چنانچه از تیرچه‌ها در هر دو راستای متعامد استفاده شود به نحوی که بار سقف در دو امتداد انتقال داده شود سیستم تیرچه‌ای دوطرفه خواهیم داشت. در حالت دوم شکل سقف به صورت یک صفحه شطرنج است که چهارخانه‌های آن فرورفته‌اند. مهمترین ویژگی قالب‌بندی این نوع سقف‌ها استفاده از قالب‌های ماده‌ای و تشتی است. در فصل دوم با این نوع قالب‌ها آشنا شدیم.

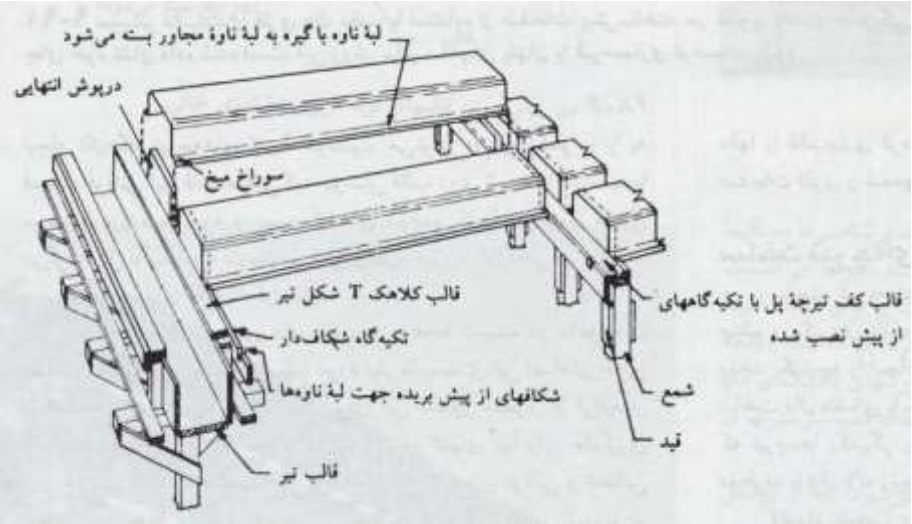
در ساخت کف‌های تیرچه‌ای یکطرفه بسته به نوع قالب تاوه ای که مورد استفاده قرار می‌گیرد ممکن است نیاز به تکیه‌گاه یک‌پارچه وجود داشته یا نداشته باشد. در شکل زیر یک نمونه قالب‌بندی کف تیرچه‌ای یک‌طرفه نشان داده شده است که برای تاوه‌ها با قالب‌بندی در زیر آن‌ها تکیه‌گاه یک‌پارچه‌ای ایجاد شده است. همانطور که مشاهده می‌کنید سیستم قالب‌بندی زیر تاوه‌ها به همان ترتیبی است که در خصوص دال‌های تخت و تیر و تاوه توضیح داده شد و تنها روی آنها تاوه‌ها قرار گرفته‌اند.



شکل ۱۵- قالب‌های ناوه‌ای میخکوبی شده ساخت تیرچه بتنی بر روی تکیه‌گاه یکپارچه یا سیستم بازی از تخته الوارها قرار می‌گیرند. در صورت استفاده از روش دوم، چنانچه از ناوه‌های باریک شونده انتهایی استفاده شود، باید به تخته‌های زیرین بلوکهای سه گوش متصل کرد.

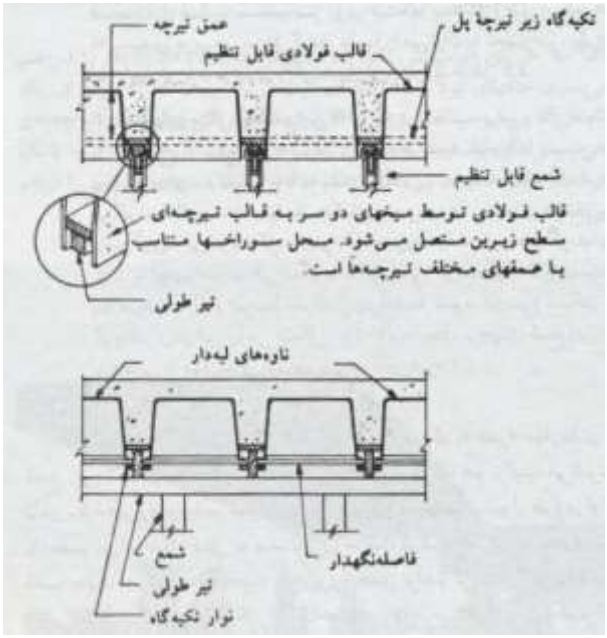
همانطور که در شکل فوق مشخص است می‌توان به تناسب طرح هندسه‌ای سازه تاوه‌ها را به شکل‌های متفاوتی ساخت مثلاً می‌توان در ابتدا و انتهای قالب‌بندی از تاوه‌های باریک شونده استفاده کرد تا تیرچه‌ها در محل اتصال به تیر پهن‌تر ساخته شوند. باید توجه داشت که لازم است تاوه‌ها در محل خود به خوبی محکم شوند. فشار بتن تازه هنگام بتن‌ریزی اگر آنها را جابجا نکند و شکل هندسی سقف را کاملاً به هم نریزد، به راحتی می‌تواند با جابجایی یا چرخش جزئی آنها سبب شود که سقف پس از قالب‌برداری شکل بسیار نامنظم و غیر قابل قبولی به خود بگیرد. بسته به جنس مصالح مورد استفاده ممکن است تاوه‌ها را با میخ در جای خود محکم کنند یا هنگام تولید آنها یراق‌آلات یا شیوه اتصال دیگری اندیشیده شود.

اغلب تاوه‌ها به صورت مدولار و دارای طول‌های کوتاه تولید می‌شوند اما گاهاً ممکن است تاوه‌های بلندی شاید به اندازه طول دهانه ساخته و استفاده شوند. با استفاده از این تاوه‌ها از تعداد درزها کاسته شده و سطح نمایان صاف‌تری به وجود خواهد آمد. در ساخت و استفاده از این تاوه‌ها باید توجه داشت که آن‌ها با توجه به طول زیاد از مقاومت کافی در مقابل تغییرشکل‌های خمشی برخوردار باشند. به شکل زیر توجه کنید:



شکل ۱۶- نوعی قالب ناوه‌ای بلند با لبه‌هایی که با گیره به لبه ناوه مجاور بسته می‌شوند. با استفاده از این ناوه‌ها از تعداد درزها کاسته شده و سطح نمایان صاف‌تری به وجود می‌آید.

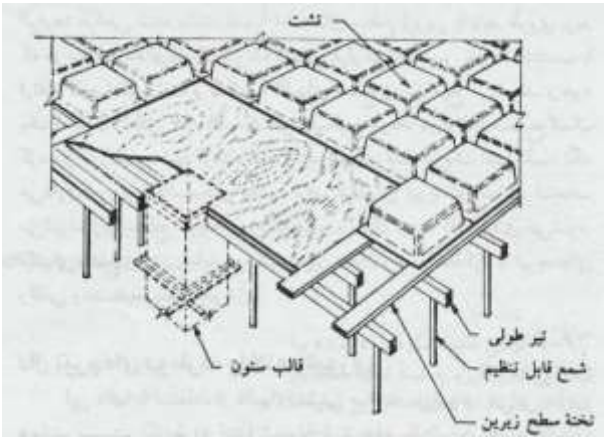
برای جلوگیری از تراوش بتن از درز بین تاوه‌ها معمولاً آنها را با هم‌پوشانی مختصری کنار هم می‌چینند. در ساخت کف‌های تیرچه‌ای قالباً سعی می‌شود سیستمی به کار گرفته شود که در آن امکان برچیدن تاوه‌ها زودتر از شمع‌ها وجود داشته باشد. جداسازی تاوه‌ها بدون برچیدن شمع‌ها امکان استفاده مجدد بیشتر از آن‌ها و در نتیجه کاهش هزینه‌ها را فراهم می‌آورد.همچنین قالباً سعی می‌شود که برپایی سیستم قالب‌بندی و طراحی تاوه‌ها طوری صورت گیرد که بتوان از این تاوه‌ها برای ایجاد تیرچه‌هایی با عمق‌های مختلف استفاده کرد. شکل‌های زیر سیستم‌های تکیه‌گاه تاوه‌ای قابل تنظیم را برای دو نوع تاوه لبه‌دار و بدون لبه نشان می‌دهد در شکل اول دیده می‌شود که چند ردیف سوراخ متناسب با عمق‌های مختلف تیرچه‌ها در کنار تاوه‌ها تعبیه شده است این سوراخ‌های میخ‌کوبی امکان تنظیم ارتفاع تیرچه‌ها را فراهم آورده است.



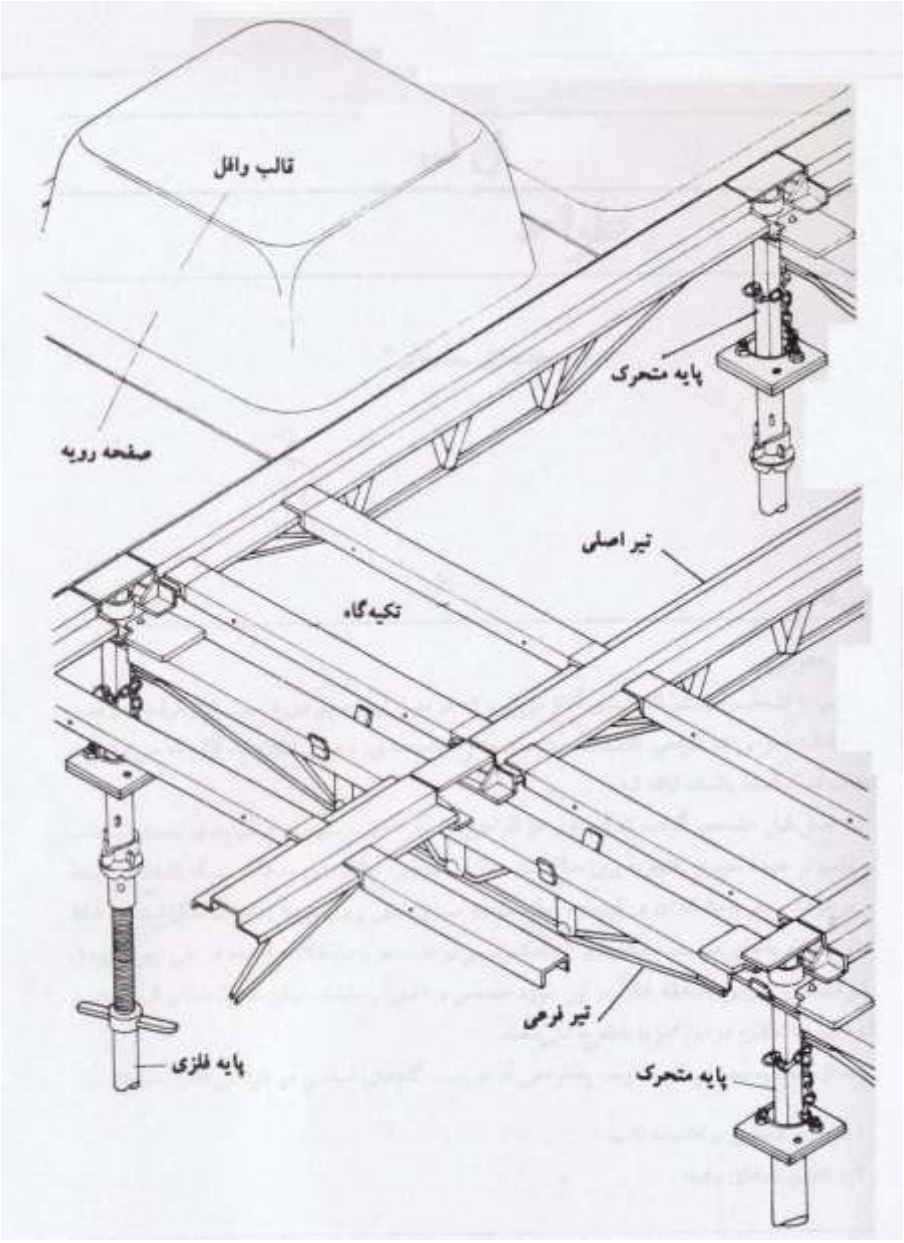
شکل ۱۷- طرحهای مقطع چگونگی ایجاد تکیه‌گاه قالب‌های ناوه‌ای قابل تنظیم را نشان می‌دهد. در این شکل هر دو ناوه لبه دار و بی‌لبه دیده می‌شود.

کف‌های تیرچه‌ای دو طرفه با استفاده از قالب‌های تشتی ساخته می‌شود در مورد این نوع ساخت نیز ابتدا شمع‌ها و سپس تیرک‌های طولی مستقر می‌شوند سپس پشت‌بندها و در صورت نیاز قالب یکپارچه سطح زیرین در محل خود قرار می‌گیرند. پس از آن تشت‌ها در جای خود ثابت می‌شوند. معمولاً لبه این تشت‌ها را متناسب با عرض تیرچه‌های مورد نظر می‌سازند به‌طوری که در هنگام اجرا لبه تشت‌ها را بر روی قالب سطح زیرین لب به لب می‌کنند. در صورت نیاز به خلق تیرچه‌های پهن‌تر باید لبه تشت‌ها را از هم فاصله داد و هنگام این کار باید نسبت به هم راستا بودن تشت‌ها جهت ایجاد یک ظاهر یکنواخت بسیار دقیق بود. در خصوص این نوع ساخت بتنی نیز ثابت کردن تشت‌ها با میخ و یا ابزارهای دیگر بسیار حائز اهمیت است.

طراحی کف‌های تیرچه‌ای دو طرفه غالباً ایجاب می‌کند که مناطق اطراف ستون‌ها به صورت یکپارچه با عمق کامل تیرچه‌ها بتن‌ریزی شوند برای این کار در اطراف ستون به شعاع مورد نظر قالب‌های تشتی حذف می‌شوند در این مناطق قالب‌های تخت در تراز کف تیرچه‌ها نصب می‌شود.ش کل زیر نمونه‌هایی از قالب‌بندی کف تیرچه‌ای دو طرفه را نشان می‌دهد.



شکل ۱۸- قالب‌بندی تیرچه‌ای دوطرفه با تشتهای پیش‌ساخته. از قالب تخته چندلایی منطقه‌ای که به دال یکپارچه نیاز دارد می‌توان به جای تخته‌های سطح زیرین به عنوان تکیه‌گاه قالبهای تشتی اطراف استفاده کرد.

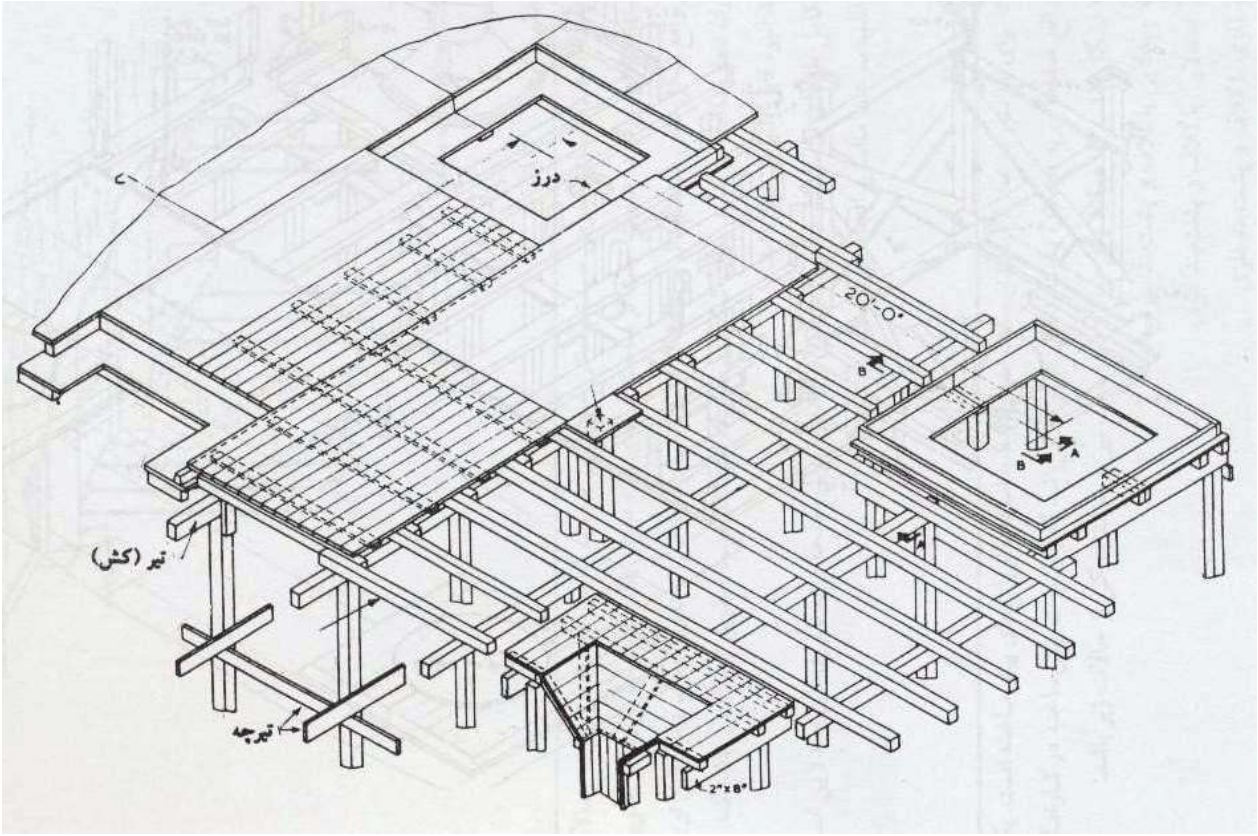


شکل ۱۹- قالب خاص دال مجوف (وافل)

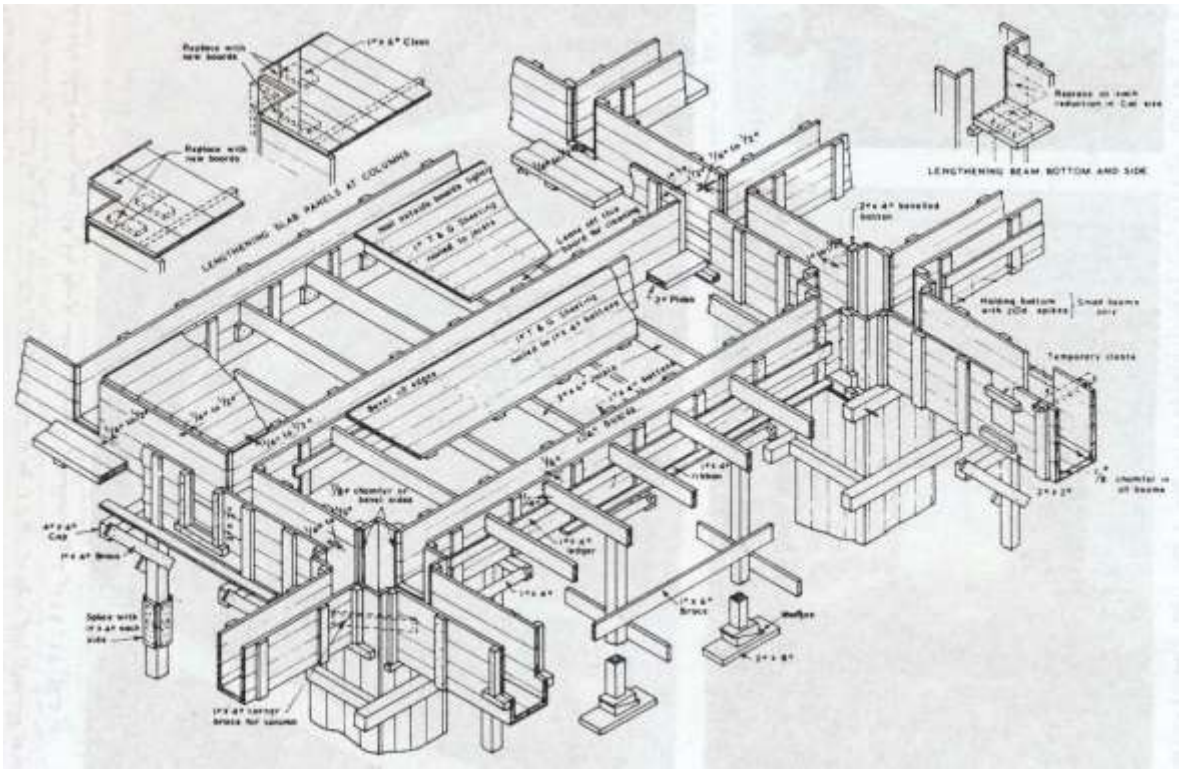
قالب‌های دال نیز همانند قالب‌های دیوار بر اثر مرور زمان و نیازهای مصرف‌کنندگان تکامل یافته و شکل‌های متفاوتی با سرعت نصب زیاد پیدا کرده‌اند. بر این اساس می‌توانیم قالب‌های دال را در انواع زیر طبقه بندی کنیم.

●قالب‌های سنتی

این نوع قالب‌ها معمولاً از ساخت در جای اجزای قالب به کمک چوب ایجاد می‌شوند. می‌توان گفت قالب‌بندها در محل، شکل قرینه دال مرد نظر را می‌سازند. مهم‌ترین عیب این نوع قالب‌ها زمان بسیار زیادی است که صرف آن‌ها می‌شود و در پروژه‌های تولید انبوه قابل پذیرش نیست.در شکل‌های زیر دو نمونه از این نوع قالب‌بندی و اجزای مختلف آن نمایش داده شده است.



شکل ۲۰- قالب سنتی برای اجرای دال قارچی



شکل ۲۱- قالب سنتی برای دال و تیر

۱۷.سقف LSF

●سیستم ساختمانی قاب‌های سبک فولادی سردنورد شده(Light weight steel frame)

سیستم سازه ای فولادی سبک **(LSF)** ، یک سیستم سازه ای پیشرفته است که در انواع ساخت ها و سازها ، تک خانوار و چندخانوار، ساختمانهای مسکونی و اداری یک ، دو و سه طبقه ، هتل ها و هتل آپارتمان ها ، ساختمانهای مدارس و دانشگاهی ، رستورانها و... دارای کاربرد می باشد.

سیستم سازه های فولادی سبک **(LSF)** یکی از مناسبترین سیستم های ساختمانی است که امروزه در جهان مورد استفاده قرار می گیرد. اصلی ترین المان در سازه های فولادی سبک ، مقاطع فولادی جدار نازک **(LGS)** می باشد. مقاطع فولادی جدار نازک، مقاطع فلزی سرد نورد شده ای می باشند که با استفاده از ورقهای فولادی نازک و با استفاده از روش **Roll Forming** شکل دهی می شوند. داشتن ضخامت یکنواخت در عرض مقاطع و استفاده از روش **Roll Forming** برای ساخت آنهاست که باعث می گردد، تولید در حجم بسیار بالا و با کیفیت مناسب و یکنواخت انجام گیرد.

مقاطع فولادی جدار نازک ، سبک بوده و به راحتی قابل حمل می باشد.بخش های مختلف ساختمان را به راحتی می توان با این مقاطع مونتاژ نمود. این عوامل باعث می گردد که عملیات ساخت با این سیستم بسیار سریع باشد

●مزایای مقاطع فولادی جدار نازک :

-اغلب مصالح مورد استفاده در سیستم سازه های فولادی سبک قابل بازیافت بوده و ۱۰۰ درصد مصالح زاید که در طول ساخت سیستم ایجاد می گردد،قابل بازیافت می باشد.
-مقاطع فولادی جدار نازک مقاطع بسیار مقاومی در مقابل خوردگی ،کج شدگی و ایجاد ترک می باشند.
-مقاطع مورد نیاز برای ساخت ساختمان با سیستم**(LSF)** می توانند با طول های دقیق مورد نیاز سفارش داده شوند . این کار باعث می گردد حجم عملیات و تعداد کارگر مورد نیاز در محل سایت کاهش یافته و پرت مصالح نیز به حداقل ممکن برسد.مصالح مورد نیاز برای ساخت این سیستم حداقل ۶۷ درصد سبک تر از مصالح مرسوم در ساخت و ساز می باشد.
جهت گیری کنونی سازه های فولادی سبک به سمت تکنیک پانلهای پیش ساخته **(Penalization)**است که در این روش دیوارهای ساختمان در محل کارخانه و تحت شرایط کنترل شده مونتاژشده و سپس به محل سایت جهت نصب منتقل می گردند. این روش باعث بالا رفتن سرعت نصب این سیستم در محل کارگاه می گردد.در پروسه شکل دهی و ساخت مقاطع فولادی جدار نازک یک سری سوراخ های استاندارد درون این مقاطع ایجاد می نمایند که عبور دادن سیم ها و لوله ها از داخل این سوراخ ها باعث تسهیل در نصب سیستم های الکتریکی و لوله کشی ها در داخل دیوار می گردد. این سیستم نسبت به بقیه مصالح مزیت های بالاتری دارد.

- **برخی از این مزایا به شرح زیر است:**

انعطاف پذیری:

این مقاطع می توانند به صورت اعضای تکی و یا به صورت پانل های آماده شده در کارخانه،به سایت منتقل گردند.تنوع ضخامت و ابعاد مقاطع جدار نازک امکان انعطاف پذیری زیادی را در مرحله طراحی ایجاد می نمایند.به عنوان نمونه در طراحی یک سیستم خاص که ارتفاع تیرچه ها باید محدود باشد،بدون اینکه لازم شود فواصل المانهای کف و یا دیوار را تغییر داد،می توان با تغییر ضخامت مقطع جدار نازک ،این محدودیت را برآورده نمود.

بادوام بودن:

در مقاطع فولادی جدار نازک جمع شدگی و تغییر شکل و کج شدگی مقطع وجود نداشته و لذا مشکلات ایجاد شده برای پانلهای چوبی و پانل های گچی متصل شده به این اجزای فلزی نیز به حداقل ممکن کاهش خواهد یافت. همچنین فلز یک ماده غیر اورگانیک بوده و بنابراین در مقابل رطوبت و هجوم حشرات مقاوم است و چرخش ،کج شدگی ،جداشدگی،ترک و خزش در آن ایجاد نخواهد شد.

وزن سبک:

مقاطع فولادی جدار نازک به دلیل سبک بودن به راحتی قابل حمل و جابجایی در محل کارگاه بوده و لذا هزینه مربوط به کارگر را کاهش می دهد.

قوی بودن مقاطع:

این مقاطع و سیستم سازه ای به راحتی می توانند بالاترین نیروهای زلزله و باد را تحمل نمایند.

ثبات در ابعاد:

به دلیل این که فلز ماده ای است که در مقایسه با مصالح ارگانیک،در مراحل پروسه مختلف شکل می گیرد،بنابراین مقاطع کاملا صاف،و هم شکل بوده و دارای کیفیت یکسانی می باشند.

مقاومت در برابر آتش:

مقاطع فولادی،مصالح غیر قابل اشتعال می باشند. این مصالح نمی سوزند و باعث گسترش حریق در فضاهای مختلف ساختمان نمی گردند. بنابراین مالکان می توانند هزینه بیمه کمتری را برای بیمه نمودن ساختمان در برابر آتش بپردازند.

مقاومت:

مقاطع فولادی جدار نازک سرد نورد شده، در مقایسه با دیگر مصالح ساختمانی دارای بالاترین نسبت مقاومت به وزن می باشند.

- **مزایای سیستم LSF در ساخت و ساز:**

۱.برای طراحان

-انعطاف در طراحی:

وجود تنوع زیاد در شکل مقاطع فولادی جدار نازک و اجزایی که برای تکمیل این سیستم ساختمانی تولید می گردد،امکانات نامحدودی را برای طراح جهت ارائه ایده های مختلف طراحی ایجاد می نماید.لذا طراح می تواند از این سیستم در انواع پروژه های ساختمانی با کاربری های متنوع ،بدون نیاز به تولید مقاطع و مصالح خاص ، استفاده نماید.

-تنوع در مصالح نما:

سطوح بیرونی ساختمان با سیستمLSF ،می تواند با انواع مصالح نمایی که معمار پروژه می خواهد،پوشش داده شود.از نماهای قابل استفاده می توان به مصالح بنایی و آجر،انواع سنگ های نما،نماهای آلمینیومی، نماهای چوبی ، مصالح سرامیکی،نمای PVC و... اشاره نمود.در سطوح داخلی ساختمان، پانل های گچی (Gypsum Wallboard)مستقیما بر روی المانهای فولادی جدار نازک دیوار متصل می گردند.

-برآورده نمودن الزامات استانداردهای مربوط به عملکرد ساختمان:

سیستم سازه های فولادی سبک(LSF)به راحتی می تواند بالاترین ضوابط استانداردهای مربوط به طراحی سازه،انرژی،مقاومت در برابر آتش و عملکرد صوتی را برآورده نماید.

۲.برای سازندگان

-سرعت در اجرای سیستم:

سیستم LSF یک سیستم سریع و آسان است و بدون استفاده از نیروهای کاری با تخصص بالا قابل اجرا می باشد.به دلیل سبک بودن وزن اجرای سازه های فولادی سبک نسبت به مصالح مرسوم دیگر، المان ها به راحتی قابل حمل و نصب بوده،درنتیجه سرعت کار بسیار بالاست. به طور معمول در سیستم های متداول یک تیم باتجربه چهارنفره قادر هستند تمام دیوارهای یک خانه سه اتاق خوابه را در یک روز نصب نمایند. این سرعت باعث می گردد که زمان اتمام پروژه به حداقل ممکن برسد.

-زمان توقف کم:

به دلیل این که این سیستم قابلیت نصب در تمام شرایط جوی مانند هوای خشک و سرمای شدید را دارا می باشد و از طرفی زمان اندکی را برای نصب در کارگاه نیاز دارد،لذا به طور معمول می توان در تمام فصول سال و در تمام شرایط جوی این سیستم ساختمانی را نصب نمود.

-فعالیت های موازی و بدون وقفه در بخش های دیگر ساختمان:

به دلیل این که سیستم سازه ای ساختمان و پوشش خارجی آن بسیار سریع نصب می گردد،لذا بقیه فعالیت های ساختمان مانند_تاسیسات مکانیکی و برقی و نازک کاری سطوح داخلی،می توانند به طور مستقل و به موازات تکمیل شدن نمای بیرون انجام گیرند.

-سهولت در نصب سیستم های تاسیساتی:

کلیه کابل های برق،لوله های آب و داکت های تاسیساتی می توانند قبل از نصب پانلهای گچی سطوح داخلی به

راحتی در فضای خالی موجود در داخل دیوارها اجرا گردند.

-نیاز کم به تجهیزات:

به دلیل این که قطعات ساختمانی سیستم **LSF** در قطعات سبک و قابل حمل توسط افراد،به کارگاه منتقل می گردد،لذا برای جابجایی و نصب این سیستم، نیاز به ماشین آلات خاص نمی باشد.تجهیزات مورد نیاز برای نصب این سیستم محدود به یک سری تجهیزات پایه ای قابل حمل است.

-نیاز به فضای کم کارگاهی:

به دلیل تحویل قطعات ساختمانی در زمان مقرر مورد نیاز و نیز آماده بودن اغلب قطعات برای نصب ، فضای بسیار محدودی برای نگهداری قطعات نیاز بوده و اتلاف مصالح نیز،حداقل ممکن می باشد.بنابراین اجرای سیستم در سایتهای کوچک و محدود به راحتی انجام می گیرد.

-ایمنی در محل کارگاه:

بدلیل سبک بودن قطعات ، نیاز به تجهیزات وماشین آلات خاص نبوده و سطح مورد نیاز برای کار نیز فضای محدودی می باشد . این موضوع باعث می شود تا امنیت افراد و کارکنان به طور کامل در کارگاه تامین باشد.

-کاهش هزینه ها:

علاوه برمزیت های فوق که باعث کاهش هزینه های اجرا می گردد، به دلیل عملکرد حرارتی خوب سیستم **LSF** حجم موتورخانه و ظرفیت سیستم گرمایش و سرمایش کم شده و باعث کاهش در هزینه های سیستم های تاسیساتی می گردد .

۳.برای ساکنین

-هزینه های بهره برداری کمتر:

سیستم **LSF**هزینه های بهره برداری کمتری را به ساکنین تحمیل خواهد کرد. به دلیل دوام بالای مصالح و نیز عملکرد حرارتی خوب این سیستم ، ساکنین هزینه کمتری را برای تعمیرات و نیزسرمایش و گرمایش محیط ساختمان پرداخت خواهند نمود.

-عملکرد صوتی خوب:

عایق های صوتی موجود در سیستم **LSF**، باعث کاهش شدت ضربات **(Sound Impact)** شده و نیز عایق های صوتی تعبیه شده در فضاهای داخلی دیوار باعث کاهش صوت منتقل شده در فضاهای داخلی ساختمان می گردند. در این سیستم فضاهای داخلی ساختمان دارای آرامش و راحتی بالایی می باشند.

-سلامت محیط زیست:

به دلیل سازگار بودن مصالح مورد استفاده دراین سیستم با محیط زیست انسانی، و بی اثر بودن مصالح، هیچ گونه بخارات سمی در محیط وجود نخواهد داشت. با کنترل و مسدود نمودن روزنه های ورود هوا، در این سیستم کیفیت هوای داخلی ساختمان قابل کنترل و مطبوع می باشد. مشکلاتی مانند جمع شدگی، کپک زدگی بر روی اجزای دیوارها،در این سیستم وجود نخواهد داشت.

-عدم اشتعال:

تمام مصالحی که در سیستم ساختمانی **LSF** مورد استفاده قرار می گیرد قابل اشتعال نبوده و دارای مقاومت بالا در برابر آتش می باشد. سیستم های ساختمانی **LSF** کلیه ضوابط استانداردهای معتبر را در زمینه عملکرد آتش

برآورد نموده و تائیدیه های لازم دراین زمینه را دارا می باشند.

-مقاومت در برابر زلزله و طوفان های شدید:

تجربه های قبلی در طوفان ها و زلزله های گذشته نشان می دهد که سازه های LSF،دارای عملکرد بهتری در برابر بارهای زلزله و طوفان نسبت به سیستم های ساختمانی دیگر می باشند. به دلیل سبک بودن این سیستم ساختمانی، نیروی زلزله کمتری به آن اعمال می گردد.

۴.برای محیط زیست

-قابل بازیافت بودن اتلاف مصالح:

در هنگام ساخت ساختمان با سیستمLSF ،کمترین اتلاف در مصالح وجود دارد و در انتهای عمر مفید ساختمان نیز، مصالح به کار برده شده در این سیستم قابل بازیافت می باشند.

-ترافیک و حمل و نقل کمتر:

بدلیل استفاده از مصالح پیش ساخته در این سیستم و کوتاه بودن زمان نصب آن،ترافیک و حمل و نقل کمتری در محل ساخت پروژه ایجاد خواهد شد.

ضمنا در مورد قواعد مربوط به ساخت و ساز با این سیستم نوین، می توان به این موارد اشاره کرد:

- در مناطق با خطر نسبی کم،متوسط و زیاد، مطابق با آئین نامه ی ۲۸۰۰ ایران،استفاده از این سیستم به عنوان قاب ساختمانی ساده به همراه دیوار برشی بتنی تاپنج طبقه یا ارتفاع ۱۸ متر از تراز پایه بلامانع است. در صورت استفاده از مهاربندی قطری ، این ارتفاع به ۷,۲ متر یا ۲ طبقه کاهش خواهد یافت.
- استفاده از این سیستم در مناطق بسیار زلزله خیز مجاز نمی باشد.
- استفاده از این سیستم با بکارگیری دهانه ی ۵ متر و حداکثر ارتفاع ناخالص ۳,۶ متر برای هرطبقه مجاز است.
- کنترل سازه در برابر بار باد براساس مقررات ملی ساختمان و مبحث ششم صورت می گیرد.
- کلیه ی اتصالات قائم به اجزای افقی به گونه ای خواهند بود که یکپارچگی اعضا در ارتفاع سازه تامین گردد.
- ملاحظات کامل هوابندی در جداره های داخلی و خارجی با توجه به اقلیم مورد نظر صورت می گیرد.

ساختمان پدیده یا محصول مرکب و تلفیقی است که حاصل فعالیت و دخالت تخصص های متفاوت علمی و اجرایی در رده های مختلف تصمیم گیری، طراحی وساخت است.

۱) اقتصاد و هزینه

۲) سرعت اجرا و زمان بندی

۳) کاربرد سیستم قابلیت ها و ویژگی های فنی آن

قانون بودجه سال ۱۳۸۶ کل کشور، ویژگی های کلی فناوریهای نوین را مطرح کرده و مراحل و ساز و کارهای مورد نیاز را بیان داشته که از ارکان اصلی آن تایید فناوری از حیث فنی است که این مهم بایستی توسط مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن تحقق پذیرد. این مرکز به عنوان مرجع تایید فناوری های نوین و شیوه های تولید صنعتی ساختمان معرفی شده و کلیه تولیدکنندگان و وارد کنندگان فناوری های نوین ساختمانی ملزم به اخذ "تاییدیه فنی" از این مرکز هستند.

●کلیات

استفاده از اعضای فولاد سرد نوردشده از دهه ۱۸۵۰ میلادی آغاز گردید. ولی استفاده از آن تا انتشار اولین ضوابط انجمن امریکایی آهن در۱۹۴۶گسترش زیادی پیدا نکرد. اولین استاندارد طراحی بر مبنای تحقیقات انجام یافته در دانشگاه کرنل سال ۱۹۳۹ و با پشتیبانی AISI تدوین گردید. امروزه بدلیل کیفیت مناسب ساخت و سرعت بالا و مقاومت بالا در برابر زلزله از آن در کشورهای انگلستان، امریکا، کانادا، استرالیا، ژاپن و... استفاده می کنند.

ساختمان های پیش ساخته فولادی سبک (Light Weight Steel Frame)به LSFموسوم بوده که بصورت خشک وعمدتا با استفاده از اتصالات پیچی بکار می روند.این ساختمان ها از ۳جزءاصلی شامل:مقاطع متشکل از ورق های فولادی سرد نوردشده برای سازه،صفحات تخته گچی به عنوان پوشش رویه درونی ولایه عایق حرارتی وصوتی تشکیل می شوند. کاربرد این ساختمان ها به عنوان یک سیستم سازه ای مستقل و اکثرا درانبوه سازی

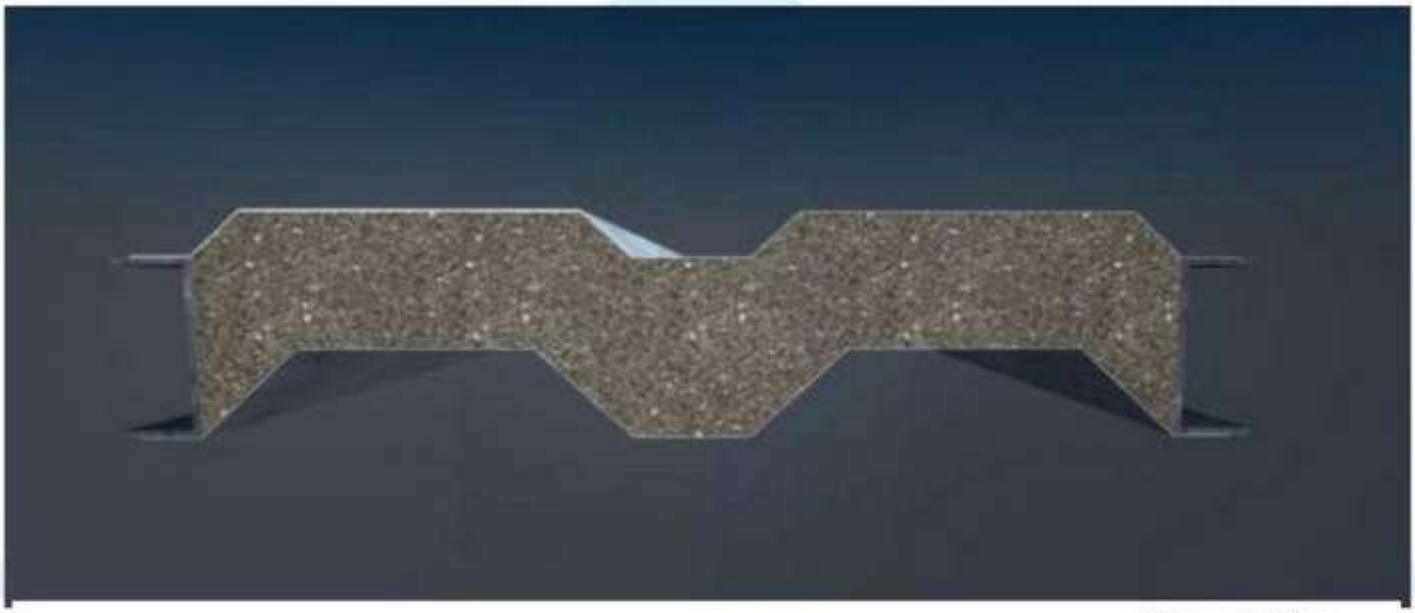
ساختمان های دوطبقه، دفاتر و ساختمان های تجاری کوچک، واحدهای صنعتی و سالن های ورزشی یک طبقه است. یک سیستم سازه ای باربر ثقلی است که قابلیت ترکیب شدن با سیستم سازه ای دیگر، مانند دیوارهای بتن مسلح سازه ای را دارد. در ساختمان های کوتاه بصورت سیستم سازه ای مختلط بکار می رود. استفاده از اشکال LSFمختلف آن طبق آیین نامه مجاز بوده است. مقاطع آن دارای ابعاد متنوع و محدوده تغییرات ضخامتی بین ۲,۵ تا ۰/۶ میلیمتر می باشند. اتصال LSFبه شالوده به واسطه کلاف افقی با مقطع c، شکل می گیرد. اجزاء قائم به عنوان عضو باربر ستونی در بارهای ثقلی عمل می کند، برخی از این اعضا در دهانه مهاربندی جانبی سازه علاوه بر بار ثقلی، متحمل نیروهای ناشی از بار جانبی هم بوده که تحت نام وادار(stud) در سیستم معرفی شده اند. سقف این سازه ها متشکل از تیرچه های فلزی سردنوردشده است. تیرها و تیرچه ها عمدتا دارای مقاطع با اشکال cوz می باشند. پوشش سقف با دال بتنی در صورت یکپارچگی لازم بین بتن و پروفیل فولادی تیرچه، می تواند به عنوان سقف مرکب فلزی طراحی شود. LSF، بمنظور باربری جانبی سازه در امتداد اصلی متعامد، از دهانه های بار برجانبی استفاده می شود

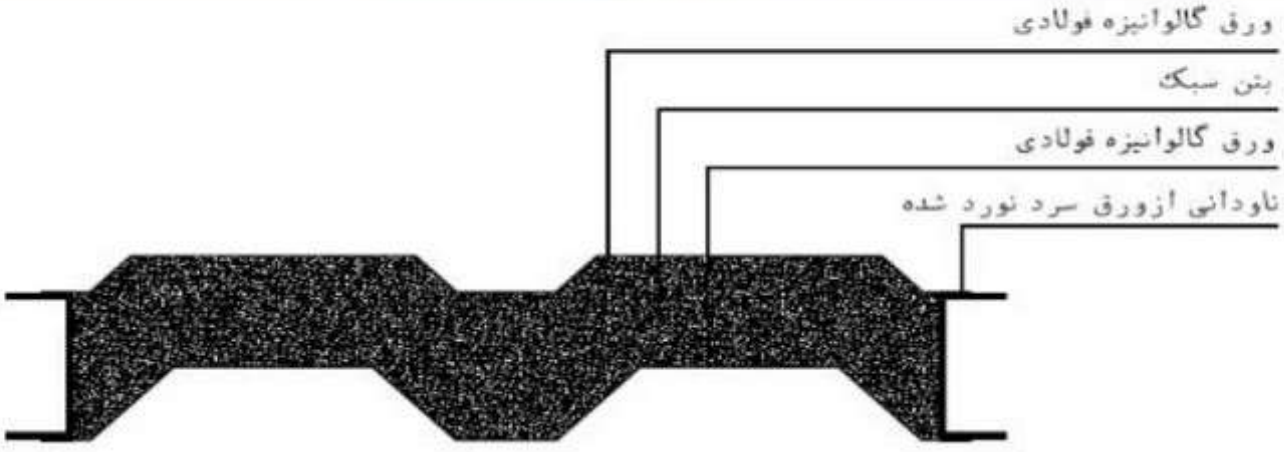
(Bearing Wall Load).دهانه های باربر به ۴روش ایجاد شده: سیستم دهانه های مهاربندی با اعضای قطری، سیستم دیوار برشی با ورق فولادی نازک، سیستم دیوار باربر با پوشش OSBو سیستم دیوار برشی بتن مسلح؛ که مهاربندی با اعضاء قطری برای ساختمان های تا ۲طبقه مسکونی و سیستم باربر جانبی دیوار برشی بتن مسلح تا ۴طبقه مسکونی مجاز است.انتقال حرارتی کم، آن را برای استفاده دائم مانند: ساختمان های مسکونی با مشکلاتی روبرو می سازد ولی عملکردش برای استفاده های منقطع مناسب است. عملکرد صوتی دیوارها و سقف های ساخته شده درصورت رعایت تمهیدات پاسخ گوی انتظارات تعیین شده مقررات ملی ساختمان می باشد. مواد تشکیل دهنده LSF بار حریق ندارند و لیپروفیل های 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.از عمده مزایای LSF کاهش جرم ساختمان، کاهش هزینه در مصالح، نیروی انسانی و زمان احداث پروژه هاست. بکارگیری این روش در ساختمان های ۵ طبقه کشور بارعایت تمهیدات خاص مقدور می باشد.

۱۸.سقف مرکب LCP

این سقف ترکیبی ازفولاد و بتن سبک Light Composite Panel است که عملکردی مرکب داشته و به صورت کاملا پیش ساخته در کارخانه تولید و پس از حمل به محل پروژه با اتصالات جوشی و یا مکانیکی به تیرهای اصلی یا فرعی سازه متصل می گردد.وزن هر متر مربع این سقف تقریبا ۸۰ کیلوگرم است.

شکل مقطع سقف





جدول مقایسه وزن فولاد مصرفی در سقفهای مختلف با سقفL.C.P

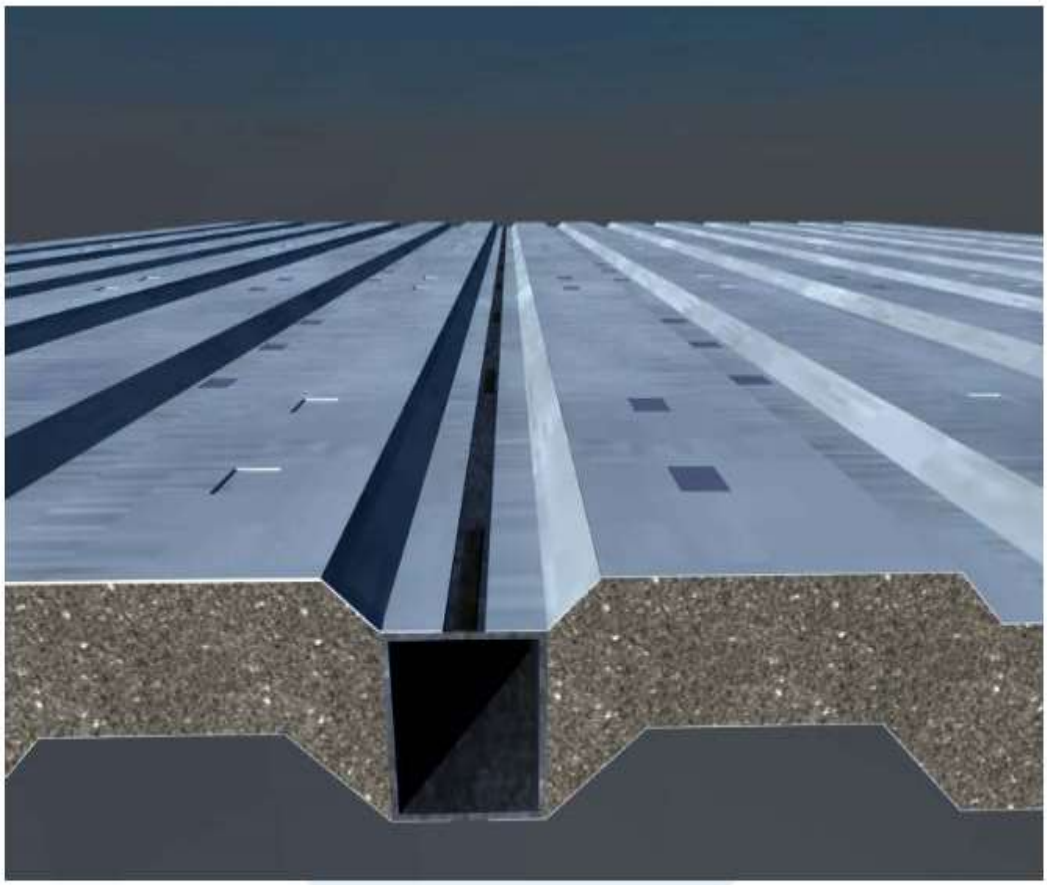
ردیف	نوع سقف	نوع سازه	وزن سقف در هر متر مربع	وزن فولاد مصرفی در هر متر مربع	قالب بندی	آرماتور بندی	بتن ریزی	زمان اجرای ۲۰۰ متر مربع سقف
1	سقف LCP	سازه فولادی با بادبند	80 Kg/m²	40Kg/m²	نیاز ندارد	نیاز ندارد	نیاز ندارد	۱ روز
2	سقف LCP	سازه فولادی با قاب خمشی	80 Kg/m²	55 Kg/m²	نیاز ندارد	نیاز ندارد	نیاز ندارد	۱ روز
3	تیرچه بلوک	سازه فولادی با دیوار برشی	250 Kg/m²	65 Kg/m²	نیاز دارد	نیاز دارد	نیاز دارد	۱۲ روز
4	تیرچه بلوک	سازه فولادی با بادبند	250 Kg/m²	70 Kg/m²	نیاز دارد	نیاز دارد	نیاز دارد	۸ روز
5	کامپوزیت	سازه فولادی با دیوار برشی	250 Kg/m²	60 Kg/m²	نیاز دارد	نیاز دارد	نیاز دارد	۱۲ روز
6	کامپوزیت	سازه فولادی با بادبند	250 Kg/m²	65 Kg/m²	نیاز دارد	نیاز دارد	نیاز دارد	۸ روز
7	کامپوزیت	سازه فولادی با قاب خمشی	250 Kg/m²	90 Kg/m²	نیاز دارد	نیاز دارد	نیاز دارد	۸ روز
8	متال دک	سازه فولادی با دیوار برشی	250 Kg/m²	60 Kg/m²	نیاز ندارد	نیاز دارد	نیاز دارد	۱۰روز
9	متال دک	سازه فولادی با بادبند	250 Kg/m²	65 Kg/m²	نیاز ندارد	نیاز دارد	نیاز دارد	۶ روز
10	متال دک	سازه فولادی با قاب خمشی	250 Kg/m²	85 Kg/m²	نیاز ندارد	نیاز دارد	نیاز دارد	۶ روز
		لازم به ذکر است وزن فولاد مصرفی در جدول فوق شامل وزن اسکلت و میلگرد مصرفی در فونداسیون و سازه می باشد						

●مهمترین مزایای سقفLCP

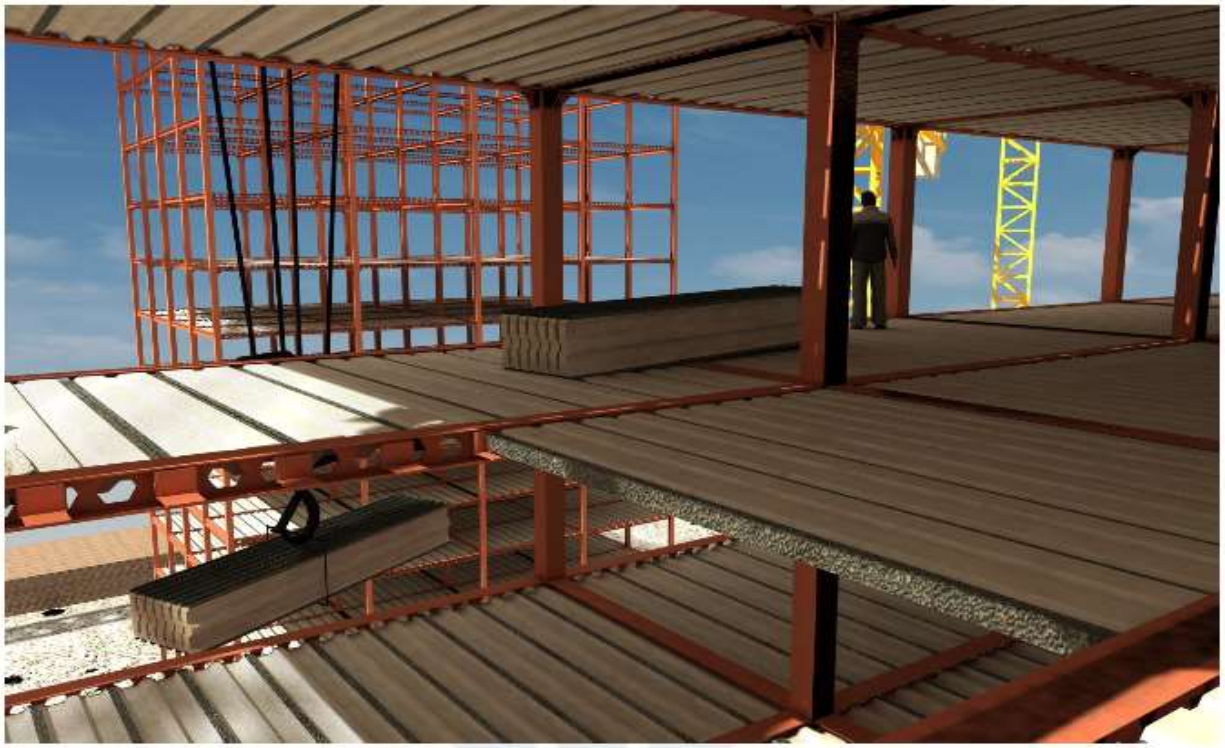
کاهش قابل ملاحضه وزن سقف: وزن این سقف تقریبا ۸۰ کیلوگرم است که در مقابل وزن سایر سقف ها (۱۸۰ تا ۳۵۰ کیلوگرم) حداقل به میزان ۱۰۰ کیلوگرم در متر مربع کاهش وزن دارد.این کاهش وزن خود باعث کاهش وزن اسکلت و در نتیجه کاهش ابعاد فنداسیون می گردد.

1. **افزایش فوق العاده سرعت اجرا به لحاظ پیش ساخته بودن و عدم نیاز به بتن ریزی، قالب بندی و آرماتور بندی.**
2. **کاهش ارتفاع سازه به لحاظ کاهش ارتفاع سقف (ارتفاع ۱۲ سانتی متر برای دهانه ۵ متری)**
3. **حذف تیرهای فرعی تا دهانه ۵ متر که قابلیت افزایش دهانه برای طول های بیشتر نیز وجود دارد.**
4. **کاهش میزان ارتعاش و لرزش سقف با توجه به آزمایشات انجام شده.**
5. **کاهش هزینه های ساخت به لحاظ کاهش وزن اسکلت، کاهش ابعاد فنداسیون، کاهش ارتفاع سازه و سهولت در نصب.**

نحوه قرار گیری سقف بر روی نبشی نشیمن



نحوه اتصال دو پانل به یکدیگر



شکل شماتیک نحوه قرار گیری سقف برروی سازه

۱۹.سقف قالب تونلی TCF

- **معرفی کلی سیستم Tunnel concrete forms**

یکی از روش‌های اجرای ساختمان های با سیستم باربر دیوار و سقف بتنی مخصوصا در مناطق زلزله خیز سیستم قالب تونلی است.در این سیستم دیوارها و سقف های بتن مسلح به صورت همزمان آرماتوربندی، قالب بندی و بتن‌ریزی می شوند؛ بدین صورت که ابتدا آرماتوربندی و جاگذاری مدارهای برقی دیوارها و قالب بندی بازشوهای موردنیاز برای در و پنجره و تاسیسات به طور هم زمان اجرا می شوند، سپس قالب ها را پشت به پشت قالب بندی می کنند، قالب ها را به صورت متوالی بدون قالب واسط سقفی یا همراه آن در کنار هم قرار می دهند، در مرحله بعد آرماتوربندی سقف و جاگذاری مدارهای برق و قالب بندی محل داکت و دیگر حفره های لازم در سقف به طور هم زمان اجرا می شوند.

بیش از ۲۵ سال است که نرو سیستم قالب تونلی را تولید و به تمام نقاط دنیا عرضه می کند. در مقایسه با سایر روش های ساخت سرعت بیشتری داشته و به خاطر فازی بودن سطح قالب ها دارای کیفیت برتر، دارای عمر بیشتر، مقاوم در برابر زلزله، حداکثر تولید با کمترین تعداد کارگر، با ارائه خدمات بعد از فروش و مهمتر از همه موارد ذکر شده، قیمت کم قالب های نرو برای شما بسیار جذاب می باشد. نرو، قالب های تونلی را با دستگاه های تمام اتوماتیک با کیفیت تولید بالا به شما ارائه می دهد. تخصص نرو، تولید قالب های تونلی عالی با طول عمر بالا از طریق راه حل های مناسب توسط کادر فنی مجرب می باشد.

اقتصاد: صدها بار استفاده از قالب ها بدون از دست دادن کیفیت قالب ها باعث کاهش هزینه های ساخت می شود.

سهولت استفاده: سرعت کار در ساختمان، مقاومت در برابر زلزله و سایر بلایای طبیعی سبب شده است که در تمام نقاط جهان از قالب ها استفاده شود. طرز کار با قالب ها بسیار ساده است و بدون نیاز به نیروی متخصص و فقط با یک اموزش ساده قابل مونتاژ هستند.

مدولار: با توجه به ساخت استاندارد قالب ها، پس از اتمام پروژه می توان آنها را بسته بندی کرد و همچنین می توان با اندکی تغییر در پروژهای بعدی به راحتی استفاده کرد.

بطور خلاصه تفاوت آن با سیستم کلاسیک به شرح زیر است؛

زیر تخته ها با پروفیل های مخصوص "U۱۲۰" پوشانیده شده است.

با بهره گیری از سیستم جدید ترمز غلتک صرفه جویی بسیاری در نحوه نصب، زمان مونتاژ و باز کردن قالب ها صورت می گیرد.

- **سیستم قالب تونلی معمولا به سه روش اجرا می گردد:**

۱. قالب بندی کامل و هم زمان دیوارها و سقف‌ها:

در این روش کلیه دیوارهای داخلی و خارجی (به جز دیوارهای غیرسازه ای جداکننده) و زیر سقف به طور همزمان قالب بندی و بتن ریزی می شوند و سازه ی دیوار و سقف یکپارچه ایجاد می شود.

۲.قالب های میز پرنده:

در این روش پس از اجرای یکپارچه و همزمان دیوارها توسط قالب تخت و بتن ریزی، قالب های بزرگی به صورت میز با پایه های مستقر روی چرخ یا غلتک کل سطح زیرین سقف را می پوشانند، سپس سقف آرماتوربندی و بتن ریزی می گردد، ضمنا سیستم میز پرنده ممکن است به گونه ای طراحی شود که امکان بتن ریزی هم زمان دیوار و سقف وجود داشته باشد.

۳.سقف با پیش دال:

در این روش نیز پس از اجرای دیوارها و بتن ریزی با قرار گرفتن پیش دال خرپایی یا ساده یا دال نواری بتنی بر روی لبه های دیوارهای جانبی فضاها، سیستم سقف اجرا می شود. در صورت استفاده از پیش دال پس از تعبیه آرماتورهای بالایی سقف و میلگردهای اتصال سقف به دیوار بتن ریزی قسمت بالایی پیش دال و محل اتصال پیش دال به سقف اجرا می شود و در صورت استفاده از دال نواری بتنی نیز پس از تعبیه آرماتورهای اتصال سقف و دیوار بتن ریزی محل اتصال سقف و دیوارانجام می شود ضمنا در این روش نیز امکان اجرای همزمان بتن ریزی دیوار و سقف وجود دارد.

●اجزای تشکیل دهنده ی سیستم:

۱.شالوده:

شالوده ی سیستم تونلی معمولا نواری است تا بتواند تکیه گاه سرتاسری برای دیوارهای باربرایجاد کند؛ در صورت وجود ضعف در باربری خاک می توان از شالوده ی گسترده یا شالوده ی عمیق مانند شمع ها و یا روش های تحکیم بستر استفاده کرد.

اتصال شالوده بتن مسلح و دیوار به وسیله میلگردهای انتظار که قبلا در شالوده تعبیه شده است، صورت می گیرد.

۲.دیوارها و سقف ها:

برای بتن ریزی همزمان دیوارها و سقف ها قالب های خاصی طراحی و ساخته می شود. این قالب ها با مقاطع قوطی شکل در فواصل حدود ۱۵ تا ۲۰ سانتی متر و ورق های ۳ و ۴ میلی متری فولادی تقویت می شوند. جک هایی نیز در زیر قالب برای قرارگیری مناسب تنظیم و تثبیت زاویه قالب، ایجاد خیز اولیه در سقف (حدود یک سانتی متر) و مقاومت لرزشی قاب ها به کار می روند.

۲,۱.تای بلت:

برای اینکه قالب در جای خود تثبیت شود از قطعه ای به صورت پیچ و مهره بزرگ (تای بلت) استفاده می شود که دو قالب را به هم وصل می کند، ضمنا پس از اجرا با تای بلت حفره هایی در دیوار بتنی باقی می ماند که بعدا برای نصب نما یا اجرای سکو (پلت فرم) مورد استفاده قرار می گیرد.

۲,۲.رامکا (Kicker):

رامکا قالب های نواری به ارتفاع حدود ۱۰ سانتی متر است که برای قرار دادن قالب و تغییر اندازه ی اندک آن برای باز شدن و دکفراژ (خروج) آن از محل مورد نیاز است. درواقع رامکا پایه بتنی برای دیوارهاست تا نیاز به امتداد یافتن دیوارها تا کف نباشد و به عنوان تکیه گاه قالب استفاده می شود.

۲,۳.قالب لبه:

برای قالب بندی لبه های خارجی دیوارها و دال کف از قالب های تخت و ساده ای استفاده می شود که به دو قالب بزرگ وصل می شود.

۲,۴.باز شدگی ها:

قالب بندی در دیوار و سقف باید برای باز شدگی ها پیش بینی شده باشد و تمهیدات لازم برای تثبیت قالب اطراف باز شدگی صورت گیرد.

۳.دیوارهای خارجی:

به منظور ایجاد مسیر خروج قالب ها تعدادی از دیوارهای خارجی اجرا نمی شوند که پس از اجرای اسکلت با مصالح دیگر اجرا می شود.

اتصال دیوارهای خارجی به لبه دیوارهای داخلی وکف و سقف یا با ورق های فلزی انتظار و یا با میخ کوبی در بتن صورت می گیرد و اتصال دیوارهای پوششی نما می تواند از میلگردهای درگیر در سوراخ های حاصل از تای بلت تامین گردد.

۴.پله ها :

دراین سیستم معمولا از پله های پیش ساخته استفاده می شود برای ایجاد تکیه گاه انتهای هر رامپ پله پلیت های انتظاری در دیوار تعبیه شده است که با یک نبشی سرتاسری جوش می دهند.

۵.اتصالات سازه ای:

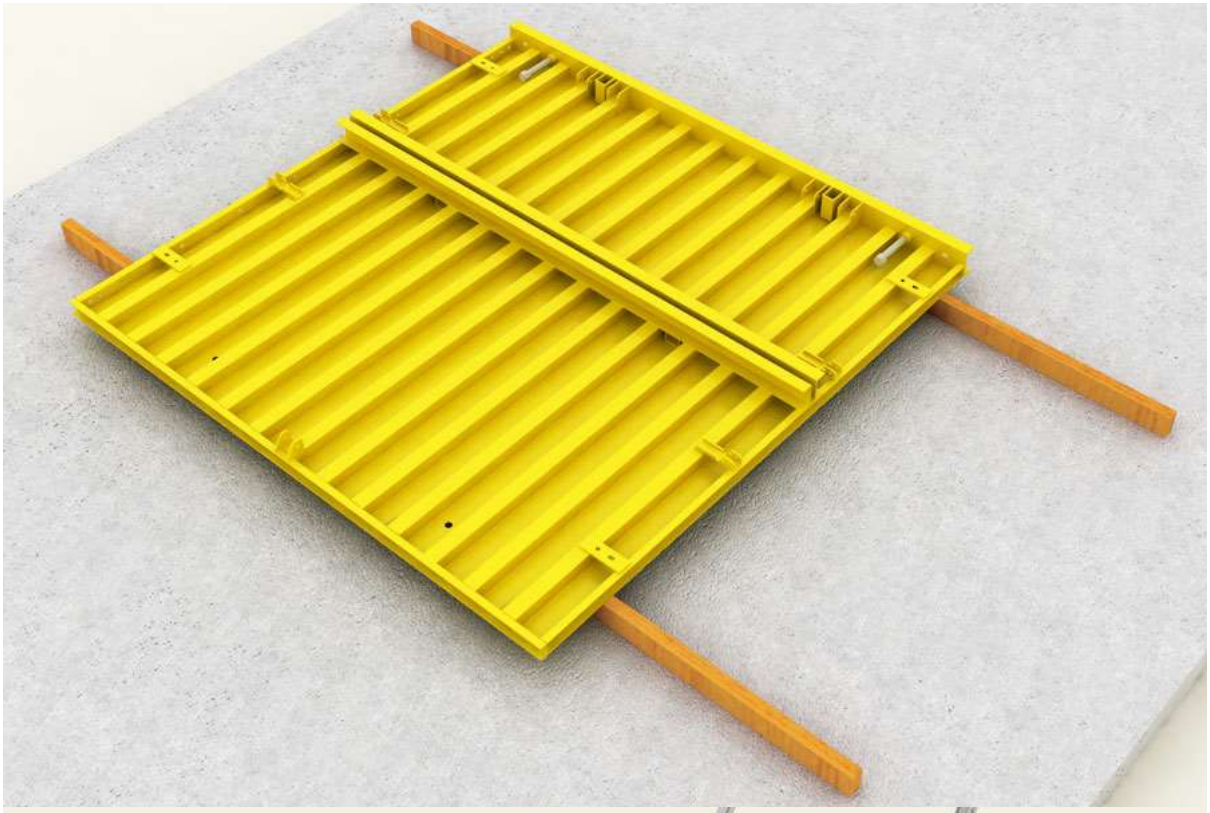
۱.اتصال سقف با دیوار:

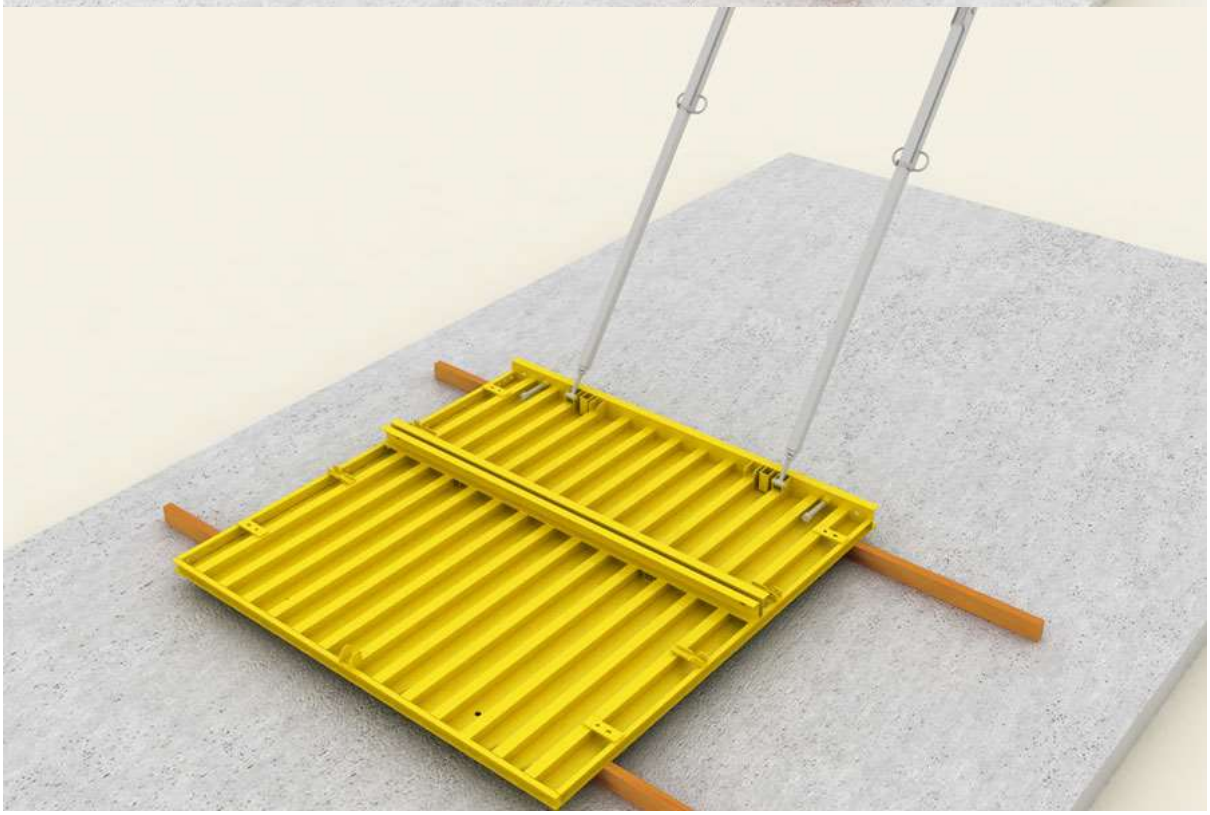
اتصالات سقف ها و دیوارها باید به گونه ای طراحی و اجرا شود که بارهای قائم و جانبی سیستم را تحمل کند، همچنین دیوارهای خارجی و نما، که معمولا پیش ساخته هستند ، برای مقابله با زلزله باید با مهاری ها یا رکابی های فلزی به سازه اصلی مهار شوند.

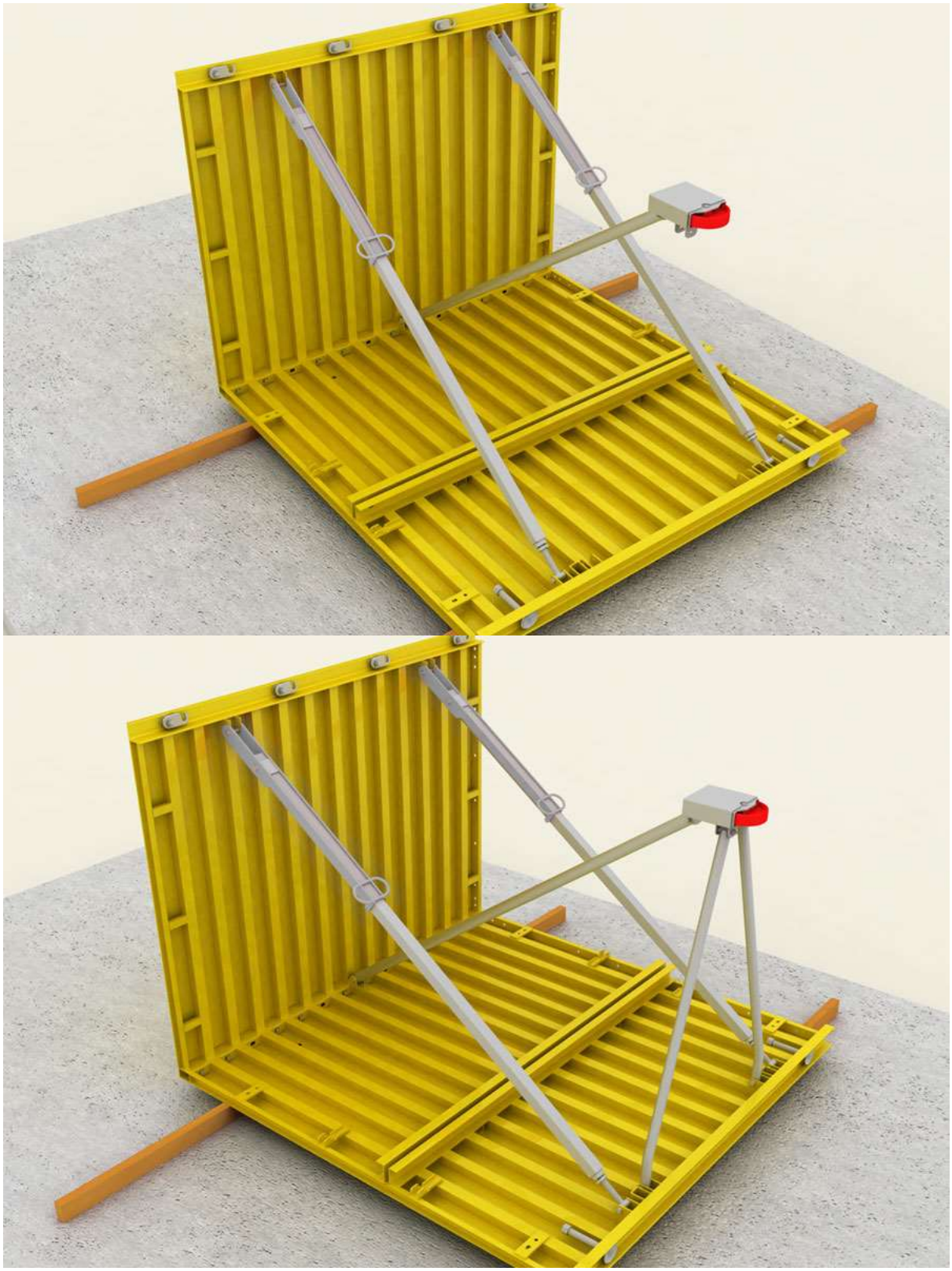
۲.دیوارها در جهت اصلی و فرعی:

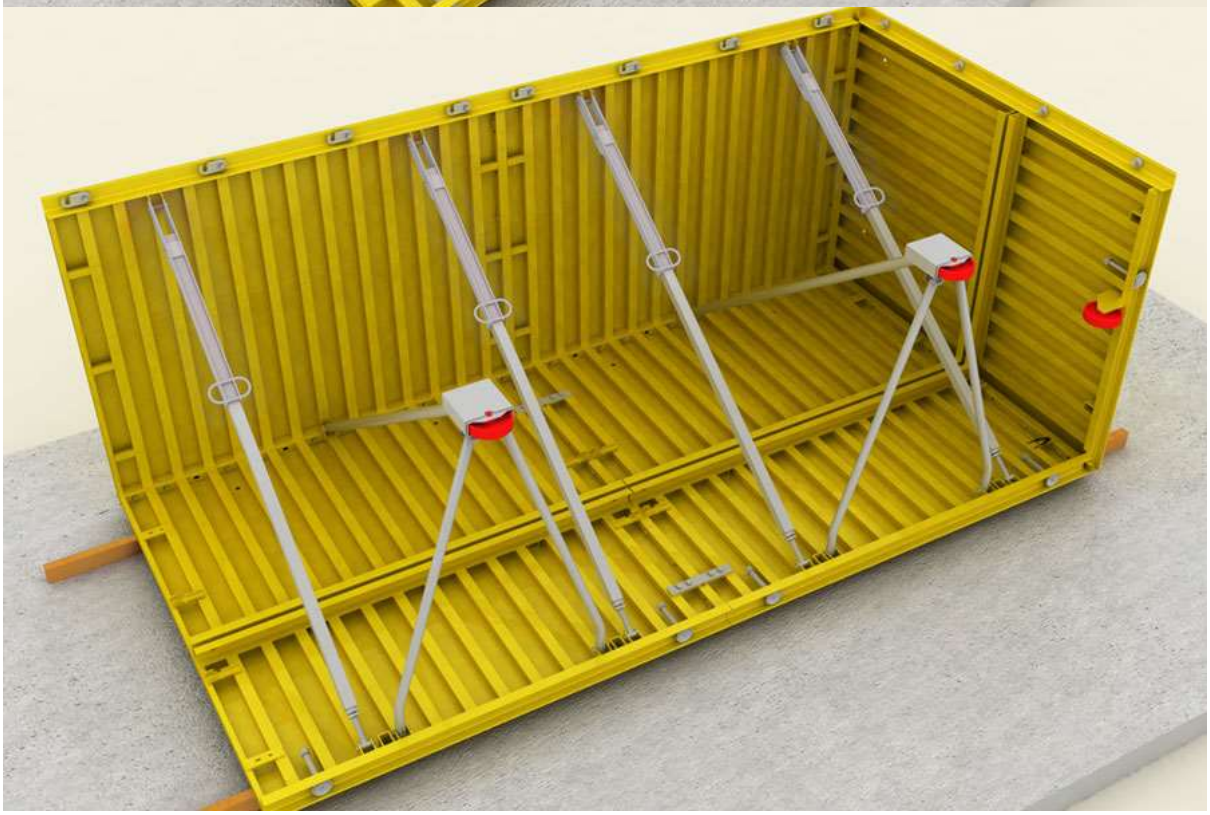
برای صرفه جویی در مصارف مصالح و عملکرد لرزه ای سازه سیستم تونلی را در دو جهت ساختمان اجرا نمی کنند، بلکه از یک یا چند ردیف دیوار متعامد میانی استفاده می کنند.

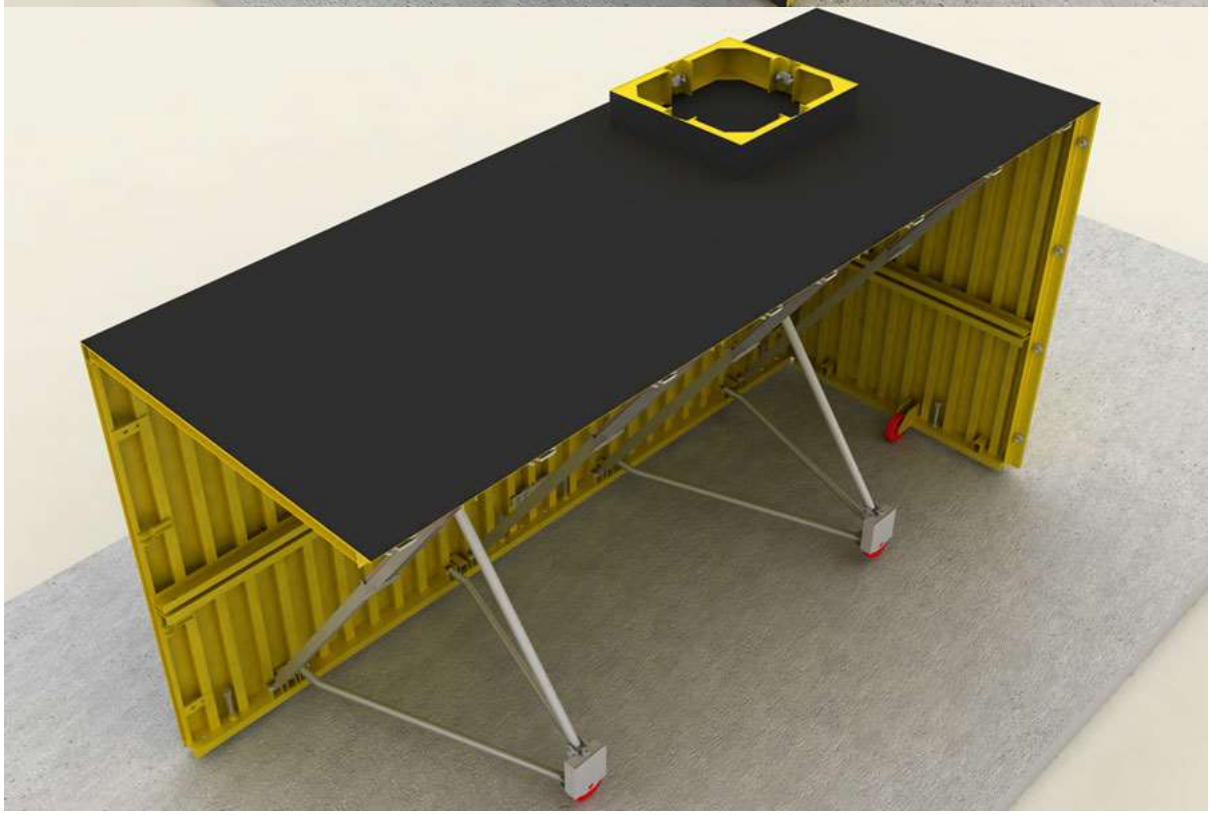
● ۳۶ عکس از اجرای این قالب را ملاحضه نمائید.

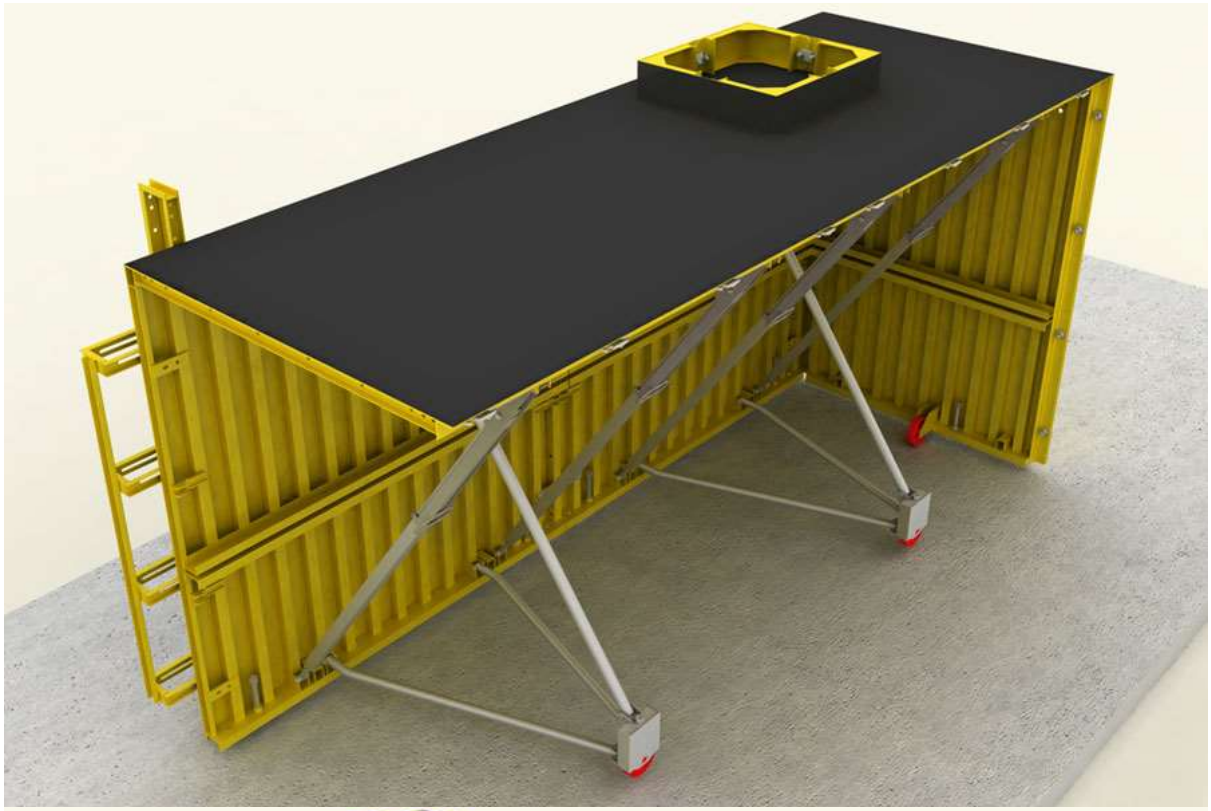


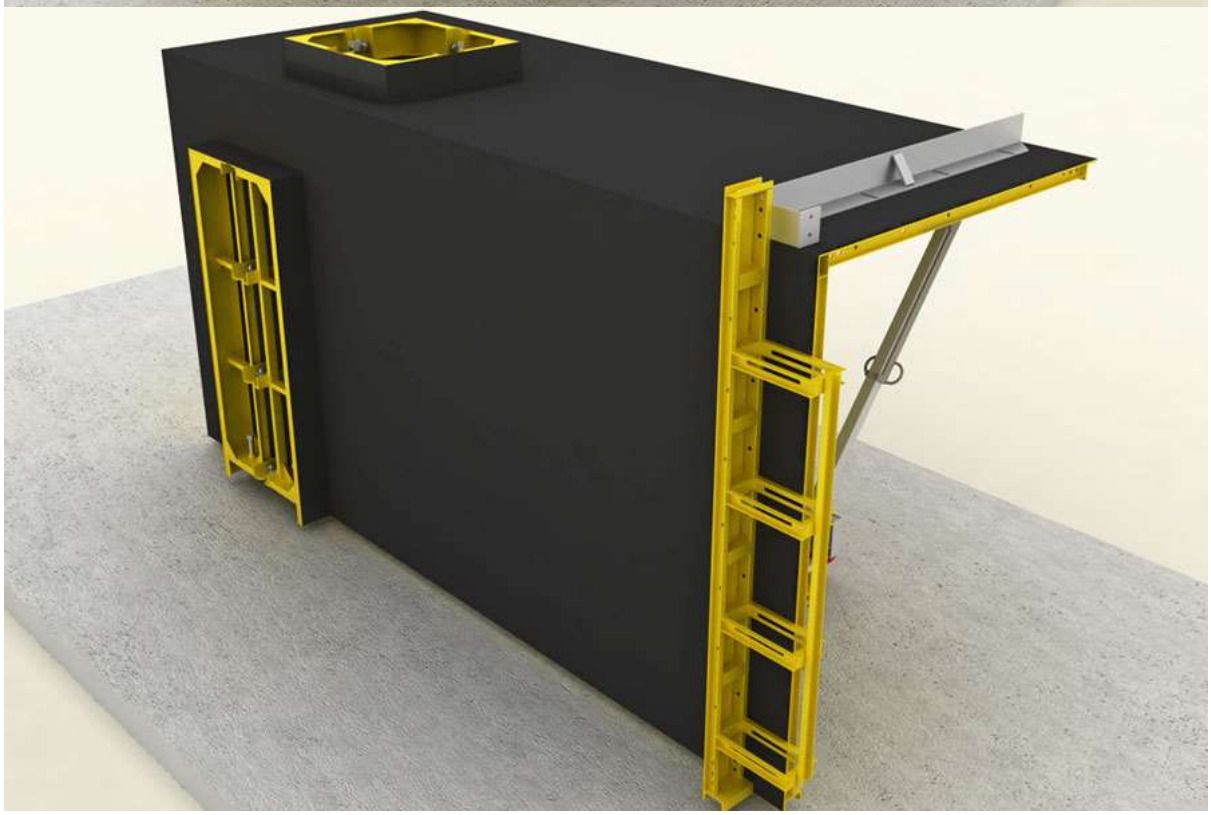


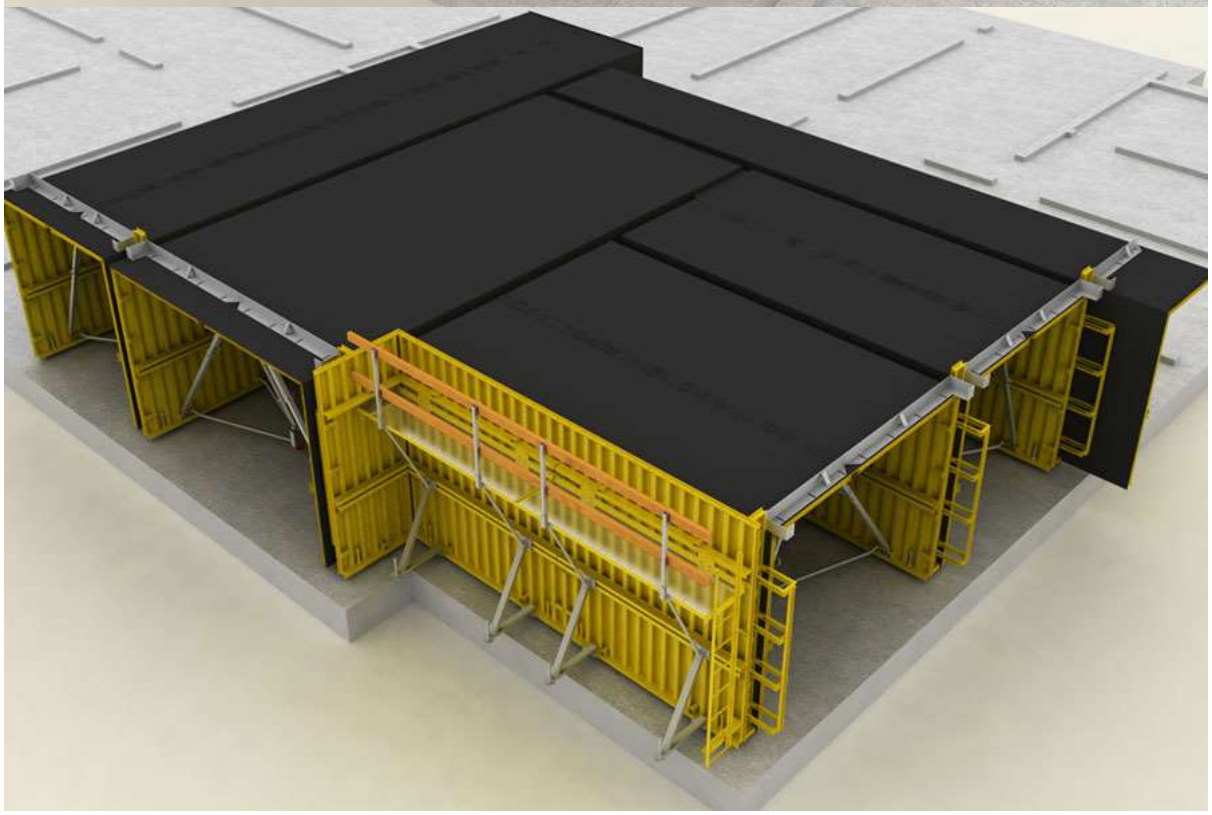


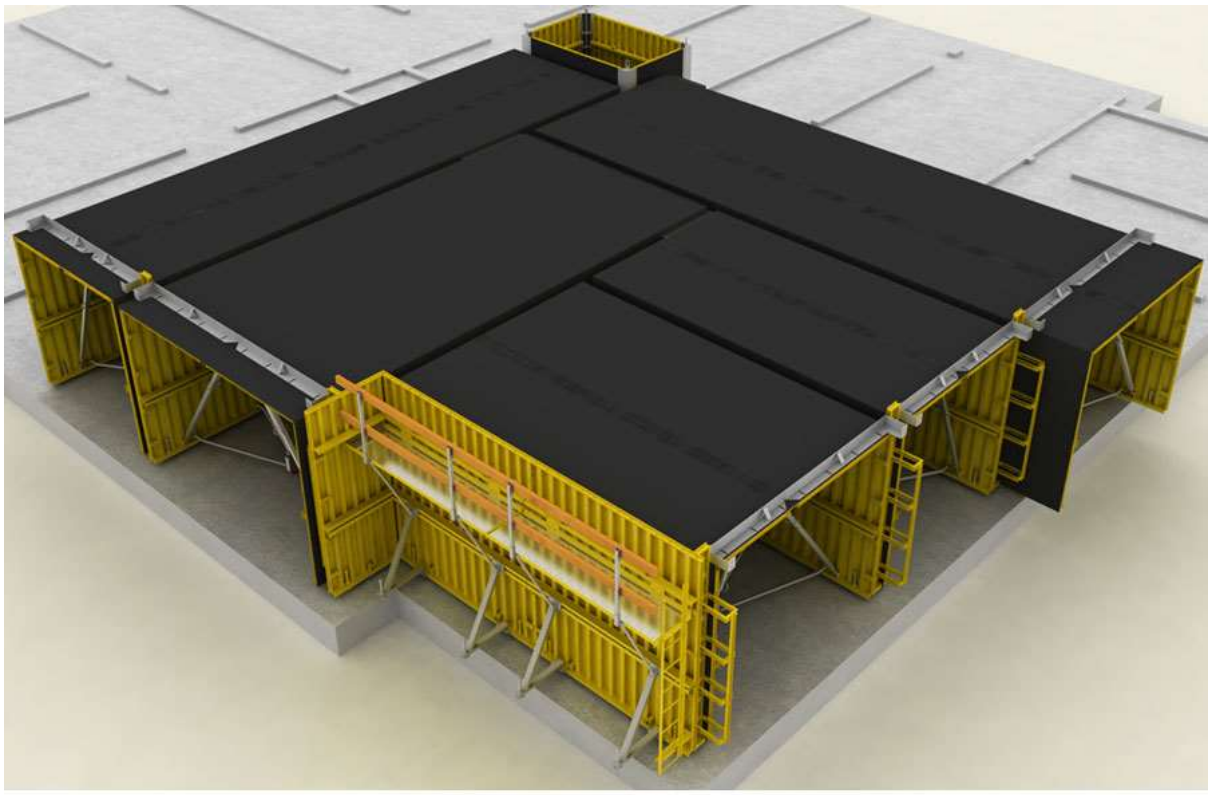


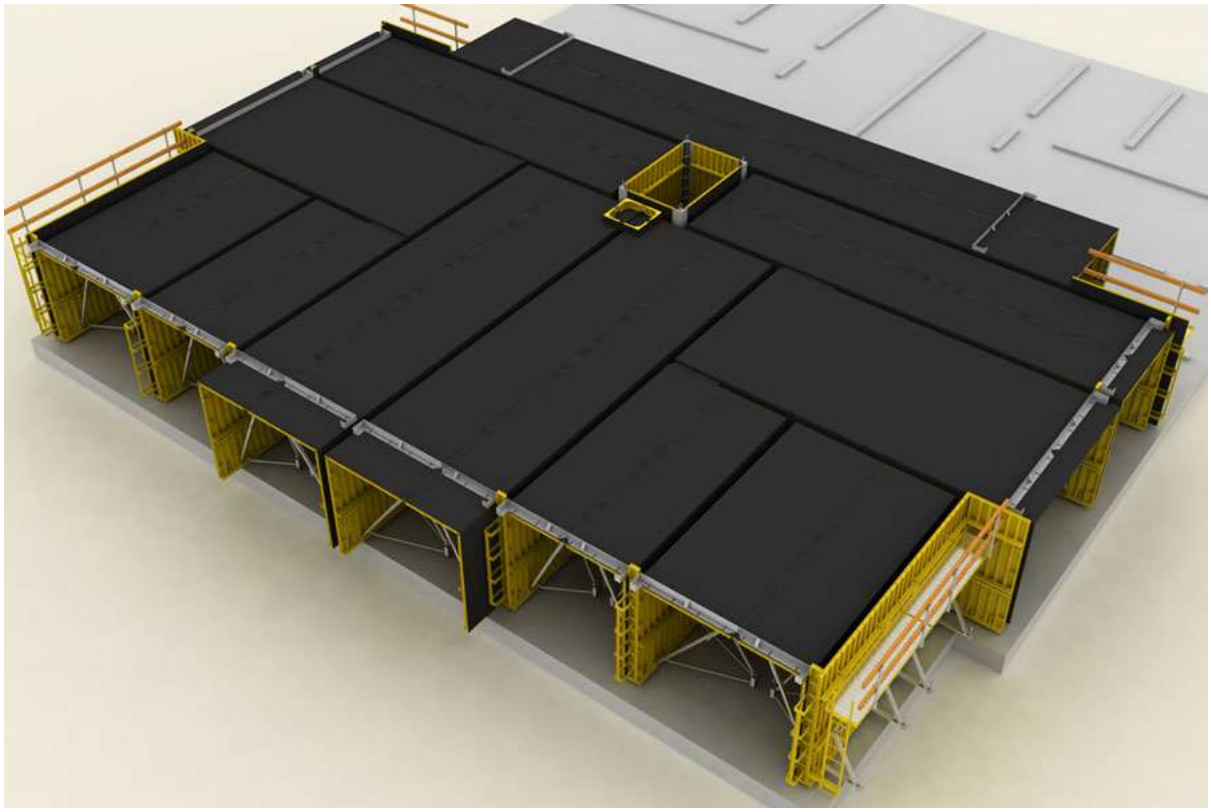


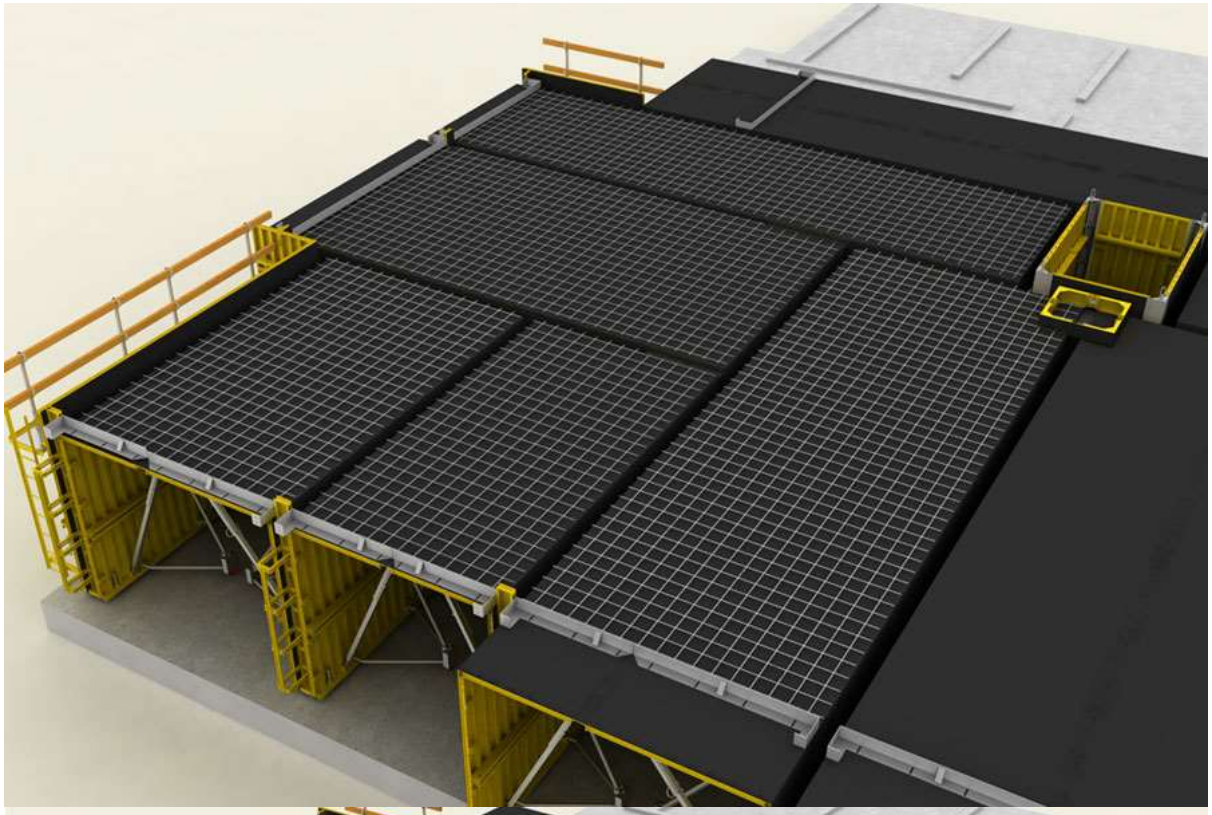


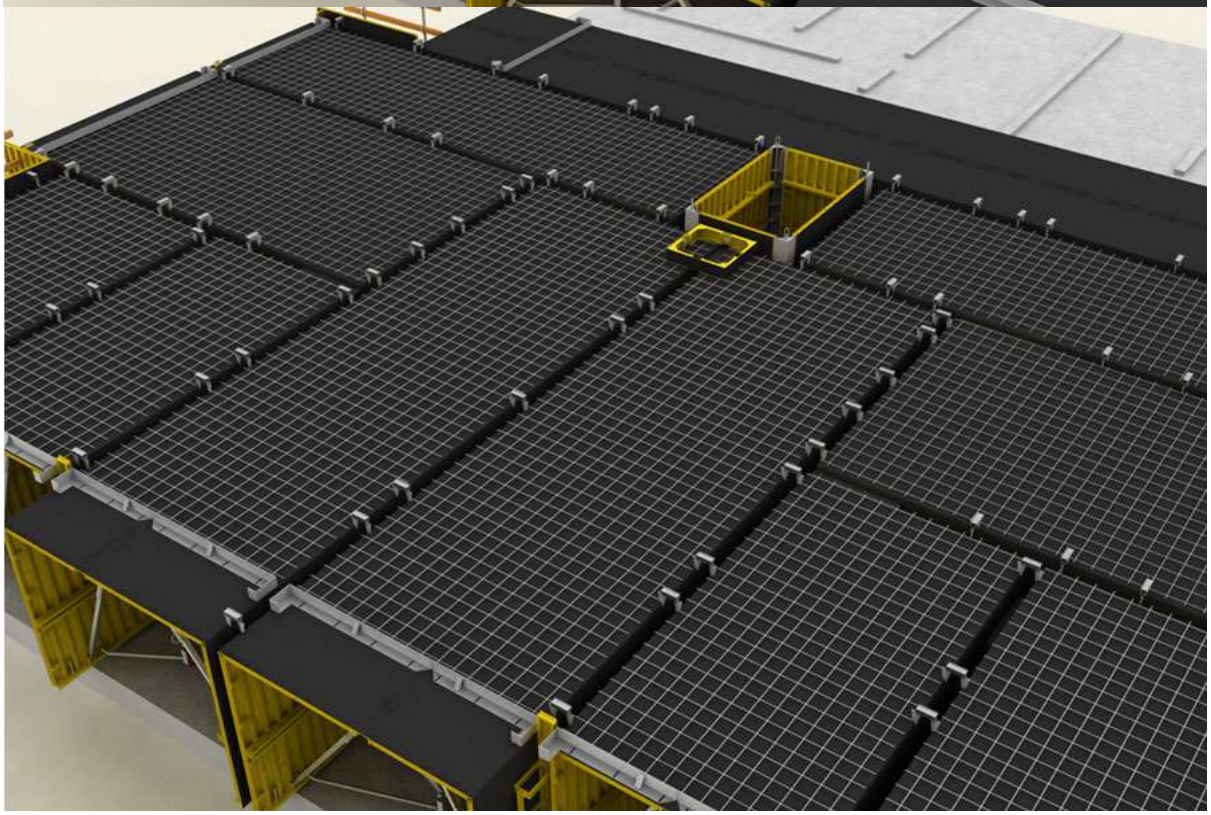


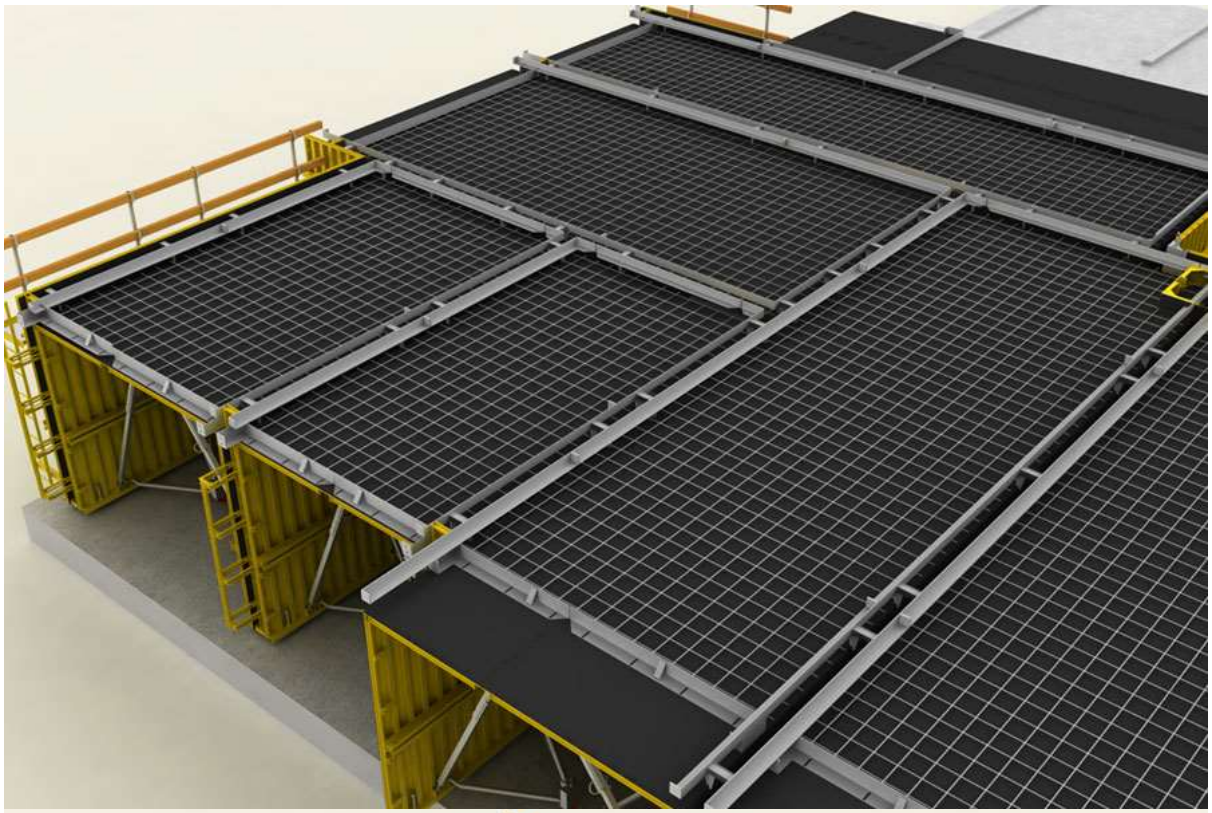


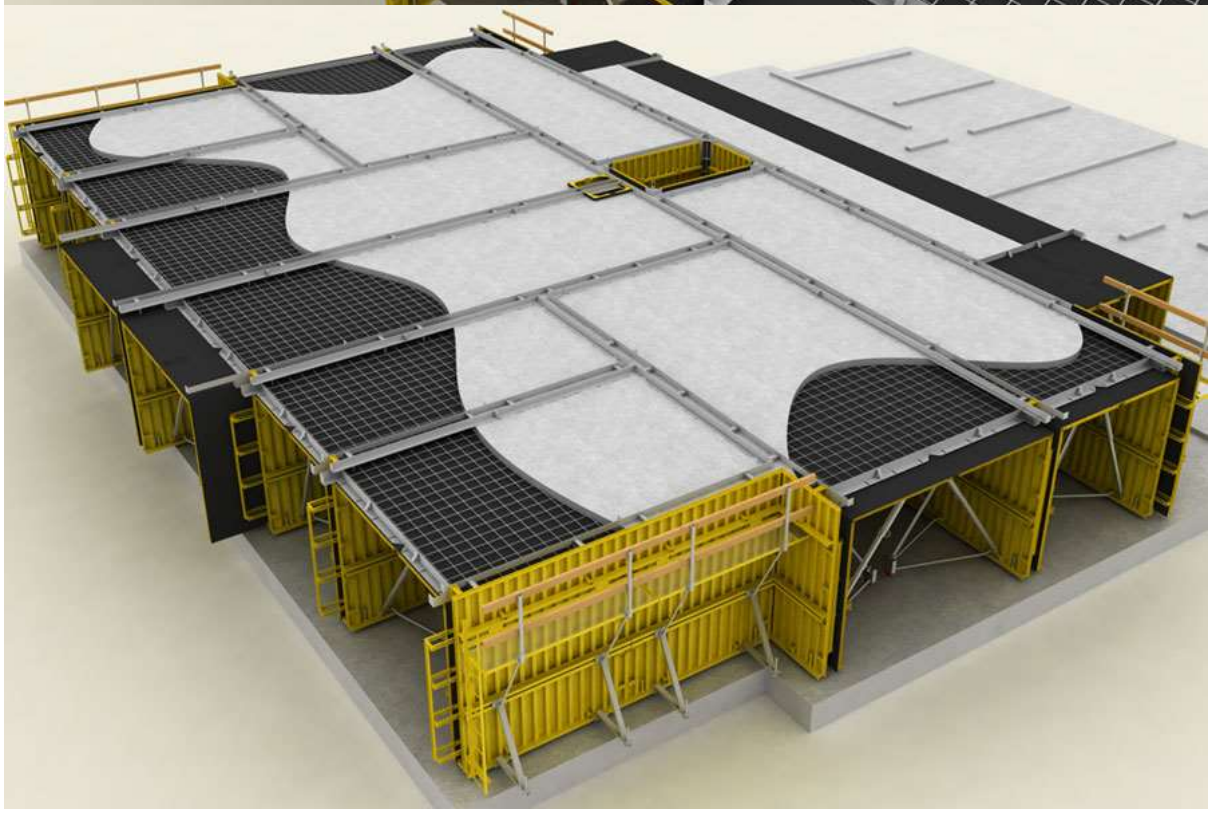


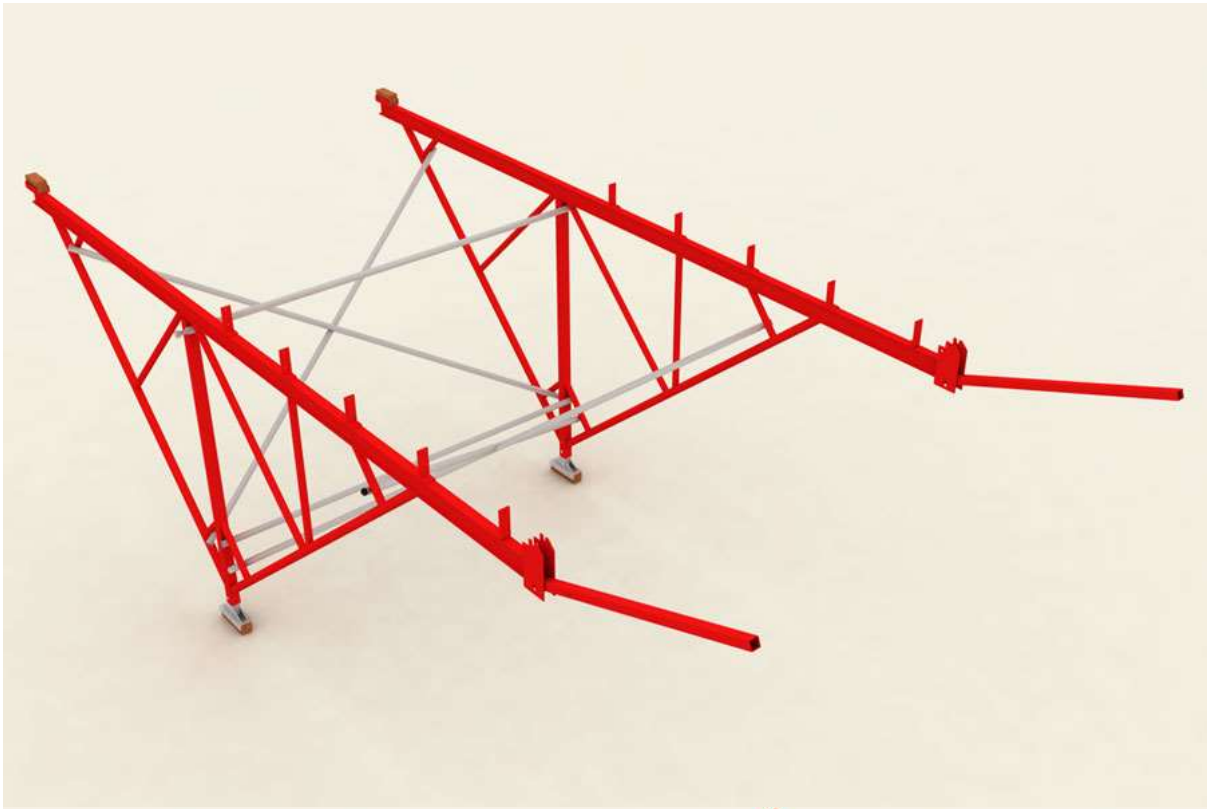


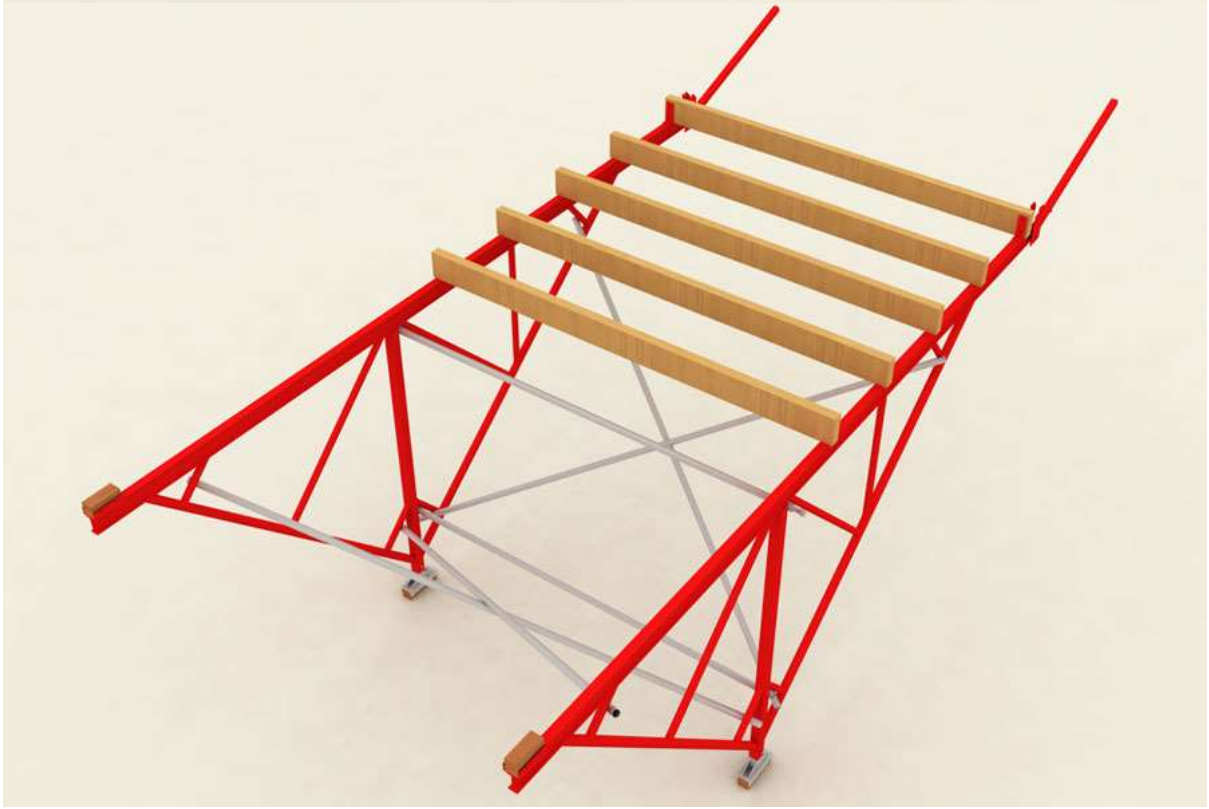


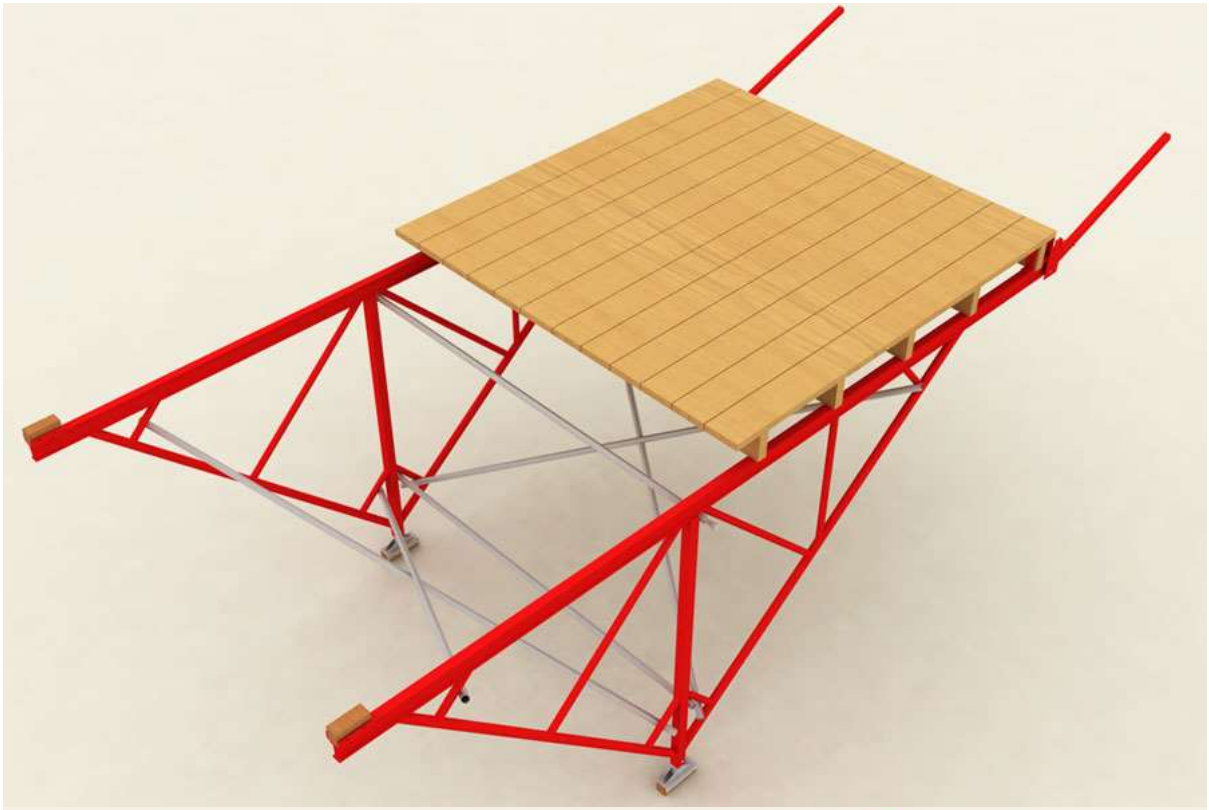


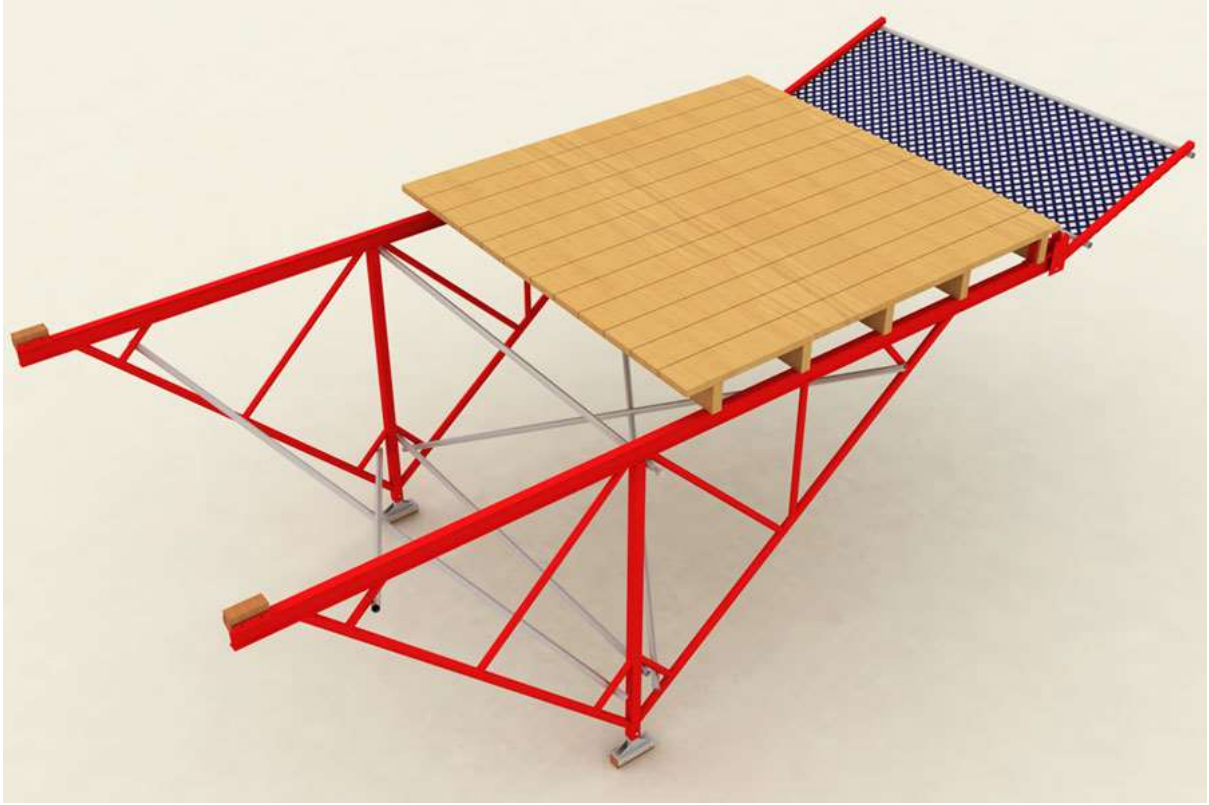


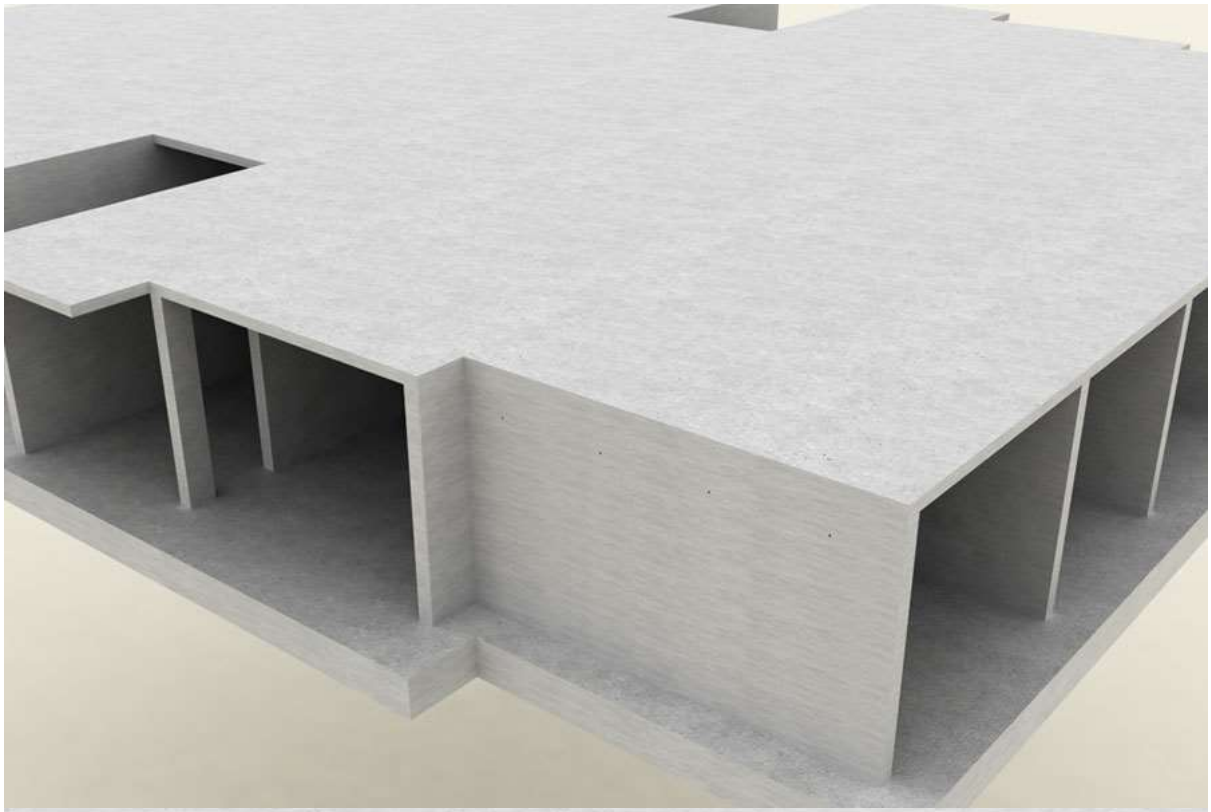


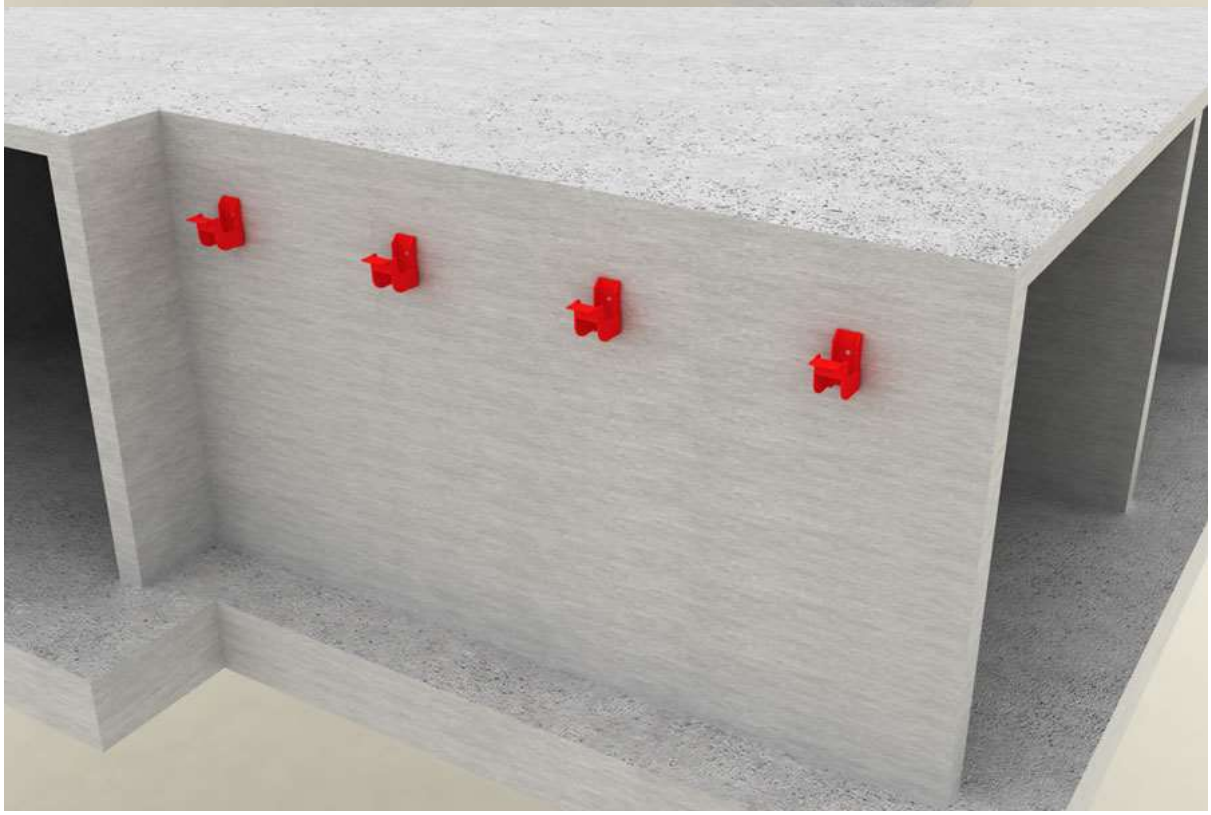


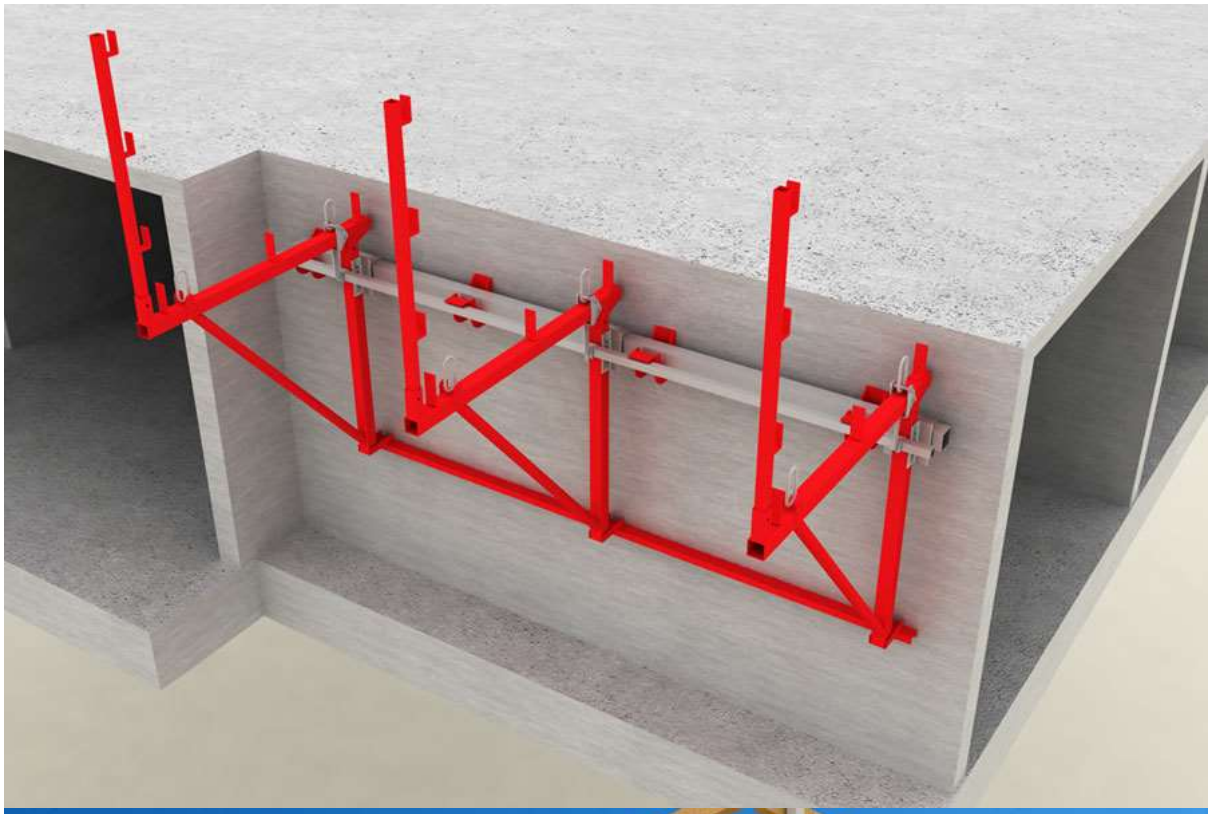


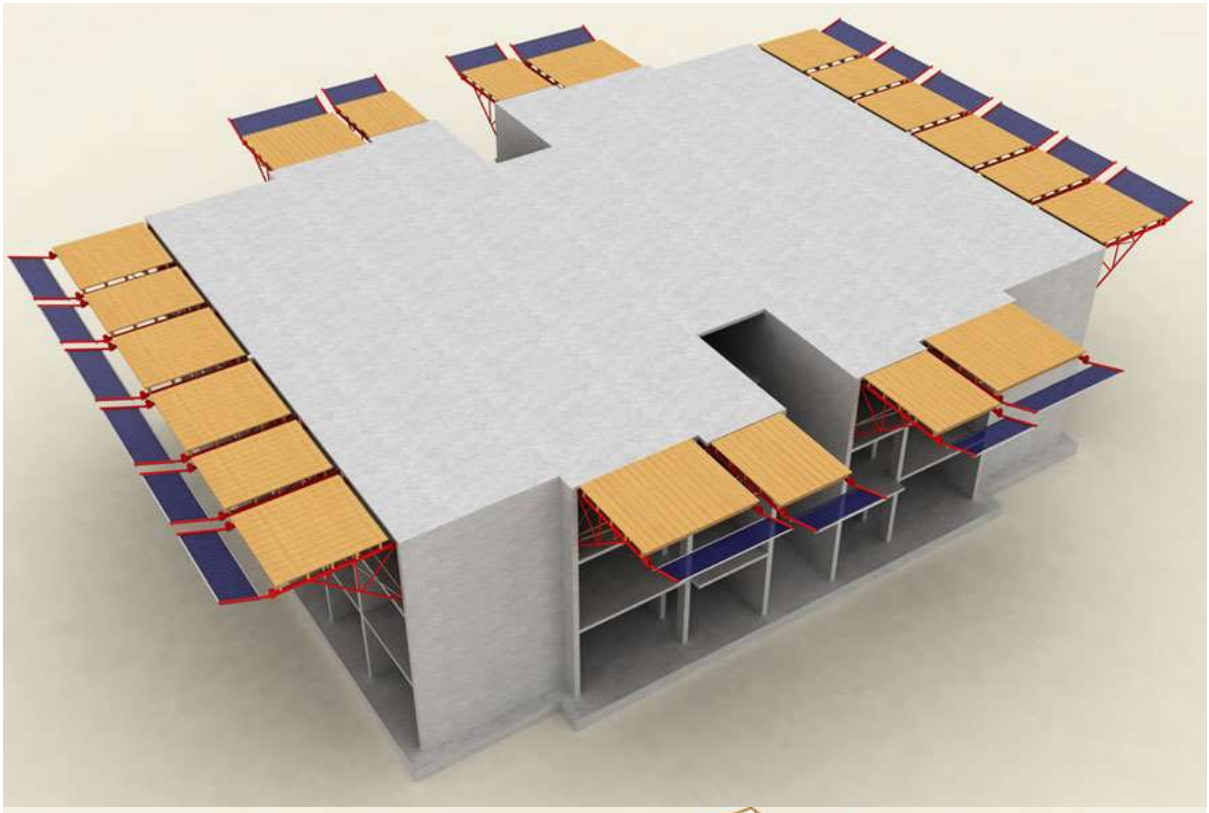


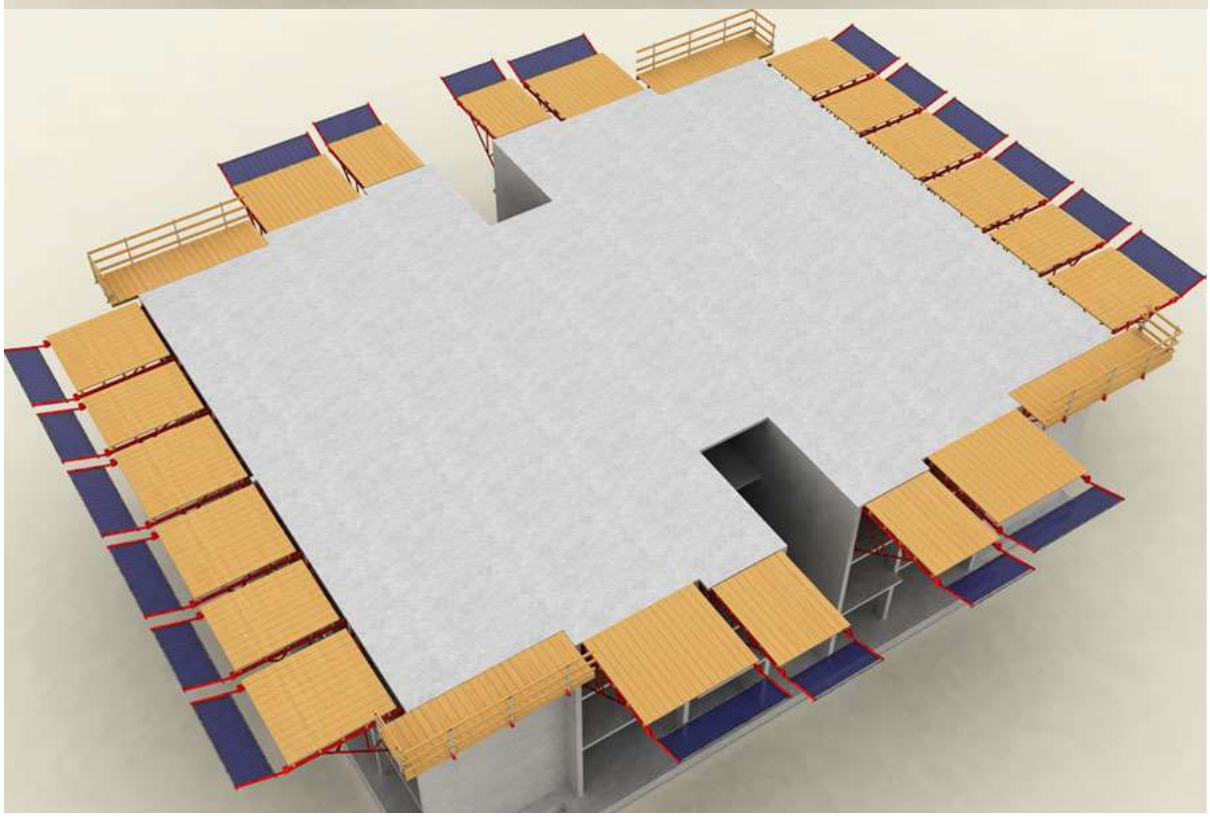


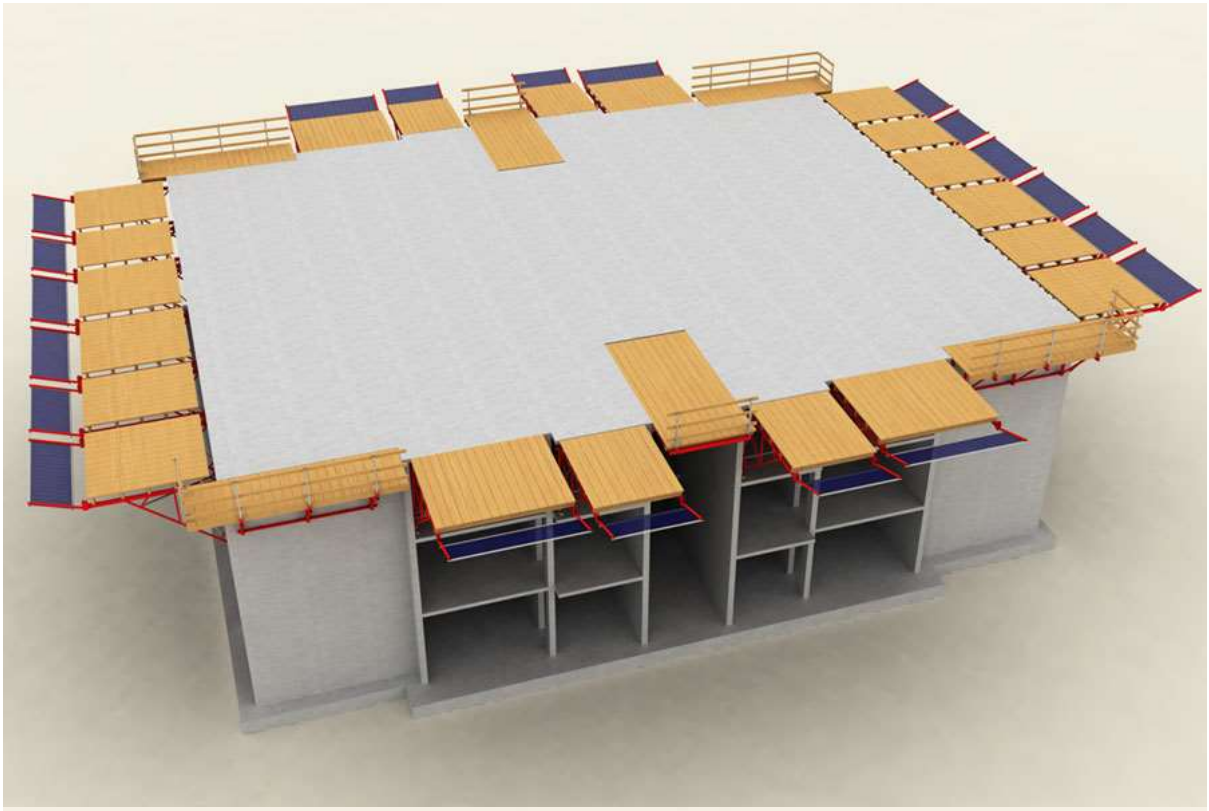


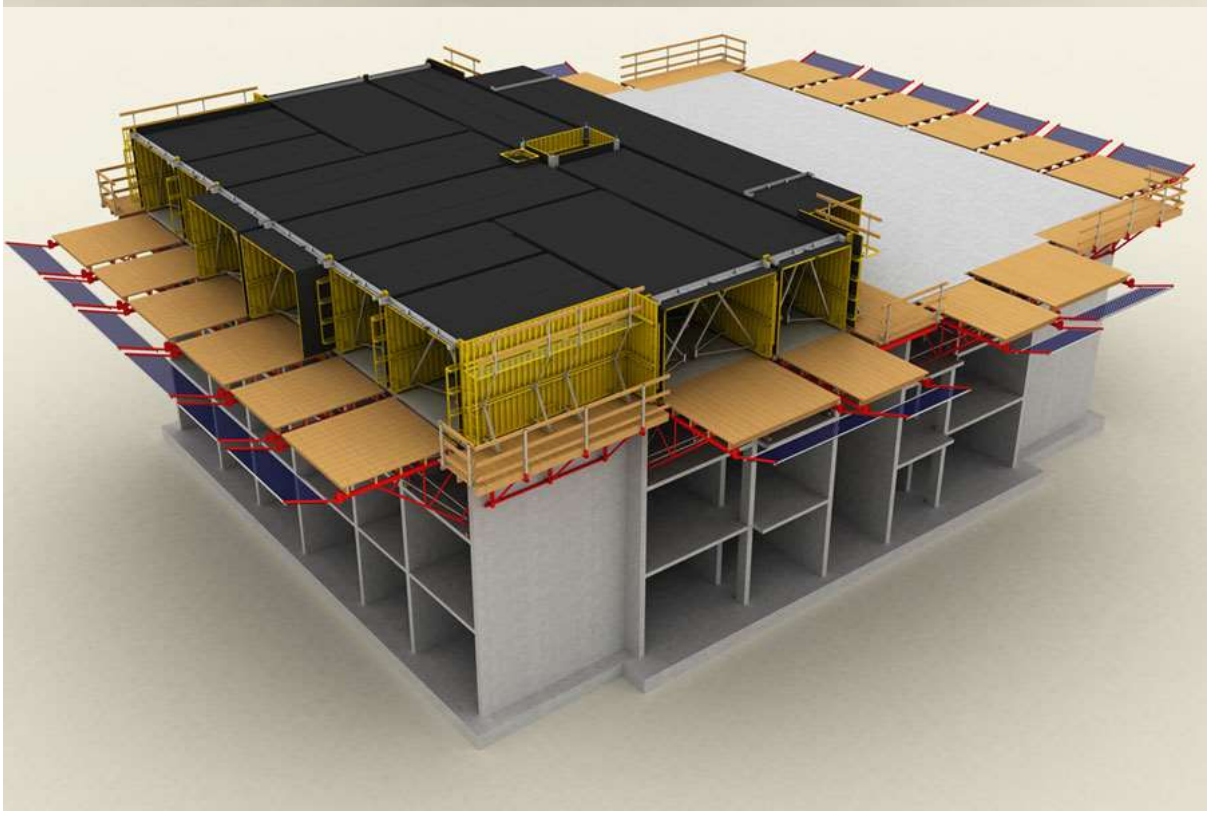










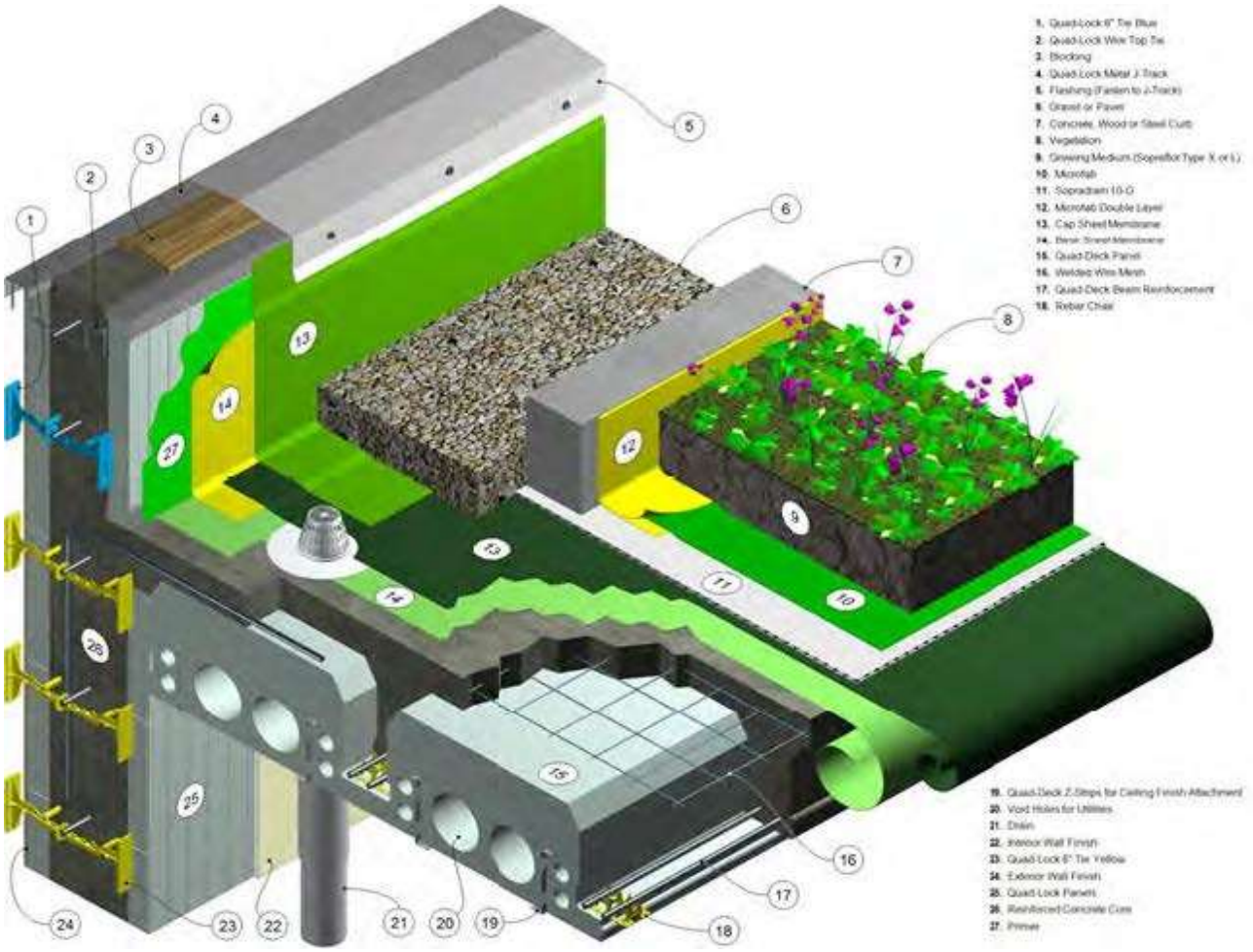


ICF سقف.۲۰

معرفی کلی سیستمInsulting concrete forms

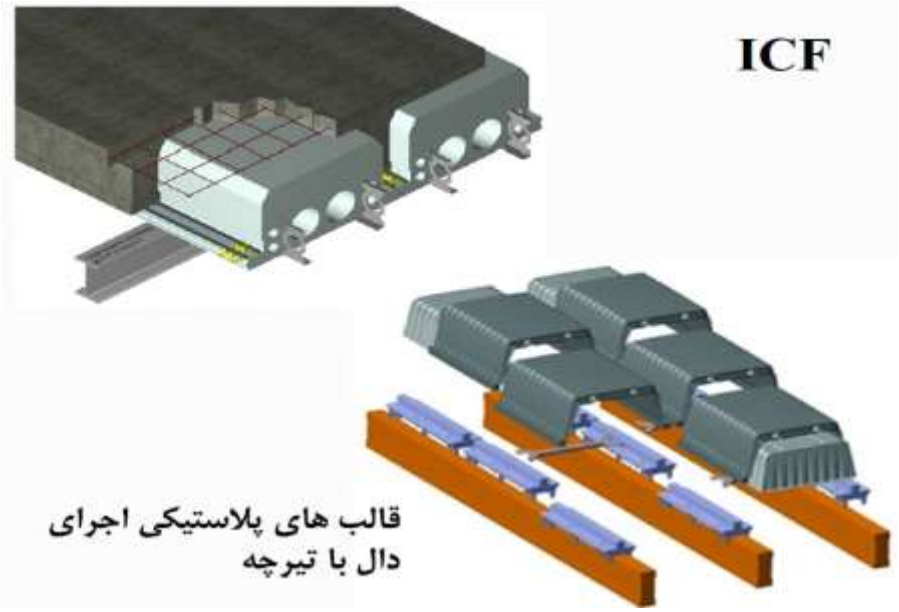
سیستم قالب عایق ماندگار(ICF) نوع خاصی از قالب بندی را ارائه می نماید که در آن قالب های سبک به صورت دائم نصب گردیده و با بتن روان پر می‌گردد. حاصل کار انجام شده ساخت اجزا سازه ای از جمله دیوارها می باشد که کاملا یکپارچه بوده و عایق مناسبی در برابر گرما، سرما و صوت می‌باشد.

این سیستم به شیوه اجرای ساختمان بتن آرمه درجا از انواع دیوار باربر با قالبهای عایق ماندگار میباشد که به نام و Insulating Concrete Formwork (ICF) سیستم قالبهای عایق Permanently Insulated (PIF) frameworkیا نام قالبهای دائمی عایق ماندگارشناخته میشود .



یکی از متداول ترین روش های کنونی در صنعتی سازی ساختمان، روش قالبهایعایق ماندگار بتن می باشد .این روش دارای سازه ای بتنی و متشکل از دیوارهایباربر بتن مسلح با قالب دو طرف دیوار از نوع پلی استایرن می باشد که قالب های پلی استایرن در سازه باقی می مانند و علاوه بر نقش قالب در بتن ریزی دیوارها، بعنوان عایق صوتی و حرارتی در کاهش مصرف انرژی برابر با مبحث ۱۹ مقررات ملی ساختمان عمل می کنند .حداکثر ارتفاع مجاز در این روش برابر آیین نامه۵۳ متر ۱۴ (طبقه)و حداقل ضخامت بتن دیوارها ۱۵ سانتیمتر می -

باشد. با این مقدمه اگر بخواهیم این روش را از نظر اقتصادی مورد ارزیابی قرار دهیم، خواهیم دید هزینه اجرای این نوع ساختمان در حدود هزینه سازه های بتنی و حتی کمی کمتر از آن بوده اما در تعداد طبقات بالا، کاهش سطح مفید ساختمان بدلیل ضخامت بیشتر دیوارها(با احتساب بتن و قالب های پلی استایرن)نسبت به سازه های فلزی و بتنی و سایر روش های صنعتی قابل مشاهده است .اما می توان صرفه جویی بسیار زیاد در انرژی بدلیل کاربرد دو لایه پلی استایرن در دیوارها، همچنین مقاومت و سختی بالاتر این سازه در برابر زلزله، سرعت بالای اجرا و جلوگیری از پرت مصالح و هزینه مناسب اجرا را بعنوان نقاط قوت این نوع سازه به حساب آورد.



●انواع

سیستم ICF از نظر قالب بندی به سه دسته افقی، عمودی و پانلی تقسیم می‌شوند:

۱.سیستم افقی

در این سیستم عملیات قالب بندی به صورت افقی انجام می پذیرد. قالب های این سیستم بلوک‌هایی هستند که با داشتن برآمدگی و تورفتگی‌هایی، به راحتی در هم چفت و بست می‌شوند. بلوک‌ها معمولا دارای ابعادی نزدیک به ۳۰×۱۲۰ cm هستند، که با قرارگیری در کنار هم، قالبی برای دیوار بتنی تشکیل می‌دهند.

۲.سیستم پانلی

در این سیستم، از قطعات بزرگ‌تر تخته پلی‌استایرن استفاده می‌شود. ابعاد متداول برای این نوع قالب‌ها عرض ۱۲۰ سانتی متر و ارتفاع طبقه است. در این حالت میلگردگذاری آن در یک راستا، یا در بعضی موارد در دو جهت و اغلب در فرآیند تولید پانل انجام می‌گیرد.

۳.سیستم عمودی

در این سیستم قالب‌ها به صورت نوارهای عمودی در کنار یکدیگر نصب می‌شوند. سایز قالب‌ها به نسبت سیستم های افقی بزرگ‌تر می‌باشد و آرماتورگذاری بنا به نیاز طرح در کارگاه صورت می‌گیرد. در شکل اجزای تشکیل دهنده این سیستم را مشاهده می‌کنید.

امروزه با توجه به مزایای سیستم قالب عمودی نسبت به انواع دیگر قالب‌بندی که اشاره خواهد شد، بیشتر از این سیستم استفاده می‌شود و این روش به عنوان بهترین فناوری ساختمانی توسط موسسه فناوری های نوین مسکن در ایالات متحده امریکا در سال ۲۰۰۷ میلادی انتخاب گردیده است.

- **مزایای سیستم عمودی :**

با توجه به سایز قالب‌ها و نحوه قرارگیری آن‌ها عملیات اجرایی نسبت به دو سیستم دیگر سریع‌تر انجام می‌گیرد.

قالب‌ها به صورت خود ایستا بوده و امکان دسترسی به درون قالب به جهت تکمیل و یا اصلاح آرماتور بندی و یا ثابت کردن و محکم کردن آرماتورها به یکدیگر به راحتی وجود دارد در صورتی که در دو سیستم دیگر ممکن نیست.

قالب‌ها و تیرهای I شکل به صورت جداگانه به کارگاه حمل شده و هزینه حمل به نسبت سیستم پانلی به مراتب پایین‌تر خواهد بود. همچنین با توجه به ابعاد قالب‌ها حمل آن‌ها در کارگاه به سادگی و توسط یک کارگر بدون نیاز به کمک دیگری و یا جرثقیل، امکان پذیر است.

- **ویژگی های فنی برخی مصالح مورد استفاده:**

۱.پلی استایرن منبسط

بخش عمده قطعات قالب گم ICF از پلی استایرن منبسط تشکیل می شود. به ندرت کامپوزیت پلی استایرن – سیمان، فوم پلی یورتان و یا پلاستیک ها جایگزین آن می شوند. گرانول های پلی استایرن پیش منبسط شده معمولا در قالب هایی ریخته می شوند و در فرایندی همراه با حرارت و رطوبت (بخار آب تحت فشار) به شکل قالب و به صورت یکپارچه در می آیند. بخش عایق(پلی استایرن منبسط) دارای چگالی بین ۲۴ الی ۳۲ kg/m^3 است.

۲.بتن

مقاومت ۲۸ روزه آن در تمامی گواهی نامه های فنی بیش از MPa ۱۷ واندازه سنگدانه‌ها در اکثر گواهی نامه‌های فنی کم تر از mm۱۹ در نظر گرفته شده است.در معدودی از گواهی نامه ها،اندازه سنگدانه ها وابسته به ضخامت دیوار است.

روانی بتن باید به اندازه ای باشد تا به راحتی در قالب جای گرفته و به حداقل عملیات لرزش نیاز باشد و در عین حال بتنی متراکم و کم تخلخل حاصل شود. بدین منظور اسلامپ بتن بین ۱۰۰ تا ۱۵۲ میلی متر توصیه شده است.

۳.رابط ها

رابط هایی که برای اتصال لایه های پلی استایرن طرفین در نظر گرفته می شود بیشتر پلیمری هستند .در اکثر موارد، برای ساخت این قطعات از پلی پروپیلن با چگالی بالا استفاده می شود. پلی استایرن مقاوم در برابر ضربه نیز به این منظور می تواند به کار رود. در برخی از سیستم ها نیز مشاهده می شود که از رابط های فولادی با پوشش گالوانیزه استفاده می شود.

میلگردهای مورد استفاده در این سیستم نیز از انواع متداول فولادهای سازه ای آج دار برای ساخت دیوارهای بتنی اجرای درجا هستند و دارای تنش تسلیم هایی بین ۲۸۰ تا ۴۰۰ MPa هستند.

- **روش اجرای سیستم عمودی**

پس از اجرای پی و تعبیه آرماتورهای انتظار در آن ناودانی های گالوانیزه (رانرها) با میخ های شلیکی در محل خود نصب می شوند. سپس نصب قالب ها از گوشه ساختمان آغاز می شود. بعد از قراردهی هر قالب یک خرپای I شکل برای اتصال قالب های دیگر قرار داده می شود و به همین ترتیب قالب گذاری ادامه پیدا می کند.

پس از قراردهی قالب ها نوبت به آرماتوربندی آن ها می رسد. البته لازم به ذکر است که یکی از ویژگی های این سیستم این است که می توان نصب قالب ها را در ابتدا تنها از یک طرف انجام داد و بعد از عملیات آرماتورگذاری طرف دیگر را نصب کرد.

پس از آرماتورگذاری عملیات بتن ریزی به وسیله ماشین های مخصوص انجام می گیرد. البته متاسفانه این نوع ماشین ها در داخل کشور وجود ندارد و از جرثقیل های معمولی استفاده می شود.

- **مقایسه دو سیستم ICF و TCF**

- **چکیده:**

امروزه با توجه به نیاز روز افزون کشور به مسکن و طرح های دولت برای ساخت مسکن از جمله طرح مسکن مهر، نیاز به ساخت سریع و ارزان مسکن مقاوم در برابر زلزله احساس می‌شود. به این ترتیب مشخص است که استفاده از سیستم‌های سنتی در امر ساخت و ساز جوابگوی نیاز جامعه نبوده و استفاده از فناوری‌های نوین در این بخش اجتناب ناپذیر می‌باشد. دو نمونه از سیستم‌های مطرح در این زمینه سیستم قالب تونلی(TCF)وسیستم قالب عایق ماندگار(ICF)می‌باشد.

یکی از روش‌های متداول ساختمان‌سازی استفاده از سیستم باربر دیوار و سقف بتنی است. سرعت، کیفیت و هزینه تمام شده اجرای این روش به نحو چشم‌گیری در گرو انتخاب، طراحی و مدیریت سیستم قالب‌بندی است. سیستم های قالب عایق ماندگار (ICF) و قالب تونلی(TCF) از جمله روش‌های اجرای دیوار باربر و سقف بتنی می‌باشد.

در سیستم ICF اجرای ساختمان بتن‌آرمه با قالب‌های عایق ماندگار پلی‌استایرنی صورت می‌پذیرد و دیگر نیازی به استفاده از قالب های جانبی نیست. در صورتی که در سیستم قالب تونلی از قالب‌های فلزی یا چوبی استفاده می شود که بعد از عملیات بتن ریزی و گیرش بتن برداشته می‌شود.

در ادامه سعی می‌شود که به منظور مقایسه دو سیستم پارامترهای مختلف سازه‌ای و اجرایی مورد بررسی قرار گیرد. در هر سیستم ساختمان سازی همواره رفتار لرزه ای از مهم ترین ویژگی هاست. در بررسی رفتار لرزه ای یک سازه پارامترهای مختلفی دخیل هستند که در ادامه برای دو سیستم مذکور مورد بررسی قرار خواهدگرفت. همچنین با توجه به ارزش سوخت بحث عملکرد حرارتی نیز بسیار حائز اهمیت است که باید در مورد هر سیستم ساختمانی مورد بررسی قرار گیرد. از جمله بحث های سازه ای دیگر که باید مورد توجه قرار گیرد مقاومت در برابر آتش و عملکرد آکوستیکی سیستم می باشد.

در پروژه های انبوه سازی همواره بحث های اجرایی بسیار حائز اهمیت است. بحث هزینه تمام شده همواره در صدر توجهات قرار داشته است و می تواند اهمیت ویژه ای در بررسی یک سیستم ساختمانی داشته باشد. سرعت اجرایی ساختمان می تواند انتخاب و یا عدم انتخاب یک سیستم را برای پروژه های انبوه سازی تحت الشعاع قرار دهد.

در ادامه سعی خواهد شد تا پارامترهای ذکر شده را در مورد دو سیستم قالب تونلی و قالب عایق ماندگار با قالب عمودی مورد ارزیابی قرار دهیم تا برتری هر سیستم بر دیگری در هر قسمت مشخص شود.

- مقایسه پارامترهای سازه ای

در این بخش سعی می شود تا پارامترهای سازه ای این دو سیستم به تفکیک با یکدیگر مقایسه گردند.

- رفتار لرزه‌ای

به طور کلی این دو سیستم توانایی بسیار خوبی را در مقابله با زلزله و طوفان از خود نشان داده‌اند به طوری‌که در زلزله‌های گذشته از معدود ساختمان‌های به جا مانده پس از زلزله بوده‌اند. در زیر نمونه ای از این موارد را مشاهده می‌کنید:

عناصر باربر اصلی در ساختمان با سیستم ICF و تونلی دیوارهای باربر (دیوار برشی) و دال‌های تخت نسبتا نازک هستند.

از دلایل عملکرد مناسب این دو سیستم در برابر زلزله می‌توان به یکپارچگی مناسب دیوار و سقف اشاره کرد. البته این یکپارچگی در دو سیستم مذکور به دو نحو متفاوت تامین می‌شود. در سیستم ICF اتصال سقف به دیوار توسط میلگردهای خم شده و بتن درجا به نحوی صورت می‌گیرد که یک اتصال گیردار برای انتقال بارهای ثقلی و یک اتصال برش‌پذیر برای انتقال بارهای درون صفحه‌ای ناشی از زلزله به وجود آید.

اما در سیستم تونلی اتصال دیوارهای داخلی و کناری به سقف با اجرای همزمان دیوار و سقف تامین می‌شود. البته در زلزله‌های گذشته نقطه ضعفی که ساختمان‌های دارای سیستم تونلی از خود نشان داده‌اند به پانل‌ها و پله‌های پیش‌ساخته که از عناصر غیرسازه ای هستند مربوط می شود که با تدابیری می‌توان این مشکل را برطرف نمود.

یکی از عوامل مهم برای بهبود عملکرد لرزه‌ای سازه توجه به سبکی آن است. هر دو سیستم ICF و تونلی در مقایسه با سیستم‌های متداول بتنی و فولادی اندکی سبک‌تر هستند. با این که مصرف بتن در اجرای سیستم تونلی بیشتر از سیستم ICF است اما به دلیل کاربرد بیشتر میلگرد و آهن‌آلات در سیستم ICF به نظر می‌آید وزن سیستم تونلی کمتر باشد و به این ترتیب رفتار لرزه‌ای بهتری را از این منظر از خود بروز می‌دهد.

مشاهده زلزله‌های گذشته حاکی از آن است که هرچه تعداد اعضای سازه‌ای مشارکت کننده در باربری (نامعینی) بیشتر باشد عملکرد لرزه‌ای آن مناسب‌تر است . به طور کلی تامین درجه نامعینی مورد نیاز به وسیله خطوط دیوار یا قاب در هریک از جهت‌های اصلی صورت می‌پذیرد. در هر دو سیستم مذکور با توجه به تعداد زیاد خطوط دیوار در هر دوجهت نامعینی مورد انتظار تامین خواهد شد.

یکی از مواردی که رفتار لرزه‌ای این دو سیستم را تهدید می‌کند اجرای نامناسب رامکاست. این قطعه زمانی که با ملات اجرا می‌شود پیوستگی بتن دیوار را دچار مشکل می‌کند و در پای دیوار که محل بروز بیش‌ترین لنگر خمشی است به صورت موضعی دیوار را دچار ضعف می‌کند. همچنین اگر رامکا همزمان با دیوار و سقف پایینی اجرا نشود درز سرد به وجود می‌آید. بنابراین در صورت الزام اجرای رامکا این قطعه باید از بتن ساخته شده و همزمان با بتن ریزی دیوار و سقف پایینی اجرا شود.

- محدویت معماری:

در سیستم ICF به دلیل زیاد بودن ضخامت دیوارها بار مرده سیستم زیاد می‌شود در نتیجه لازم است دیوارهای طبقات مختلف درست دریک راستا قرار بگیرند. در سیستم تونلی نیز به دلیل روش اجرایی خاص سیستم، دیوارهای سازه‌ای متعدد به صورت موازی قرار می‌گیرند و به همین دلیل هر دو سیستم مذکور دارای محدودیت در زمینه معماری هستند. البته آزادی عمل در سیستم ICF بیشتر است.

- تعداد طبقات:

حداکثر تعداد طبقات سیستم ICF بستگی به نوع رابطها دارد. این رابطها معمولا پلیمری هستند و در بعضی سیستم‌ها نیز از رابط‌های فولادی با پوشش گالوانیزه استفاده می‌شود.

چنانچه به جای رابط فلزی از رابط‌های پلاستیکی استفاده شود به خاطر مسائل آتش‌سوزی حداکثر ارتفاع مجاز ساختمان دو طبقه خواهد بود. نظیر سیستم شبکه‌ای سوراخدار که نوع رایج ICF مورد استفاده در ایران است. اما در سیستم تونلی در کلیه پهنه‌های لزره‌خیزی ایران ، مطابق استاندارد ۲۸۰۰ ایران، اجرای ساختمان حداکثر تا ۱۵ طبقه بلامانع است. در کشورهای مختلف اروپایی و مناطق غیر لرزه‌خیز جهت ساخت سازه‌های از ۲ تا ۴۵ طبقه از سیستم تونلی استفاده می‌شود.البته از منظر اقتصادی تعداد طبقات بهینه در روش تونلی بین ۸ تا ۱۰ طبقه است.

- مقاومت در برابر آتش

برای بررسی مقاومت دو سیستم ICF و قالب تونلی در مقابل آتش مقاومت بتن و عایق پلی استایرن مورد استفاده در ICF باید مد نظر قرار گیرد.

●مقاومت بتن در مقابل حریق:

انواع بتن‌های معمولی مورد استفاده در این دو سیستم، غیر قابل اشتعال و در نتیجه بی‌خطر هستند. بتن مقادیر زیادی رطوبت در حال تعادل با محیط دارد و در مجاورت آتش با از دست دادن رطوبت و واکنش‌های دهیدراسیون که همراه با جذب حرارت قابل توجهی است، انتقال حرارت را به داخل بدنه بتنی به تاخیر می‌اندازد. این موضوع به علت مقدار بالای گرمای نهان تبخیر و نیز صرف گرما برای واکنش‌های دهیدراسیون است که به طور قابل توجهی رفتار بتن در برابر آتش را بهبود می‌بخشد.

●مقاومت اسفنج پلی استایرن:

پلی استایرن به کاربرده شده در ICF باید مطابق استانداردهای معتبر از نوع خودخاموش‌شو یا کندسوز شده باشد. این نوع پلی‌استایرن در مدت کوتاهی پس از قرار گرفتن در معرض شعله جمع می‌شود و بدون شعله‌ور شدن از منبع دور می‌شود. به دلیل جمع‌شدگی عایق پس از قرار گرفتن در معرض آتش(دماهای نزدیک به ۱۰۰درجه)، پوشش گچ‌برگ دچار ریزش می‌شود و در نتیجه پلی‌استایرن مستقیما در معرض آتش قرار می‌گیرد، به همین دلیل برای اتصال پوشش گچ‌برگ به عایق باید از توری رابیتس یا مش فلزی استفاده شود. در صورت رعایت این نکات ساختمان های با سیستمICF مقاومت بسیار خوبی را در برابر آتش از خود نشان می دهند.

●اثر رطوبت بر روی مقاومت بتن در برابر آتش:

بررسی اثرات رطوبت بر روی مقاومت بتن حائز اهمیت است. رطوبت موجود در بتن اگر از حدی تجاوز نکند بر روی مقاومت بتن در مقابل آتش اثر مثبت دارد و به طور کلی می‌توان گفت افزایش یک درصد حجمی رطوبت مقاومت بتن در مقابل آتش را ۴-۵ درصد افزایش می‌دهد. اما افزایش بیشتر رطوبت که مقدار آن به میزان تخلخل سیمان بستگی دارد باعث ترکیدگی بتن در شرایط آتش سوزی خواهد شد.

از آنجا که در سیستم ICF از عایق پلی استایرن در دو طرف دیوار بتنی به صورت ماندگار استفاده می‌شود امکان خشک شدن سریع رطوبت در بتن وجود ندارد و رطوبت تا مدت‌ها در درون بتن حفظ می‌شود. سطح بتن پس از قرارگیری در معرض آتش سوزی داغ می‌شود و باعث می‌شود لایه‌ای به فاصله ۲,۵ سانتی‌متر از سطح از رطوبت اشباع شود. در نتیجه از مهاجرت بخار آب به طرف سرد جلوگیری می‌کند و سبب می‌شود تا فشار بخار آب در این محل افزایش یابد. این موضوع سبب از بین رفتن یکپارچگی بتن و خرابی آن می‌شود و حتی ممکن است پکیدن بتن به شکل انفجاری رخ دهد. پس از خرابی بتن ضخامت لایه‌ی بتنی محافظ میلگردها به شدت کاهش می‌یابد و فولادها در معرض آتش قرار می‌گیرند و به دلیل ضعف فولاد در دماهای بالا مقاومت مکانیکی سیستم در شرایط حریق کاهش می‌یابد. بنابراین در صورت بیش از حد بودن رطوبت بتن در سیستم ICF این موضوع مخاطره‌آمیزتر از سیستم قالب تونلی است زیرا رطوبت در سیستم قالب تونلی به دلیل عدم ماندگاری قالب راحت‌تر خارج می شود.

•بررسی عملکرد حرارتی

بتن و خصوصا بتن مسلح بیشترین میزان انتقال حرارت را در بین مصالح مورد استفاده در ساختمان سازی دارد. به منظور جلوگیری از انتقال حرارت از عایق استفاده می‌شود. سیستم ICF به دلیل استفاده از دو لایه عایق حرارتی پلی استایرن که هرکدام به طور معمول ضخامتی در حدود ۵ سانتی‌متر دارند مشکل چندانی از این بابت ندارد. همچنین به دلیل درزبندی و هوابندی مناسب دیوار مقدار نفوذ هوا و تبادل حرارتی ناشی از آن نیز قابل اغماض است. در این سیستم دمای سطح داخلی جدار به دلیل وجود لایه‌ی داخلی عایق حرارتی یکنواخت است و پل‌های حرارتی قابل توجهی در این سیستم وجود ندارد.

اما در سیستم قالب تونلی به دلیل عدم وجود عایق‌های حرارتی، انتقال حرارتی بین داخل و خارج ساختمان بسیار زیاد است. به منظور کاهش این تبادل حرارتی باید از عایق‌های حرارتی استفاده کرد. لازم به توضیح است مقدار عایق حرارتی مورد نیاز مطابق ضوابط تعیین شده در مبحث ۱۹ محاسبه می‌شود.

به طور کلی در عایق کاری سیستم تونلی دو روش عایق‌کاری از داخل و خارج مورد استفاده قرار می‌گیرد. لازم به توضیح است عایق کاری از خارج درمقایسه با عایق کاری از داخل به سبب کاهش اثر پل‌های حرارتی باعث می شود میزان انتقال حرارت از دیوارهای پوسته خارجی به میزان قابل توجهی کمتر باشد.

•بررسی عملکرد صدابندی(آکوستیکی):

وجه مشترک هر دو سیستم مذکور در بررسی عملکرد آکوستیکی دیوار بتنی اجرا شده می‌باشد. هر چه ضخامت لایه بتنی دیوار بیشتر شود صدا بندی افزایش می‌یابد. به طور کلی جدارهایی که شاخص کاهش صدای وزن یافته آنها از ۵۰ دسی بل بیشتر است برای دیوارهای خارجی و دیوارهای بین واحدهای مستقل در ساختمان‌های مسکونی قابل قبول است. از آنجایی که در هر دو سیستم معمولا دیوار بتنی ۱۵ سانتی متر اجرا می‌شود این خواسته تأمین خواهد شد. البته لازم به ذکر است که در سیستم ICF دو لایه پلی استایرن ۶سانتی متری هم داریم که عملکرد آکوستیکی آن را به نحو قابل توجهی بهبود می‌بخشد، به طوری که به این سیستم ((مسکوت)) گفته می‌شود.در مورد این دو سیستم باید صدا بندی سقف‌ها را هم مورد توجه قرار دهیم. در سیستم تونلی که از دال بتنی استفاده می‌شود، کاهش صدای هوابرد جوابگوی انتظارات تعیین شده می‌باشد. ولی در مورد صدا بندی کوبه‌ای به تنهایی جوابگو نیست و لازم است با یک لایه ارتجاعی در کف تکمیل شود این لایه ارتجاعی معمولا با موکت یا فرش تأمین می‌شود با توجه به مطالب گفته شده مشخص است که سیستم ICF عملکرد آکوستیکی بسیار بهتری نسبت به سیستم تونلی دارد.

•مقایسه نکات اجرایی

بتن ریزی:

۱) محدودیت فصلی در خصوص اجرای سیستم قالب تونلی جدی‌تر و تعیین‌کننده تر از سیستم ICF می‌باشد. در سیستم قالب تونلی به دلیل اینکه بتن اجراشده تنها توسط لایه‌های نازک فلزی قالب محافظت می‌شود، هنگام بتن

ریزی در شرایط دمایی نامتعارف باید تمهیدات لازم در نظر گرفته شود. در صورتی که در سیستم ICF به دلیل استفاده از قالب‌های حرارتی بتن‌ریزی در شرایط دمایی متنوع واغلب فصول سال امکان‌پذیر است.

۲) هنگام بتن ریزی از ارتفاع بیشتر از ۲ متر در سیستم تونلی، چنانچه تمهیدات خاص اعمال نشود کیفیت بتن دچار مشکل می‌شود زیرا به سبب بتن ریزی از ارتفاع زیاد و برخورد بتن با آرماتورها جداشدگی به وجود می‌آید. این در حالی است که در سیستم ICF به دلیل کشویی بودن قالب‌های مورد استفاده و امکان بالا و پایین بردن آن ها این مشکل وجود ندارد.

زمان:

سیستم ICF در پروژه های تک سازی سرعت اجرای قابل قبولی نسبت به سایر فناوری‌های موجود دارد، در صورتی که در پروژه های انبوه سازی به دلیل سرعت پایین اجرای عملیات نصب پانل‌های دیوار و سقف و تعدد پانل‌های پلی استایرن بسیار کندتر از سیستم قالب تونلی می‌باشد. هم اکنون با استفاده از روش تونلی انبوه‌سازان با برنامه ریزی مناسب می‌توانند یک طبقه را در دو روز اجرا نمایند. لازم به ذکر است در دو سیستم مورد بررسی موازی کردن اقدامات در قسمت‌های مختلف یک پروژه و ایجاد هم‌پوشانی های لازم بین فعالیت‌های مختلف اجرایی به سهولت و بدون بالا بردن هزینه‌های پروژه امکان پذیر است.

هزینه:

۱) قطعات قالبی مورد استفاده در سیستم قالب تونلی معمولا چندکاره هستند و می‌توانند برای بخش‌های مختلفی از دیوار یا سقف ساختمان در نظر گرفته شود اما در سیستم ICF با توجه به باقی ماندن قطعات قالب در ساختمان هزینه تمام شده دیوارها و سقف ها بیشتر خواهد شد.

۲) استفاده بیش از حد از میلگرد برای هم‌پوشانی از دیگر محدودیت‌هایی است که سیستم ICF را برای انبوه‌سازی نامناسب می‌کند. با توجه به این که برای سهولت اجرا میلگردهای عمودی کوتاه و با هم پوشانی متعدد در نظر گرفته می شوند دور ریز میلگردها و مصرف آن به طور محسوسی بیش تر از سیستم قالب تونلی است.

۳) لایه‌های پلی استایرن استفاده شده در سیستم ICF با ضخامت وچگالی بالا به دلیل بحث صرفه‌جویی در مصرف انرژی نیست بلکه بیشتر به خاطر تامین مقاومت مورد نیاز قالب‌ها در مقابل فشار بتن است که همین موضوع باعث بالا رفتن هزینه کلی ساختمان خواهد شد. در صورتی که در سیستم قالب تونلی بعد از اجرای ساختمان و بتن‌ریزی، با توجه به میزان مورد نیاز، عایق‌های حرارتی مورد استفاده قرار می‌گیرد و همین امر باعث صرفه جویی در هزینه ها می‌شود.

۴) در سیستم ICF عدم نیاز به ماشین آلات و ابزار گران قیمت، هزینه های پروژه را کاهش می‌دهد. در حالی که در سیستم قالب تونلی با توجه به سنگین بودن قطعات قالب دیوار و سقف مورد استفاده، وجود جرثقیل و دیگر امکانات نصب الزامی است.

۵) سیستم ICF به علت سبک بودن قالب‌ها قابلیت حمل در شعاع زیاد را دارد. علاوه بر آن به دلیل قابلیت ضربه پذیری قابل توجه آن‌ها، در حمل و نقل دچار آسیب جدی نمی‌شود. در صورت مونتاژ قالب در محل پروژه، قالب حجم کمتری را اشغال می‌کنند و به سادگی و با هزینه کمتری حمل می‌شوند. در سیستم تونلی نیز صرف نظر از قالبهایی که در زمان تجهیز کارگاه حمل می‌شوند، به قطعات بزرگ و سنگین نیازی نیست.

●در ادامه چند نمونه دیگر از مباحث اجرایی این دو سیستم مقایسه می شود:

- از نقاط ضعف سیستم قالب تونلی عدم امکان جوابگویی به انتظارات عملکردی پارکینگ هاست. در عمل لازم است برای پارکینگ فضایی مجزا در نظر گرفته شود. اما در سیستم ICF امکان ایجاد پارکینگ در خود ساختمان وجود دارد.البته باید در طراحی آن ضوابط لازم در نظر گرفته شود تا از نظر مقاومتی در برابر زلزله سازه را دچار مشکل نکند.

- در سیستم تونلی تاسیسات قبل از بتن ریزی و در بین قالب‌ها قرار می‌گیرد، به همین دلیل 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 صورتی که در سیستم ICF عبور لوله‌های تاسیساتی با سوراخ کردن اسفنج پلی‌استایرن امکان پذیر است.

- در سیستم تونلی امکان تغییر ابعاد قطعات پس از تولید منتفی است. در نتیجه در صورت وجود اشتباه در ساخت قطعه تخریب و اجرای مجدد بخش‌های مورد نظر با دشواری و پیچیدگی‌های متعدد همراه است. در صورتی که در سیستم ICF در صورت اشتباه در ساخت قطعه در محل ساخت امکان برش قطعات وجود دارد.

●نتیجه‌گیری:

۱- هر دو سیستم ICF و قالب تونلی به دلیل یکپارچگی اتصالات دیوار و سقف، رفتار لرزه‌ای خوبی را از خود نشان می‌دهند اما در مقایسه با یکدیگر، سیستم قالب تونلی به دلیل استفاده از میلگرد کمتر، سبک‌تر بوده و در نتیجه رفتار لرزه‌ای بهتری دارد.

۲- در صورت رعایت نکات اجرایی، هر دو سیستم مقاومت خوبی در برابر آتش دارند اما اگر رطوبت بیش از حد مجاز باشد، سیستم ICF به دلیل داشتن دو لایه عایق پلی‌استایرن و عدم امکان تبخیر رطوبت اضافی، شرایط مخاطره‌آمیزتری نسبت به سیستم قالب تونلی دارد.

۳- دو لایه پلی‌استایرن موجود در ICF، سبب می‌شود که این سیستم عملکرد حرارتی و آکوستیکی بهتری را نسبت به سیستم تونلی از خود نشان دهد.

۴- در سیستم تونلی به دلیل نصب سریع‌تر قالب‌ها نسبت به سیستم ICF، سرعت اجرایی بالاتری دارد و برای انبوه‌سازی مناسب‌تر است.

۵- در سیستم تونلی به دلیل استفاده کمتر از میلگرد و امکان کاربرد دوباره‌ی قالب‌ها، از منظر مصالح مورد استفاده هزینه کمتری نسبت به سیستم ICF دارد. اما در سیستم تونلی، ماشین‌آلات مورد استفاده گران قیمت‌تر هستند.

۲۱.سقف LGS

با بروز مشکلات زیست محیطی به علت مصرف روز افزون چوب های جنگلی و نیز مشکلات سکونت در ساختمان های چوبی، ایده جایگزین کردن یک سازه مناسب بجای چوب مورد توجه قرار گرفت و از مقاطع فولادی سرد نورد شده **Light Gauge Steel Frame** به عنوان اسکلت باربر ساختمان استفاده گردید. به مرور این روش ساخت در کشورهای امریکایی و اروپایی به یک سیستم ساختمانی کامل تبدیل شد و مورد توجه و بررسی بیشتر محققان و دست اندرکاران صنعت ساختمان قرار گرفت. امروزه با توجه به نیاز روز افزون کشور به واحدهای مسکونی با کیفیت بالا، کاربرد روشهای سنتی ساخت با استفاده از مصالح سنگین و حجیم دیگر صحیح نیست. تجربه های تکان دهنده زلزله های دهه های گذشته همچون رودبار، منجیل و بم، نشان می دهند که صنعت ساختمان سازی موجود جوابگوی مناسبی برای این نیاز اساسی کشور نبوده و باید در جستجوی جایگزین کردن روش های نوین ساخت با مصالح سبک و مقاوم بود بطوریکه در هنگام وقوع زلزله های شدید، ساختمان پایدار مانده و از تخریبهای وسیع و گسترده در آن جلوگیری شود. بدین منظور باید سیستمی را انتخاب نمود که با مشخصات اقلیمی کشور هماهنگ بوده و تطابق کافی با شرایط زلزله خیزی پهنه های مختلف کشور داشته باشد در این زمینه کاربرد سیستم سبک با عناصر سرد نورد شده فولادی گالوانیزه می تواند یکی از اولویتهای اصلی به شمار آید.

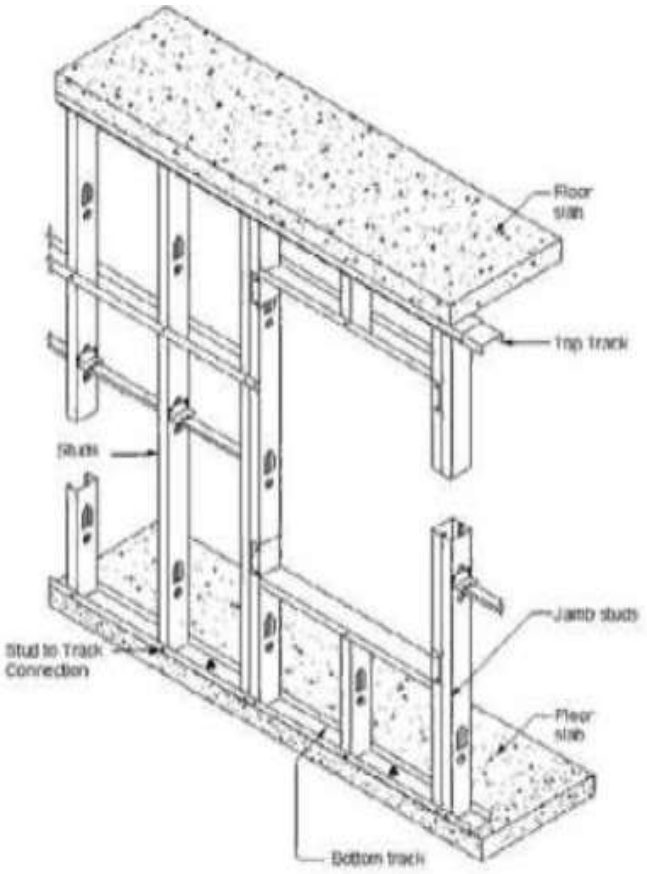
سابقه تولید و استفاده از عناصر سرد نورد شده (Cold-Formed) برای اولین بار به سال ۱۹۸۵برمی گردد که در امریکا و بریتانیای کبیر بکار گرفته شد اما در حقیقت کاربرد قطعات فولادی سبک در بخش ساختمان از سال ۱۹۵۰ مورد توجه قرارگرفت است، هرچند در آن زمان بدلیل مشکلات تولید و هزینه بالای نوردسرد همچنان این مصالح در ساختمانهای مسکونی مورد استفاده قرار نگرفت تا اینکه در اوایل دهه ۹۰ میلادی با گسترش و کاربرد سیستم نورد، کاربرد مقاطع سبک جدار نازک در ساخت ساختمان‌ها مطرح گردید.

از سوی دیگر مراکز علمی متعددی نیز در رابطه با اعضای جدار نازک سرد نورد تشکیل و شروع به فعالیت نمودند که با گذشت زمان قوانین و اصول حاکم بر رفتار عناصر سرد نورد شده توسط آنها منتشر و ارایه گردید. نتایج بدست آمده به تدریج سبب قانونمند شدن روشهای طراحی و ساخت با کمک عناصر سرد نورد شده در سازه‌ها شد.

با تشکیل انجمن فولاد و آهن آمریکا (American Iron and Steel Institute AISI) در سال ۱۹۴۶ مطالعات انجام شده در مورد مقاطع سرد نوردشده به صورت متمرکز تحت کنترل و هدایت کامل این انجمن قرار گرفت که پس از بررسی رفتار اعضای سرد نوردشده و انجام مطالعات مستمر، زمینه تدوین مبانی و اصول اولیه طراحی این مقاطع شکل گرفت. در نهایت با کامل شدن اصول اولیه طراحی، آیین نامه AISI در رابطه با مقاطع سرد نورد شده برای اولین بار در سال ۱۹۹۶ تدوین گردید. بنابراین این روش ساخت نیز مانند دیگر سیستم های بتنی و فلزی رایج در استانداردهای IBC و UBC مطرح شد و سبب قانونمند شدن کاربرد آن در بناهای مسکونی، آموزشی ، تجاری و اداری گردید که به نام سیستم ساختمانی Light Gauge Steel Frame (LGSF) یا LSF معرفی شد. قابل بیان اینکه اصول و روش حاکم بر آیین نامه AISI کاملاً مشابه آیین نامه فولاد آمریکا AISC پایه گذاری شده است که با توجه به تشابه زیاد آیین نامه فولاد ایران(مبحث دهم مقررات ملی) با استاندارد AISC مهندسین کشور به سادگی قادر خواهند بود از آیین نامه عناصر سرد نورد شده AISI در طراحی سازه های سرد نورد فلزی استفاده کنند.

سیستم ساختمانی LGS Frame

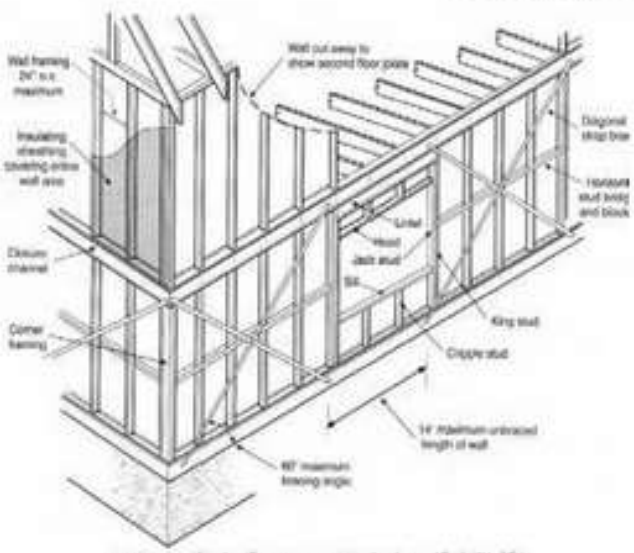
سیستم ساختمانیLGS Frame یک روش ساخت نوین با استفاده از مصالح سبک همراه با اتصالات خشک است. در این سیستم عناصر و مقاطع سرد نوردشده به تعداد کافی و در فواصل مشخص (حداکثر ۶۰ سانتیمتر)



شکل(۱) پانل اولیه دیوار در سیستمLGS Frame

مطابق شکل(۱) در کنار یکدیگر قرار می‌گیرند که شبکه مناسبی جهت اتصال پوشش خارجی و داخلی به منظور ایجاد یک دیوار باربر را فراهم می‌آورند. دیوارهای تولید شده در حقیقت اسکلت اصلی و باربر این روش ساخت به شمار می‌آیند که با اتصال مناسب کلیه قطعات فوق به صورت مفصلی به یکدیگر متصل شده و یک پانل دیواری را تعریف می‌کنند. سیستم ساختمانی LSF یا به عبارتی LGS Frame یک نوع سیستم دیواری با قابهای متعدد از عناصر سرد نوردشده است که به کمک اتصالات ساده و با پیچ‌های سرمته‌ای (Self drilling) به یکدیگر متصل شده‌اند. اجزاء اصلی تشکیل دهنده این دیوارها استادها (Studs) یا ستونک و رانرها (Runners or Tracks) یا لاوک می‌باشند. شکل(۱) اجزای اصلی یک پانل دیواری همراه با المانهای مهاری لازم آن را نمایش می‌دهد. بنابراین در سیستم ساختمانی LGS یا LSF کلیه دیوارها با استفاده از ستونکها (استادها) که به رانرهای فولادی بالایی و پایینی آن متصل میگردد تولید می شوند اکنون

لازم است با نصب مهارهای لازم (Bridge) مقاومت و ظرفیت کمانشی کلیه ستونکها نیزکنترل شود.



شکل(۲) اسکلت سازه ای در سیستم سبک با عناصر سرد نورد

به منظور مسلح کردن ساختمان در برابر بارهای جانبی با اضافه کردن بادبند های قائم به پانلهای دیواری، آنها به پانلهای برشی تبدیل می‌شوند به طوریکه در برابر بارهای جانبی، از جمله بارهای حاصل از باد و زمین لرزه مقاومت کنند. اکنون با قرار دادن پانلهای دیواری کنار یکدیگر و تعبیه فضاهای کافی و مناسب برای بازشوها (در ها و پنجره ها) همچنین نصب نیرچه های طبقات و المانهای خرپایی در صورت لزوم، یک سیستم سازه ای با عناصر سرد نورد بدست می آید و در نهایت با نصب پوششهای مناسب و اجرای تاسیسات مکانیکی و برقی به اسکلت تولید شده ساختمانی کامل ساخته می شود شکل (۲).

این سیستم دارای یکسری دیوارهای باربر است که بجای اجزایی مانند تیر و ستون در سیستم های متعارف مورد استفاده قرار می گیرند. در این روش باید دیوارهای خارجی به عنوان انتقال دهنده بارهای عمودی ساختمان و نگهدارنده نمای خارجی بنا و انتقال بارهای جانبی باد به شالوده، طراحی و کنترل گردند و به منظور کنترل نیروهای جانبی نیز از مهاربندهای کافی برای مقابله با نیرهای جانبی استفاده شود. بنابراین در این سیستم از دو نوع دیوار باربر استفاده می شود دیوارهای باربر ثقلی و دیوارهای باربر جانبی که شامل دیوارهای برشی یا دیوارهای بادبندی است که علاوه بر انتقال بارهای ثقلی بارهای جانبی (بارهای زلزله و باد) را نیز به شالوده منتقل کنند.

به منظور جلوگیری از کمانش ستونک‌های باربر (استادها) استفاده از حداقل یک مهاربهای افقی (Bridge) مطابق شکل (۲) در میانه طول هریک از آنها به خصوص در ساختمانهای متعارف امری کاملا ضروری است. زیرا عناصر بکار رفته مطابق آیین نامه های فولادی سرد نوردشده یا AISI یک عضو لاغر محسوب شده و دارای مقاومت کمانشی نسبتاً پایینی حول محور ضعیف خود می باشد، در این صورت با کاهش طول کمانش آن در جهت محور ضعیف مد کمانشی آنها را تغییر داده و مقاومت ستونکها (استادها) کنترل میگردد. بنابراین به کمک المانهای افقی (مهاربهای لازم) می توان شرایطی در سازه ایجاد نمود که از حداکثر ظرفیت مقاطع سرد نوردشده استفاده گردد. یکی از اصول حاکم در کاربرد مقاطع سرد نورد استفاده از انواع مقاطع و مهاربها در کنترل کمانش است که هم شامل کمانش کلی و هم کمانش موضعی می گردد. به عبارت ساده با افزایش تعداد خمها و اعوجاج هایی که در این مقاطع به چشم می خورد ظرفیت کمانش موضعی کنترل می گردد و با افزایش تعداد مهاربها ظرفیت کمانش کلی افزایش می یابد بطوریکه از حداکثر ظرفیت مقطع استفاده شود.

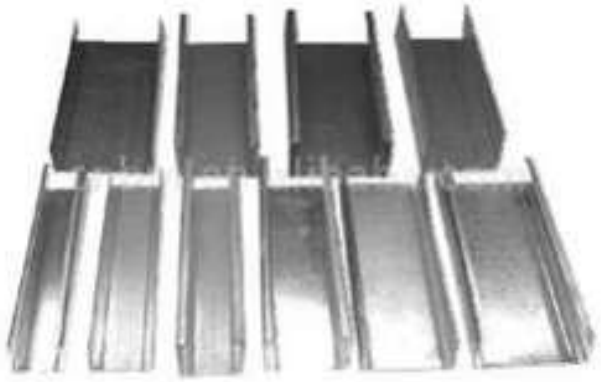
در حقیقت قاب فلزی سبک (LGS Frame) یک سیستم ساختمانی کامل با استفاده از ورقهای فولادی نازک فرم داده شده در حالت سرد (ورق های گالوانیزه و یا انواع ورق‌های ضد زنگ)، تخته های گچی، عایق معدنی و پوششهای خارجی (نما) است که ورق‌های فولادی در این سیستم بعنوان المانهای باربر و غیر باربر مورد استفاده قرار می گیرند. تخته های گچی بعنوان پوشش سطوح داخلی دیوارها و سقف کاربرد داشته و عایق حرارتی و صوتی نیز در داخل دیوار و سقف به عنوان مصالح لازم جهت ایجاد شرایط مناسب حرارتی و صوتی ساختمان بکار گرفته می شوند که از الزامات این سیستم ساختمانی نیز بشمار می آید. شیوه ساخت و ساز در این سیستم معمولاً به صورت خشک با اتصالات پیچی و به روش تولید صنعتی است. با استفاده از این سیستم می توان ساختمانهای با انواع کاربریها در طبقات متفاوت ساخت و از بهره زیست محیطی و دیگر ویژگیهای آن نیز استفاده کرد.

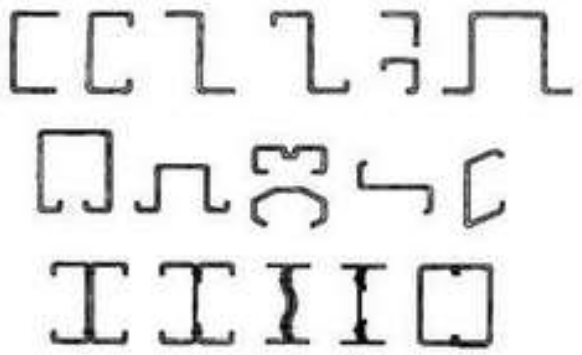
عناصر سرد نوردشده

اعضای سرد نورد شده عناصری هستند که از ورق های فولادی با عملیات سرد نورد بدون استفاده از حرارت تولید می شوند. به عبارت دیگر تغییر شکل در ورق های فولادی از طریق روشهای مکانیکی بدون پیش گرمایش ورق (عملیات نورد سرد) خواهد بود. روشهای تولید در صنعت نورد سرد، شامل پرسکاری یا استفاده از غلطک به منظور شکل دادن به ورق است که با گسترش تکنولوژی نورد و خم کاری قطعات فولادی امروزه حتی می توان ورق های با ضخامت زیاد تا محدوده ۲۵ میلیمتر را نیز خم کاری کرد، اما دامنه ضخامت اعضای سرد نورد به علت رفتار کمانشی و لاغری عناصر سازه‌ای، بین ۰/۶ تا ۲/۵ میلیمتر در نظر گرفته می شود.

نسبت پهنا به ضخامت اجزای مختلف این عناصر بسیار زیاد بوده و در محدوده المان‌های لاغر قرار می‌گیرند. بنابراین برای افزایش مقاومت مقاطع مختلف، از تعداد کافی سخت کننده میانی و لبه‌ای در اجزای آنها استفاده می‌شوند بطوریکه بار کمانشی آنها تاحد ممکن افزایش یابد شکل(۳). با توجه به لاغر بودن آنها عامل تعیین کننده در باربری چنین مقاطعی کمانش کلی و موضعی قسمت‌های تشکیل دهنده آنهاست.

با توجه به گستردگی و ظرفیت بالای مقاطع نورد سرد، انواع مختلف با تنوع شکلی گوناگونی از آنها تولید شده است که شامل مقاطع ناودانی، Z شکل، C شکل، کلاهی Hat Shape و مقاطع لوله‌ای(Hallow Section) است که با توجه به نوع رفتار و عملکرد مورد نظر در سازه بکار برده می‌شوند شکل(۳). از مزایای ویژه مقاطع سرد نورد امکان ساده در ترکیب با یکدیگر و ساخت مقاطع ترکیبی مقاوم در برابر انواع مختلفی از بارها است. در شکل (۳) ترکیبات متعدد این مقاطع ارایه شده است. بنابراین از این مقاطع به صورت عناصر تیر، ستون، خرپا می توان استفاده نمود و در مکانهای لازم مقاطع مناسب آنها را به کاربرد. ورق پایه که از آن برای ساخت مقاطع سردنوردشده استفاده می‌گردد، باید مطابق آیین نامه عناصرسردنوردشده AISI دارای خصوصیات ورق‌های شکل پذیر باشد.





شکل(۳) مقاطع مختلف اعضای سرد نورد

اولاً نسبت تنش نهایی به تنش تسلیم آن بیشتر از ۱/۰۸ بوده ثانیاً تغییر طول یک جز از آن به طول بیشتر ۵۰ میلیمتر کمتر از ۱۰ درصد نباشد. ورق فولادی که شرایط بالا را تأمین نکند، از شکل‌پذیری کافی برخوردار نبوده و نباید از آن جهت ساخت اعضایی که تحت بارهای غیرعادی و تنش‌های دینامیکی قرار می‌گیرند استفاده شود. (مانند نیروهای باد و زلزله) این نوع ورقها فقط جهت تیرچه های بامها و یا عناصر سقفی که فقط تحت بارهای ثقلی قرار می‌گیرند استفاده می‌گردد. از نظر اقتصادی با صرفه تر است که از ورق‌های فولادی با مقاومت زیاد در ساخت سازه‌های سرد نورد شده Cold-form استفاده شود در حالیکه آیین‌نامه AISI تنش تسلیم ورق‌های مورد استفاده جهت ساخت مقاطع سرد نورد شده را مابین ۲۴۰ تا ۳۴۰ مگاپاسکال محدود کرده است و ورق فولادی با مقاومت بیشتر مانند فولاد ASTM-A446 درجه E با حد تسلیم ۵۶۰ مگاپاسکال، به خاطر کم بودن شکل‌پذیری، فقط در ساخت مقاطع سقفی مجاز شناخته می شود.

مشخصات فنی در LGS Frames

سیستم ساختمانی قاب فلزی سبک (LGS) یک سیستم کامل با استفاده از ورقهای نازک فولادی گالوانیزه فرم داده شده در حالت سرد و تخته های گچی و عایق حرارتی و صوتی است. قطعات فرم داده شده فولادی در این سیستم بعنوان المانهای باربر و یا عناصر غیر باربر سازه‌ای استفاده می‌گردد. تخته های گچی نیز بعنوان پوشش داخلی دیوارها و سقف کاربرد دارد. در این سیستم انواع نماهای متعارف به صورت سنتی و یا پوششهای خشک مانند تخته های سیمانی (Cement Board) و غیره به عنوان پوشش خارجی استفاده می‌شود.

در رابطه با عایق کاری دیوارها در برابر عوامل حرارتی و صوتی از فضای موجود مابین عناصر سرد نورد استفاده می‌شود. با کارگذاری عایق مناسب مانند پشم شیشه و یا پشم سنگ در این قسمتها، می‌توان فضای داخلی وخارجی ساختمان را عایق بندی نمود.

اما بهترین شیوه ساخت و ساز در این سیستم استفاده از پوششهای پیش ساخته و یا نیمه پیش ساخته با استفاده از اتصالات پیچی، و به روش تولید صنعتی است. در اکثر کشورهای جهان با استفاده از این سیستم ساختمان با کاربری مختلف ساخته می شود که مراحل ساخت به بخشهای زیر تقسیم بندی می‌شود.

الف) شالوده در سیستم LGS : در این سیستم ساختمانی، شالوده براساس قوانین و اصول حاکم بر طراحی سازه های متعارف محاسبه و در محل پروژه با توجه به الزامات و ضوابط اجرایی موجود، به صورت بتنی درجا ریخته می‌شود. قابل بیان اینکه به علت وجود دیوارهای باربردر این سیستم حتی‌امکان شالوده باید به صورت نواری و در تمامی سطح ساختمان اجرا گردد. دیوارهای باربر در این سیستم ساختمانی با استفاده از پیچ های عمادی(Anchor Bolt) که در شالوده قرار گرفته است از طریق رانرها (Runner) سازه را به شالوده متصل می کنند، همچنین برای مقابله با نفوذ رطوبت زمین به دیوارها و داخل ساختمان، باید رانرهایی که روی شالودها قرار دارند با لایه ای از ایزوگام محافظت شود بطوریکه از انتقال رطوبت و تماس مستقیم رانرها با بتن جلوگیری شود.

ب) دیوارهای باربر و غیر باربر: همانگونه که بیان گردید دیوارهای باربر و غیر باربر در این ساختمان‌ها به شکل پانلی طراحی و تولید می شوند و استادها از بالا و پائین به رانرها (عناصر اصلی افقی) اتصال داده شده و سپس رانرها به سیستم سقف متصل می‌گردند. در این سیستم دیوارهای باربر به دو دسته تقسیم می‌شوند، که شامل دیوارهای باربر ثقلی و دیوارهای باربر برشی یا بادبندی است.

دیوارهای باربر ثقلی فقط انتقال بارهای مرده و زنده ساختمان را به شالوده بر عهده دارند در حالیکه پانلهای برشی (دیوار برشی) علاوه بر انتقال بارهای ثقلی باید بارهای جانبی مانند باد و زلزله را نیز به شالوده منتقل کنند. بنابراین با توجه به عملکرد دیوارهای برشی، از نظر شکل و مقاومت باید از شرایط به خصوصی نسبت به دیوارهای ثقلی بر خوردار باشند که با توجه به الزامات و آیین نامه های رایج، طراحی و سپس ساخته می شوند.

باید به این نکته توجه شود که منظور از دیوارهای برشی در این سیستم دیوارهای برشی بتنی نیست بلکه دیوارهایی را شامل می‌شود که در برابر نیروهای جانبی با عناصر و المانهای سردنوردشده ساخته و با پوششهای مناسبی که در آیین نامه بارهای جانبی AISI بیان شده اند طراحی و پوشیده شده‌اند. در این سیستم به صورت متعارف از بادبندهای هم محور که به صورت ضربدری یا مقاطع مختلف از مقاطع سرد نورد ساخته می‌شوند به صورت گسترده استفاده می‌گردد در این صورت نیز باید کلیه شرایط و الزامات آیین نامه AISI در مورد با بارهای جانبی برای کلیه دیوارهای برشی کنترل و در نظر گرفته شوند. شکل(۴)

شکل(۴) دیوارهای برشی در سیستم LGS

یکی از نکات مهم در مورد دیوارهای برشی استفاده از اتصالات مخصوص جهت انتقال نیروهای برش کلیه طبقات به شالوده است که با توجه به عدم پیوستگی کافی در دیوار برشی از اهمیت خاص برخوردار است زیرا دیوار برشی در این سیستم به صورت طبقه به طبقه ساخته و در محل مورد نظر خود نصب و مونتاژ می‌گردد و کنترل بلندشدگی (Uplift) در بادبندها از اساسی ترین مشکلات این روش است. علاوه بر این قطعات اتصالی جهت اتصال بادبندها به سازه باید از کفایت لازم برای انتقال برش طبقه برخوردار باشند.

در این سیستم ساختمانی معمولاً دیوارهای برشی با اتصال المانهای فلزی فطری و یا با کمک پوشش های مقاوم، تولید می شوند. باید به این نکته توجه نمود که آیین نامه AISI استفاده از پوششهای مناسب با اتصالات کافی به دیوار باربر را در هریک از طبقات را مجاز دانسته است. در این حالت با کمک پوششها دیوارهای باربر ثقلی به دیوار برشی تبدیل شده و در انتقال نیروی جانبی و ثقلی موثرخواهد بود. این دیوارها به منظور کفایت در انتقال نیروهای جانبی و به خصوص نیروهای زلزله، باید از شرایط کافی جهت تامین بلندشدگی (Uplift) و اتصالات کافی جهت انتقال نیروی برش طبقه برخوردار باشند. این پوششها شامل ورقهای فلزی ساده و موجدار و صفحات چوبی و تخته چندلایی و غیره می باشند.

بنابراین دیوارهای باربر بر اساس کاربری ساختمان، نوع مصالح ساختمانی ، ابعاد و اندازه قطعات ، فواصل قرار گیری و نوع اتصالات بکار رفته و نوع پوشش ها محاسبه و سپس اجرا می‌گردند. بدیهی است دیوارهای باربر ثقلی نیز باید از شرایط کافی جهت انتقال بارهای قائم به شالوده برخوردار باشند بخصوص در دیوارهای خارجی باید علاوه برکنترل نیروهای ثقلی، تاثیرات نیروی جانبی باد عمود بر سطح دیوارها و کنترل اندرکنش بار باد و نیروی ثقلی بر آنها نیز در نظر گرفته شوند.

یکی از عناصر مهم در سیستم سازه های LSF کاربرد نعل درگاهها است زیرا با توجه به ماهیت این سازه و استفاده از المانهای باربر متعدد امکان تعبیه بازشوهای کافی در فضاهای مختلف با مشکلات خاصی روبه‌رو است در حالت با کمک عنصر نعل درگاه Header در این سیستم ساختمانی می توان به سادگی شرایط متنوعی از فضاها در پلان معماری در نظر گرفت. معمولا تیرهای مورد استفاده در این المان با مقطع های متقارن و بسیار سخت طراحی می‌شوند که به صورت مقطع Box یا I شکل طراحی می شوند و در واقع ترکیبی از دو یا چند مقطع C شکل هستند (دو مقطع C شکل که پشت به پشت چسبیده باشند) حتی در دهانه های بلند کاربرد عناصر خرپایی و یا مقاطع گرم نورد یا ممتال اینرسی بالا نیز متداول می‌گردد. این نعل درگاهی لازم است به دو ستونک مقاوم در طرفین خود متصل گردد این ستونکهای مخصوص بنام King studs معرفی و نام گذاری می شوند.

ج)سقف و پوشش طبقات: در این سیستم ساختمانی اجرای سقف و بام به صورت مسطح یا شب های غیر مساوی با انواع خرپاها و تنوع شکلی گوناگون امکان پذیر است در این صورت عناصر سازه‌ای به شکل خرپا و یا با استفاده از تیرچه های باربر(Joist) که به صورت ممتد مابین دیوارهای باربر نصب می‌شود تعریف میگردد. باید تیرریزی سقف های در امتداد ستونکها (استادهای) دیوار و در فواصل ۴۰۰ تا ۶۰۰ میلیمتر از یکدیگر قرار گیرند فواصل تیرچه ها با توجه به ظرفیت باربری، نوع مصالح، ابعاد، اندازه قطعات پوششی (مانند تخته های گچی) و فواصل مهاری دردیوارها و سقف ها طراحی می شوند. شکل(۶)

به صورت متعارف پوشش سقف ها با بتن ریزی در جا به صورت سقف مرکب (Composit)نیز اجرا می شوند در سقفهای خشک استفاده از پوششهای دیگر امکان پذیر است در این حالت لازم است سقف به صورت انعطاف پذیر طراحی شده و الزامات انتقال نیروی جانبی از کف به عناصر مقاوم جانبی (بادبندها) نیز فراهم گردد.

کلیه عناصر باربر یا تیرچه ها در سقف از مقاطع سرد نورد به صورت C شکل ساخته می شوند و از خرپاها برای دستیابی به دهانه های بزرگتر، با شیب دو طرفه و سه طرفه بام استفاده می‌شود برای مناطقی که دارای باد شدید بوده علاوه بر پیش بینی مقاومت در مقابل باد، لازم است با اتصال مناسبی عناصر بام به دیوارهای باربر و سقف متصل شده تا ازبلند شدن سقف نیز جلوگیری شود. در هر شکل، عایق در بالای قطعات فولادی (تیرریزی) قرار می‌گیرد.

قابلیت های و ویژگیهای LGS Frame

با توجه به تنوع قطعات فولادی فرم داده شده بصورت سرد و نیز انواع شیوه های ساخت و ساز بکار رفته در سیستم ساختمانی LSF، این نوع ساختمانها کاربردهای وسیعی در صنعت ساختمان سازی با کاربری های گوناگون دارند. مزایا و قابلیت های ویژه سازه‌ای سیستم LGS Frame عبارتنداز

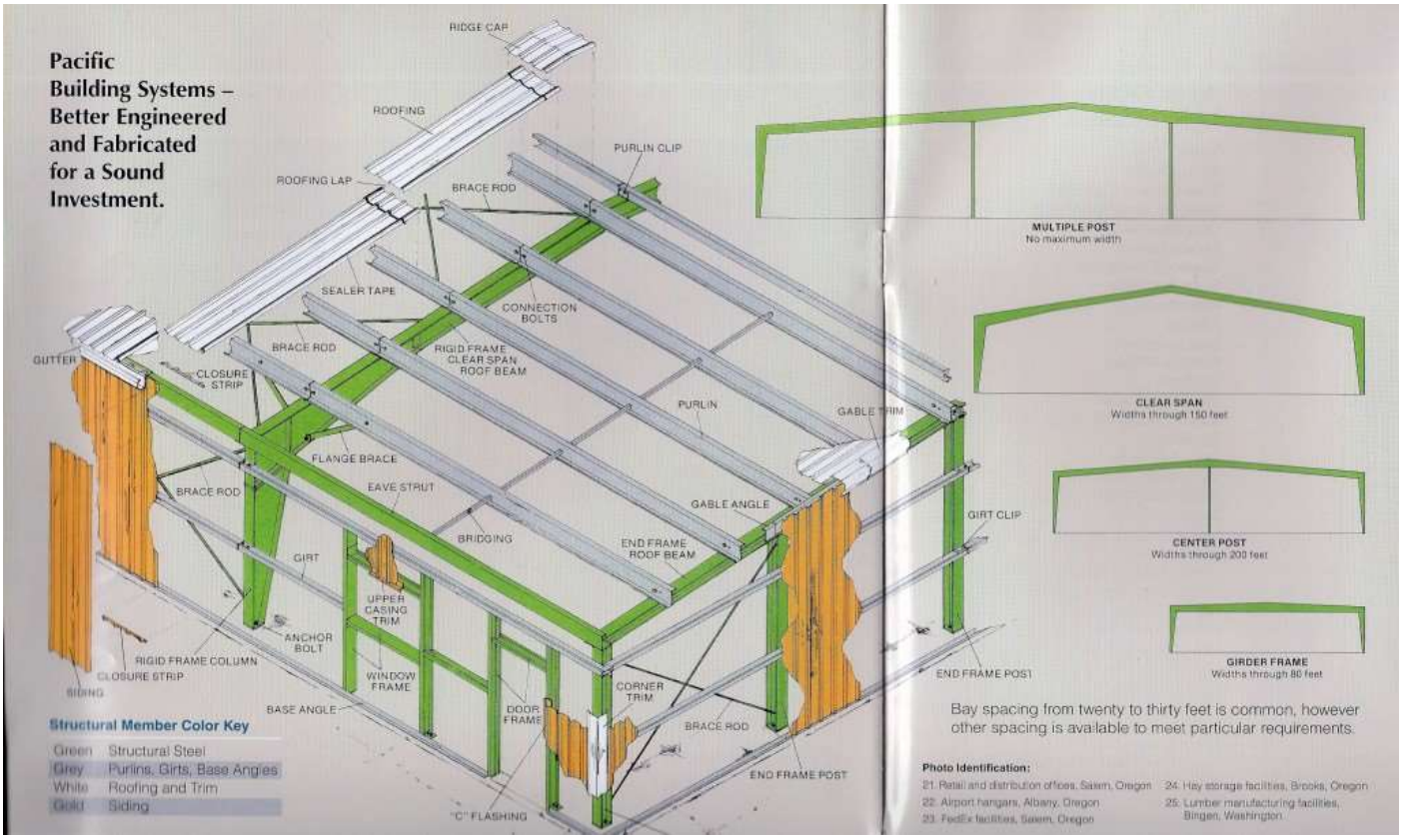
۱. امکان طراحی و ساخت سازه مقاوم در برابر زلزله و باد
۲. سرعت اجرای زیاد سیستم
۳. کاهش وزن عناصر باربر و غیر باربردر ساختمان ساخته شده
۴. کاهش هزینه تمام شده ساختمان
۵. سهولت احداث بنا در مناطق دور دست (سعب العبور)
۶. امکان مدولار و استاندارد کردن و پیش ساخته کردن پانل ها
۷. سهولت نگهداری و تعمیرات
۸. تطابق با آیین نامه های رایج ساختمان

۲۲.سقف PBS

Pacific Building Systems به اصطلاح PBS

این سیستم میتواند در بازارهای فصلی و ایستگاه های آتش نشانی و کارخانه های تولیدی و انبارهای ذخیره سازی وآشیانه های هواپیما و سالن هایی مثل کلیساها و مدارس و مراکز اجتماعی مورد استفاده قرار میگیرد.امـــــــا باتوجه به راحتی کار با سازه های فضایی و ایجاد دهانه های بیشتر مهندسان کمتر به سمت این نوع سیستم سقفی میروند به همین علت این سیستم هنوز بین طراحان ، محبوبیتی ندارد است.

درتصاویر زیر میتوانید نمونه هایی از پروژهای انجام شده با این سیستم سقفی را مشاهده نمائید.



انبار ذخیره

مرکز خرید

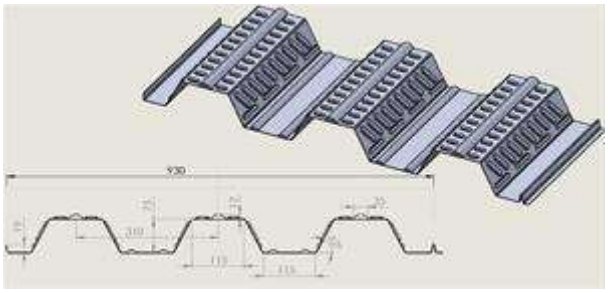
کارخانه تولیدی

آشیانه هواپیما

۲۳.سقف CSF

این نوع سیستم سقفی اکثرا در مناطقی که بارندگی زیاد است استفاده میشود.درایران نیز در شمال کشور در ساخت هتل های دو تا چهار طبقه برخی طراحان از این نوع سیستم استفاده میکنند.چند نمونه از پروژه ها را در تصاویر زیر مشاهده نمائید.

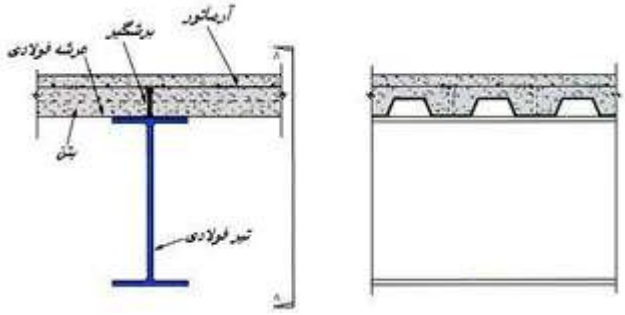
۲۴.سقف CSD



سیستم سقف (composite steel deck) یا همان دال مرکب فولادی –بتنی یکی از اقتصادی ترین روش های ساخت سقف با قدمت بیش از ۵۰ سال میباشد. سقف csd مقاطع مختلط دال بتن برروی ورق های ذوزنقه ای که به تیرها و تیرهای اصلی فولادی متصل می شوند تشکیل شده است. عملکرد مختلط دال بتنی فوقانی و ورق ذوزنقه ای فولادی تحتانی نقش بسزایی در نامین صلیب سقف و رفتار برشی مطلوب آن خواهد داشت سقف csd در مقایسه با سقف های مرسوم در اسکلت های معمولی از وزن کمتری برخوردار بوده و به ویژه با ساختمان های ساخته شده از فولاد سرد نورد شده lsf همخوانی دارد لذا عمده ترین کاربرد این سقف ها در سازه های فولادی اعم از سرد یا گرم نورد شده می باشد و تا دهانه حداکثر ۴,۵ متر بدون پایه موقت یا تیر فرعی و دهانه های عریض تر با پایه موقت در وسط دهانه و یا تیر فرعی قابل اجرا می باشد.

- دال مرکب فولادی_ بتنی با عرشه فلزی

این سیستم تشکیل شده از دال بتن مسلح بر روی ورق های ذوزنقه ای که به تیر ها وشاه تیر ها متصل شده است



- اجزای اصلی سقف CSD

۱.صفحات فولادی گالوانیزه با اشکال ذوزنقه ای (باز_بسته _ نیمه باز)

۲.آرماتور بندی در دوجهت (حرارتی)

۳.برشگیر ها

۴.بتن رویه

●الزامات خاص سقف هایCSD

۱.ارتفاع ورق های فولادی ذوزنقه ای در این مقاطع ۷۴ میلیمتر است
۲.حداکثر تعقیر مکان مجاز ناشی از بار مرده حین اجرا به ۲۰ میلیمتر یا L/۱۸۰برای هر دهانه محدود میشود و برای بار های زنده L/۳۶۰ دهانه محدود میشود
۳.قطر گل میخ های برشگیر باید حداقل ۲۰ میلیمتر باشد
۴.بالازدگی از سطح ذوزنقه حدا قل ۴۰ میلیمتر
۵.ضخامت دال رویه نباید از ۵۰ میلیمتر کمتر باشد
۶.تنش فشاری فولادی به کار رفته حداقل ۲۳۰ مگاپاسکال و مقاومت فشاری بتن رویه ۲۷ مگاپاسکال تا ۷۰ مگاپاسکال میباشد

●ویژگی های سقفCSD

۱.سرعت اجرای بالاتر سقف نسبت به کامپوزیت های معمولی
۲.سهولت اجرا به دلیل دائمی بودن و سبکی قالب های این سقف
۳.سبک تر شدن سازه به دلیل کاهش تعداد تیرچه ها و افزایش دهانه های تیر ریزی
۴.انعطاف پذیری نسبت به طرح
۵.توجیح اقتصادی (با در نظر گرفتن اثرات ضخامت دال و مصرف یتن . کاهش مصرف فولاد . حذف شمع گذاری وقالب)

۲۵.سقف های فضایی(خرپایی)

• تا اواسط قرن ۱۸ ، مصالح اصلی در دسترس برای معماران و مهندسان ، سنگ ، چوب و آجر بود. از آن مصالح ، سنگ و آجر ، در برابر فشار مقاوم ، ولی در برابر کشش ضعیف بودند ، به همین دلیل برای سازه های سه بعدی مثل گنبد ها و طا ق ها مناسب بودند. از پیشرفت های قابل توجه در این زمینه اجرای طاق ها توسط کارگران قرون وسطی بود. بزرگترین دهانه ها در میان گنبدهای آجری ، کلیسای سنت پیترز در رم(۹۳-۱۵۸۸) و سانتاماریادل فیوره در فلورانس (۳۴- ۱۴۲۰) بودند که هر دو در پایه گنبد ، قطری معادل ۴۲ متر داشتند. چوب مقاومت زیادی در برابر کشش و فشار دارد ولی به صورت طبیعی تنها در طول ها و مقاطع عرضی محدود در دسترس است. با وقوع انقلاب صنعتی ، تولید آهن و سپس فولاد گسترش یافت و تولید مصالح با مقاومت زیاد ، ساختن ساختمان های با ارتفاع بیشتر و دهانه های وسیع تر را امکان پذیر ساخت. همزمان با توسعه راه آهن و صنعتی شدن ، تولیدات کالاها ، تقاضا جهت سازه های با دهانه وسیع برای پل ها ، ایستگاه ها ،ساختمان انبارها و کارخانه ها افزایش یافت. در ابتدا مجموعه ای از خرپاهای متنوع شکل گرفت و در مراحل بعد سازه های مشبک فضایی سه بعدی به وجود آمدند. بسیاری از فرم های سازه ای به ویژه اغلب شبکه های فضایی و شبکه های فضاکار از مدول هایی تشکیل شده اند. نظریه ساخت ساختمان های مدولار به صورت یکرویای تحقق یافته تقریبا ۱۵۰ سال قبل ، با طراحی ، ساخت و نصب قاب های فلزی کریستال پالاس در هاید پارک لندن (برای برگذاری نمایشگاه بزرگی در سال ۱۸۵۱) شکل عملی یافت و کارایی این روش به خوبی نشان داده شده سازه های نمادین مانند برج ایفل که از آهن شکل داده شده بین سال های۱۸۹۷ و ۱۸۹۹ در شهر پاریس ساخته شد ، دلیلی بر پایداری و دوام سازه های فلزی سه بعدی مدولار به شمار میروند. شاید قدیمی ترین نمونه ها از انچه امروزه به عنوان قاب فضایی می شناسیم (که دارای امتیاز هایی نظیر سبکی ، مقاومت ، سه بعدی ، امکان تولید انبوه و اجرا به روش سازه های مدولار می باشد (در دهه اول قرن ۲۰ الکساندر گراهام بل ، خرپاهای فضایی مرکب از قطعات ۴ وجهی و ۸ وجهی را آزمایش کرد. گراهام بل خصوصیات دو گانه مقاومت بالا وسبکی وزن را با فرم های ۴ وجهی سه بعدی صلب به نمایش گذاشت و از آنها در بسیاری ازپروژه هایش استفاده کرد. یکی از اولین سازه های مشبک فضایی فولادی با استفاده از اتصالات ریخته گری شده و اعضای لوله ای ، یک برج دیدبانی در بین بریگ ،آمریکا بود که در سال ۱۹۰۷ توسط گراهام بل ساخته شد.

• اجرای سازه فضایی و روش شبکه گنبدی : در سازه فضایی ، سازه فضاکار اگر شبکه ای در دو جهت دارای انحنا باشد ، گنبد نامیده می شود. شاید رویه یک گنبد بخشی از یک کره یا یک مخروط با اتصال چندین رویه باشد. گنبدها سازه هایی با صلبیت بالا می باشند و برای دهانه های بسیار بزرگ تا حدود ۲۵۰ متر مورد استفاده قرار می گیرند. ارتفاع گنبد باید بزرگتر از ٪۱۵ قطر پایه گنبد باشد. گنبدها دارای مرکز هستند. از انواع گنبدها می توان گنبد از نوع دنده ای اشاره کرد که در صورتیکه تعداد دنده ها زیاد باشد باید به مسئله شلوغی اعضا در راس گنبد توجه شود که برای اجتناب از این مسئله بهتر است که برخی از دنده های نزدیک راس حذف شود. گنبد دیگری در سازه فضاکار به نام اشفدلر (مهندس آلمانی) وجود دارد که تعداد زیادی از این نوع گنبدها بعد از قرن ۱۹ توسط اشفدلر و دیگران ساخته شده است. از ایرادات این گنبد می توان به مسئله شلوغی اعضا در راس اشاره کرد ، که برای حل این مشکل همان راه حل بالا ارائه می شود. نمونه دیگر از گنبدها در سازه فضایی ،گنبد لملا

است. این گنبد را می توان به نوعی ترکیبی از یک یا چند حلقه که با یکدیگر متقاطع هستند ، دانست. از نمونه دیگر گنبدها در سازه فضاکار می توان به گنبدهای دیامتیک و گندهای حبابی و ژئودزیک اشاره کرد. اتصالات در گنبدهای دنده ای و اشفدلر حتما صلب هستند. از لحاظ پخش منظم نیرو ، گنبدهای ژئودزیک ،دیامتیک و حبابی بسیار مناسب هستند .

- اجرای سازه فضایی و روش شبکه چلیک : در سازه فضایی ، سازه فضاکار به شبکه ای که در یک جهت دارای انحنا باشد ، چلیک می گویند. این سازه بیشتر برای پوشش سطوح مستطیلی دالان مانند استفاده شده و بعضا فاقد ستون می باشند و روی لبه های چلیک که به تکیه گاه متصل است ، قرار می گیرند. چلیک ها دارای محور می باشند. اگر چلیک یک لایه باشد اتصالات به شکل صلب است. چلیک ها اغلب به شکل ترکیبی استفاده می شوند و تیر کمری نقش ترکیب کردن چلیک ها به یکدیگر را بازی می کنند. نکته ای که در طراحی این نوع سازه های فضاکار باید در نظرگرفت این است که انتهای چلیک باید قوی باشد و این تقویت را می شود بوسیله تیر و تیر و ستون و شکل خورشید مانند انجام داد. انواع چلیک ها در سازه فضاکار عبارتند از : چلیک اریبی ، چلیک لملا با مقاطع بیضی گونه ،سهمی گون ،هذلولی گون و .....

- اجرای سازه فضایی و روش شبکه تخت : در سازه فضایی ، سازه فضاکار شبکه های تخت به ترکیب یک سیستم یک یا چند وجهی با لایه های واحد شبکه گفته می شود. شبکه مسطح ترکیبی از یک دو وجهی که با تیرهای واحد متصل شده است می باشد. شبکه های تخت در سازه فضاکار می توانند دارای یک ، دو یا سه و حتی چند لایه باشند ، ولی بیشتر به صورت دو لایه مورد استفاده قرار می گیرند. شبکه های سازه فضایی دو لایه از دو صفحه موازی که بوسیله عناصری به هم متصل گردیده اند تشکیل می شوند. یک نمونه استفاده از این شبکه های سازه فضاکار در آشیانه هواپیما است. زمانی که اعضا در شبکه دو لایه طویل شوند برای جلوگیری از خطر کمانش کردن از شبکه های سه لایه استفاده می شود و با توجه به اینکه نیمی از هزینه های سازه های فضاکار را پیوندها تشکیل می دهند این نوع سازه های فضاکار اغلب غیر اقتصادی است. نکته دیگری که در طراحی شبکه های سازه فضاکار دو لایه و اکثر سازه های فضاکار باید در نظرگرفت این است که برای توزیع بهتر نیرو و کششی شدن آن ستون های سازه فضایی در داخل شبکه قرار می گیرند و ستون به چند گره متصل شود و بهتر است برای توزیع منظم نیرو در سازه های فضایی در اطراف کنسول داشته باشیم.

- اجزا و قطعات سازه فضایی ، دستک : دستک در سازه فضایی ، سازه فضاکار جهت ایجاد شیب بر روی سطوح تخت سازه فضایی و اتصال لازم جهت نصب پرلین های سقف از یک سری المان از جنس المان های رابط بند ۲ با طول های متغیر جهت حصول این مطلب استفاده میگردد به شکلی که یک سر آن به گره ها متصل می گردد و سر دیگر آن سطوح لازم جهت اتصال پرلین ها را تامین می نماید.

اجزا و قطعات سازه فضایی ، اسلیو سیستم سازه فضایی ، سازه فضاکار قطعه ای مشابه با شکل مهره است که جهت محکم نمودن پیچ ها در داخل گوی استفاده می شود. همچنین ، اسلیوها در المان های فشاری ، رفتار سازه ای داشته و به همین لحاظ باید جنس آنها از گروه **CK** باشد.

• اجزا و قطعات سازه فضایی ، مخروطی : مخروطی یا بشقابک در سازه فضایی ، سازه فضاکار که به روش کوبن کاری و از جنس ST۳۷ یا ST۵۲ تولید شده و در محل اتصال المان ها و لوله ها به گوی از این قطعه مخروطی شکل فولادی استفاده می گردد. این قطعه مخروطی که به روش جوش Co۲ به لوله ها متصل می شود دارای دو نوع رفتار (کششی و فشاری) می باشد.

• اجزا و قطعات سازه فضایی ، لوله : یکی از قطعات و اجزای اصلی سازه فضایی ، سازه فضاکار است که نیروهای وارده بر گوی ها را به صورت نیروی محوری خالص (کشش، فشار) تحمل می نماید. لوله ها در یک سازه فضایی ، سازه فضاکار با توجه به توزیع نیروها می توانند قطرهای مختلف داشته باشند. پس از آنالیز و طراحی سازه فضایی ،سازه فضاکار قطر لوله ها در بخش های مختلف سازه فضایی مشخص می شود و پس از آن در واحد برشکاری بصورت دقیق برش داده می شوند ،پس از این مرحله بشقابک ها به دو سر انتهایی لوله ها جوش می شوند. پوشش لوله های فولادی سازه فضایی بصورت گالوانیزه ، کرومیته و یا رنگ الکترواستاتیک با ضخامت استاندارد و تنوع رنگ بالا می باشد. دقت و نظارت بر ضخامت لوله ها ، کیفیت تولید لوله ها ، کارخانه تولید کننده لوله و کیفیت و ضخامت لایه های پوششی و رنگ از موارد مهم در تعیین کیفیت سازه فضایی می باشد.

• اجزا و قطعات سازه فضایی ، گوی : در سازه فضایی ، سازه فضاکار یکی از از اجزا سازه فضایی و بصورت یک کره فولادی توپر می باشد که به روش کوبن کاری و از فولاد CK۴۵ به صورت کره کامل یا چند وجهی تولید شده و جهت ارتباط بین اعضای سه بعدی استفاده می شود. در سازه فضایی ،سازه فضاکار ،گوی ها باعث می شوند که خود و اعضای مربوطه شان در یک موقعیت ثابت قرار بگیرند و باعث ایجاد همکاری بین نیروهای اعضای سازه می شوند و مزیت مقاومتی و پایداری سازه را در مقایسه با سایر سازه ای سنتی مانند سوله و سازه فلزی را ایجاد می کند. گوی ها در سازه های با دهانه ۱۲ متر به بالا توصیه می شوند. گوی ها دارای سوراخ هایی می باشند که عضو های سازه بر روی این سورا خ ها قرار گرفته و پیچ می شوند. این سوراخ ها بر روی گوی ها ماشین کاری گردیده است. گوی ها بر اساس نوع و تعداد سوراخ های ایجاد شده بر روی خود نیز به صورت زیر طبقه بندی می شوند. گوی معمولی با ۸ سوراخ و زاویه ۴۵ درجه ،گوی استاندارد با زوایای مشخص در طراحی سازه فضایی ،گوی های ویژه سر ستون ،قسمتی از آن به صورت استوانه ای (یا مخروطی) و قسمتی به صورت کروی (نیم کره) می باشند. یکی از مواردی که در ساخت یک گوی باید مورد دقت قرار بگیرد ،محاسبات و اجرای سوراخ کاری است تا پیچ ها پس از اتصال در داخل گوی با یکدیگر برخورد نداشته باشند و هر پیچ بدون ممانعت پیچ دیگر در داخل گوی قرار بگیرد.

اجزا و قطعات سازه فضایی ، پیچ یکی دیگر از قطعات در سازه فضایی ، سازه فضاکار می باشد. پیچ ها یک اتصال جداشدنی بوده و جهت انتقال نیرو از آنها کمک گرفته می شود. پیچ ها از کلاس ۸,۸ یا ۱۰,۹ می باشد و در سایزهای متفاوتی استفاده می شوند .

• سازه فضایی به شیوه تک پیچ : سازه فضاکار به روش تک پیچ یا کاتروس که از گره های تک پیچ و مهره ای می باشد برای اولین بار در اسکاتلند شکل گرفت و به مرحله اجرا رسید. در روش کاتروس یا تک پیچ همه اعضا سازه فضاکار از لوله یا پروفیل تشکیل شده و معمولا برای دهانه های بین ۵ تا ۱۲ متر استفاده می شود و به اعضا

اتصال کمتری در مقایسه با اجرای سازه فضاکار به روش مرو نیاز است به همین لحاظ در شرایط مشابه از قیمت مناسب تر در مقایسه با سایر سیستم ها برخوردار است. در اجرای سازه فضاکار به روش تک پیچ ،اعضای مهاری جان ،مقاطع لوله ای هستند که در هر انتها پانچ و خم شده و اعضای اصلی در طول های متناسب با ابعاد شبکه خرپای فضایی تولید شده و در نقاط مناسب متصل می شوند . در سیستم سازه فضاکار تک پیچ ،برخی اعضا (خصوصا اعضای لایه میانی) مرکز مقطع عضو بطور مستقیم از مرکز گره عبود ننموده و منجر به ایجاد خمشی جزئی در این عضوها می شود و لذا این سیستم برای دهانه های بزرگ توصیه نمیگردد.

• **Mero** سازه فضایی به شیوه گوی سان : در سال ۱۹۴۳ اولین سیستم شبکه فضایی بود که به صورت گسترده در دسترس معماران و مهندسان قرار گرفت و توسط دکتر مکس منگرینگ هوسن (۸۸- ۱۹۰۳) معرفی شد. سازه فضاکار ،هنوز هم رایج ترین روش درساخت خرپاهای فضایی است ،شامل اعضای لوله ای منفرد و اتصالاتی ازنوع پیوندهای کروی (گوی سان) است. عموما استفاده از این روش اجرای سازه فضایی تا به امروز ادامه دارد زیرا علاوه بر زیبایی سازه ای می تواند به اشکال گوناگون و با سیستم های متنوع ، متشکل از پیوندهای یکرویی و لوله ها مورد استفاده قرار گیرد. یک نوع شناخته شده از این روش اجرای سازه فضاکار ،شبکه های دو لایه با استفاده از مدول های پیش ساخته است. در انگلستان ، در دهه ۱۹۵۰ ، دنینگ آف چارد سیستم سقف سازه فضایی را بر اساس مدول های هرمی فولادی پیش ساخته که به یکدیگر پیچ میشوند (با ابعاد ۱,۲۲*۱,۲۲متر در پلان و ۱,۰۵ متر یا ۰,۶۱ متر در ارتفاع) توسعه داد. با اندکی تغییرات در ابعاد مدول ها و مصالح ،سیستم سقف سازه فضایی تاکنون به صورت گسترده و موفقیت آمیز برای سازه های کف و بام مورد استفاده قرار گرفته است. در دهه ۱۹۵۰ و ۱۹۶۰،سیستم های مشبک فضایی در تمام دنیا مورد استفاده قرار گرفت. در امریکا ریچارد باکمینسترفولر (۱۹۸۱-۱۸۹۵) در پی مطالعاتی که در مورد نحوه اتصال تعدادی از کره ها به یکدیگر انجام داد ،به سیستم خرپای هشت وجهی دست یافت. ارائه طرحهای جدید ریچارد باکمینستر فولر و رشد قابل انتظار سازه های فضایی مشبک سبب به وجود آمدن ساختمان سه ربع کره ای به قطر ۷۶ متر به صورت گنبد ژئودزیک برای غرفه آمریکا در نمایشگاه اکسپو ۶۷ مونترال ، کانادا شد. این غرفه توسط فولر با همکاری شرکت های ساداثو ،ژئومتریکس و سیمپسون ،گامپرتزو هگر طراحی شد. گنبدها یک شبکه اتصالی دو لایه از لوله های فولادی بودند که یک شبکه ژئودزیک مثلثی برای لایه خارجی و یک شبکه شش ضلعی برای لایه داخلی داشتند. در نمایشگاه مونترال ، ۲ غرفه بزرگ به نام " انسان جستجوکننده " و" انسان تولید کننده" ccw معماران ،افلک ،دسبارتز ،دیماکوپولوس ،لبن سولد وسیس) با استفاده از شبکه های سازه فضایی بعدی مدولار ساخته شد. این شبکه های چندلایه ،یکی از اولین تلاش ها برای اثبات امکان تولید سازه های بزرگ با استفاده از سیستم مدولار متشکل ازاعضای کوچک بود. در همان زمان استفاده بیشتراز کامپیوترها و توسعه برنامه هایی که قادر بودند سازه های مشبک فضایی را تحلیل کنند ،تاثیر زیادی در افزایش استفاده آنها برای سازه های با دهانه های بزرگتر و طویلتر داشت. به دلیل کارآمد نبودن برنامه های کامپیوتری متداول درآن زمان برای تحلیل سازه های فضایی موجود ،برنامه کامل و جدیدی درباره هندسه و شکل سازه های فضایی بزرگ نوشته شد که می توانست به منظور تحلیل شبکه های چند لایه هرم ولکانو که در بالا شرح داده شد ،به کار رود. در اواخر دهه ۱۹۶۰ واوایل دهه ۱۹۷۰، بسیاری از اولین نمونه های سیستم های شبکه فضایی با نسل دوم چنین سیستم هایی جایگزین شدند. بخش لوله های شرکت فولادی انگلیسی شناخته میشود ، سیستم نودوس (NODUS) را بادامنه کوچکی از گره های اتصال استاندارد که متناسب با مقاطع لوله های تولیدی با اندازه های مختلف و ظرفیت های باربری متنوع بودند ، طراحی کرد. تمام اتصالات سازه فضاکار

استاندارد برای شکست در شرایط خاص ،در مرکز تحقیقات کربیبرای اثبات میزان موثر بودن ،آزمایش شدند و شبکه سازه فضایی کامل به ابعا د ۳۰,۵*۳۰,۵ متر وبه ارتفاع ۱,۵۲ متر نیز ساخته و آزمایش شد. این سازه فضایی پس از آزمایش برچیده شد و برای استفاده در آزمایشگاه سازه های فضایی در دانشگاه ساری در گیلفورد انگلستان دوباره نصب شد. در دهه ۱۹۸۰ کاربرد مقاطع ممتد از فولاد با نورد سرد برای اعضای فوقانی و تحتانی در خرپاهای سازه فضایی بدون گره موجب توسعه سیستم های سبکتر و ارزانتری مانند سیستم هارلی (Harley) شد که ابتدا دراسترالیا به کار رفت. در این نوع شبکه سازه فضایی اعضای ممتد در دو جهت عمود بر هم با مقاطع C شکل که پشت به پشت در گره ها به یکدیگر پیچ شده اند ،واقع می شود. دردهه ۱۹۸۰ واوایل دهه ۱۹۹۰ ،قاب فضایی کیوبی (CUBIC) و شبکه اسپیس (SPACE) و سیستم شبکه سازه فضایی کاندر هالی در انگلستان شناخته شد و به صورت قاب فضایی مدولار ، که توسعه یافته سیستم خرپای سازه فضایی یونی بات و نمونه اصلاح شده سیستم خرپای سازه فضایی هارلی استرالیایی است ،ارائه شد.

- ساختار فنی و هندسی سازه فضایی : سازه های فضاکار از نظر اسمی به سه گروه تقسیم می شوند ، سازه های فضاکار ، سازه فضایی شبکه ای **lattice space structures** که شامل المان های طولی معمولی جدا از هم است ،سازه های فضاکار ،سازه فضایی پیوسته **continuous space structures** که شامل اجزایی مانند دال ها پوسته ها و جلد ها می شود ،سازه های فضاکار ،سازه فضایی دو وجهی **biform space structures** که شامل ترکیبی از اجزای جدا و پیوسته است. لازم به ذکر است که این سازه ها میتوانند فضایی به طول ۳۰۰ متر را بدون ستون پوشش دهند!!! سازه های فضایی شکل های هندسی منظمی هستند که در کنار یکدیگر تکرار شده و با اتصال مکرر این اجزا شبکه ای مستحکم و یکپارچه با ساختاری سه بعدی ایجاد می کنند. این اجزا از المان های طولی (با مقطع های مربعی ،دایره ای ،مثلثی و ...) و اتصال هایی که هر روز بر انواع آنها افزوده می شود تشکیل می شود. سازه های فضایی بعلت پخش نیرو در جهات مختلف از استحکام توام با سبکی استثنایی برخوردار می باشد. به نحوی که وزن آنها ۳۵٪ از سازه های متداول کمتر است و بعلت استفاده حداکثر از سیستم پیش ساختگی از سرعت ساخت و نصب بیشتری برخوردار می باشد و بعلت یکپارچگی میتوان کلیه سازه و تاسیسات مربوطه را در تراز زمین سوار کرده و سپس سقف را بالا برده و نصب کرد. سازه فضایی با گسترش فضای باز بدون ستون ها مترادف است که این امر راندمان فضا را بسیار بالا می برد (تا ۲۵٪) و این گسترش در هر دو بعد براحتی میسر است. شکل منتظم سازه های فضایی نمای خوش آیندی را عرضه می دارد که به لحاظ معماری با ارزش می باشد و از این روست که بسیاری از معماران در سالن ها و مراکز اجتماعات و غیره از سقف کاذب استفاده نکرده و خود سازه را به نمایش می گذارند. رفتار سازه ای سازه های فضاکار : دو عامل از مهمترین ملاحظات سازه ای در طراحی اعضای خرپای فضایی ،کمانش اعضای فشاری و اعضای مهاری جان و نیز طراحی گره ها برای تاثیر و کارایی در انتقال نیروهای محوری بین اعضا و گره ها برای به حداقل رساندن تاثیر خمش ثانویه است. نسبت دهانه به ارتفاع برای شرایط تکیه گاهی متفاوت ،تعیین نسبت اقتصادی دهانه به ارتفاع برای سازه های مشبک فضایی مشکل است ،چرا که آنها از شرایط تکیه گاهی ، نوع بارگذاری و تا حد زیادی ازسیستم مورد نظر تاثیرمی پذیرند. زد ، اس ،ماکوسکی اظهار داشته که نسبت دهانه به ا رتفاع ممکن ا ست از ۲۰ تا ۴۰ ، بسته به صلبیت سیستم مورد استفاده تغییر کند. نسبت دهانه به ارتفاع بزرگ تر را در صورتی می توان به دست آورد که تمام یا بیشتر گره های پیرامونی بر روی تکیه گاه قرار داشته باشند. این نسبت زمانی که گره ها فقط در نزدیکی گوشه ها بر روی تکیه گاه ها نگه د اشته شده با شند ،به حدود ۱۵ الی ۲۰ کاهش می یابد.

• کاربری های روش سازه فضایی : سازه فضایی ، سازه فضاکار به عنوان سازه ای با قابلیت های کاربری گوناگون و مزیت و ویژگی های بسیار زیاد در مقایسه با سایر روش های ساخت سازه مانند سوله ،یکی از اساسی ترین موارد جهت امر تولید و یا مراحل قبل و یا بعد از آن می باشد تا در داخل آن کلیه امکانات و تجهیزات و نیروی انسانی مراحل تولید را به انجام برسانند. سازه فضایی ،سازه فضاکار کاربری های بسیار متنوعی در ساخت و ساز دارد که در ادامه به بعضی از کاربری ها اشاره می کنیم. سردخانه ، پل‌های عابر پیاده ، دکوراسیون داخلی ، نماسازی ساختمان ، غرفه‌های نمایشگاهی ، سالن‌های چند منظوره ، سایه‌بان پارکینگ خودرو ، توسعه بناهای ساخته شده ، سایه‌بان استخر و پارک آبی ، گلخانه های صنعتی و تزیینی ، زیرسازی سلول‌های خورشیدی ، جایگاه‌های پایانه‌ای و مسافربری ، ایستگاه های انتقال و تقلیل فشار گاز ، استادیوم ها و سالنهای ورزشی فوتبال ، بدنسازی ، جایگاه‌های توزیع سوخت بنزینی و CNG ، سقف سردرب ورودی سازه های تجاری ، اداری و مسکونی ، سقف ایستگاه‌های راه‌آهن ، قطار شهری و اتوبوس ، سالن‌های بزرگ صنعتی ،ورزشی ، نمایشگاهی ، اجتماعات ، گلخانه‌ای ، انبار

• روش های بافت و نصب سازه فضایی : در روش نصب یکپارچه سازه فضایی ، سازه فضاکار بر روی زمین محل احداث پروژه تراز و به صورت کامل انجام می شود و سپس با استفاده از جرثقیل و یا جک هایی که در زیر سازه قرار گرفته اند ،سازه فضایی به بالا منتقل شده و بر روی ستون ها و یا تکیه گاه ها نصب می گردد. این روش اجرای بافت و نصب سازه با سرعت و دقت بالایی صورت می پذیرد. در روش نصب بلوکی سازه فضایی ، سازه فضاکار به بخش ها و بلوک های مشخص تقسیم می شود . سپس بخش ها و بلوک ها بر روی زمین محل نصب سازه فضایی بافته شده و پس از آن هر یک از آن ها با استفاده از جرثقیل و یا جک به بالا منتقل شده و ضمن تکمیل عملیات چینش و بافت بلوک ها با یکدیگر فرایند نصب سازه فضایی بر روی ستون ها و تکیه گاه ها نیز تکمیل می شود. این روش برای سازه هایی که ابعاد و شکل های هندسی خاص و یا نا منظم دارند مناسب بوده ولی زمان بیشتری را برای عملیات نصب سازه فضایی نیاز خواهیم داشت. در روش نصب واحدی سازه فضایی تعداد ۳ تا ۵ لوله و یک گوی که به آن یک واحد گفته می شود بر روی زمین بافته و سپس با وسایل انتقال سبک به محل قرار گیری خود در سازه فضایی منتقل و ادامه و تکمیل بافت هر واحد با واحد های قبلی و شبکه سازه فضایی و نصب آن ها بر روی ستون ها و تکیه گاه ها صورت می پذیرد. در روش نصب قطعه ای سازه فضایی ، در زمان اجرای بافت و نصب سازه فضاکار برای جلوگیری از حرکات ارتعاشی و نوسانی و به منظور محدود کردن تغییر شکل شبکه سازه فضایی در حال بافت و نصب در طول محور اصلی سازه فضایی شمع های موقت در سطوح و موقعیت های حامل فشار و باره سازه نصب شده و پس از پایان بافت و نصب سازه شمع ها با رعایت کامل ایمنی و به تدریج از زیر سازه برداشته می شوند تا بار سازه و فشار با یک ضریب مشخص و منطقی به ستون ها و تکیه گاه های اصلی منتقل شده و سقف در حالت هندسی مشخص شده پایدار شود.

• پروژه های بزرگ سازه فضایی در دنیا : سازه های فضایی ، سازه فضاکار امروزه در سراسر جهان با سرعت روزافزونی در حال اجرا هستند. برخی از آن ها به دلیل وسعت ، معماری و مهندسی در رده برترین های سازه فضایی و سازه فضاکار و یا حتی در مواردی صنعت و ساختمان هستند. در ادامه به برخی از آن ها اشاره می کنیم. ورزشگاه

ویمبلی لندن در حال حاضر بزرگ ترین استادیوم فوتبال در انگلستان محسوب می شود و با گنجایش ۹۰ هزار نفر تماشاگر در زمره ۱۰ ورزشگاه بزرگ دنیا نیز جای می گیرد. این استادیوم که از سال ۱۹۲۳ تا ۲۰۰۶ بازسازی نشده بو د ،سرانجام با همکاری اتحادیه فوتبال انگلیس و یک شرکت خصوصی ،دوباره تاسیس و نوسازی شد و هزینه یی بالغ بر ۷۷۸ میلیون پوند (معادل ۱۵ هزار میلیارد تومان) مصرف کرد. وجه غالب و بارز این ورزشگاه آن است که در آن برای همه ۹۰ هزار تماشاگر ،صندلی وجود دارد و بر اساس ادعای یک روزنامه انگلیسی ،گران ترین ورزشگاهی است که تا به امروز در دنیا ساخته شده و قرار است به عنوان یکی از استادیوم های اصلی المپیک ۲۰۱۲ لندن نیز مورد استفاده قرار بگیرد. سقف ورزشگاه در نوع خود بی نظیر است و یکی از بزرگ ترین سقف های متحرک در ورزشگاه های دنیا محسوب می شود سقف این ورزشگاه در کاسه یی دایره یی شکل قرار گرفته و به دلیل اینکه روی هیچ حفاظ یا ستونی قرار نگرفته ، تعجب و شگفتی معماران جهان را برانگیخته است. همچنین کمان قوسی شکل شبکه بندی شده و متحرک این ورزشگاه که ۷ متر قطر داخلی و ۳۱۵ متر طول دارد ،با زاویه یی ۲۲ درجه نسبت به زمین قرار گرفته و در دو سوی استادیوم کشیده شده است که برای تبدیل کردن استادیوم به زمین راگبی یا محل برگزاری کنسرت ، می تواند دومین لایه سقف ورزشگاه را نیز از خود عبور دهد. سقف استادیوم ویمبلی لندن که از عجایب آن به شمار می رود ،معادل ۶ هزار و ۳۵۰ تن جرم دارد و فضایی بالغ بر ۴۵ هزار متر مربع را پوشش می دهد که حدود ۴ هزار متر مربع آن قابل ارتقا به لایه بالاتر است و حدود ۵۲ متر از سطح زمین ارتفاع می گیرد. جالب اینجا است که در ساخت این ورزشگاه حدود ۹۰ هزار متر مربع مس و ۲۵ هزار تن فولاد استفاده شده و همچنین به عنوان اسکوربورد یا تابلوی اعلام نتایج در آن از دو تلویزیون غول پیکر با ابعادی معادل ۶۰۰ تلویزیون متوسط خانگی استفاده شده است. در این ورزشگاه ۹۰ هزار تماشاگر در سه ردیف به شکل غیرمساوی تقسیم می شوند و می توان با حرکت دادن آرک یا کمان فلزی اصلی و کاهش دادن یکی از ردیف ها برای مسابقاتی که اهمیت کمتری دارند ،آن را به یک استادیوم ۶۰ هزار نفری تبدیل کرد که شگفت انگیز است ،همچنین گفته می شود که طول محیط این ورزشگاه یعنی دور تا دور آن مقداری بیش از حدود یک کیلومتر است. در مدت بازسازی این ورزشگاه بیش از سه هزار و پانصد کارگر در مدت چهار سال فعالیت کردند. به لحاظ گنجایش تعداد تماشاگران ،ورزشگاه ملی جمهوری چک نیز با ظرفیت با بیش از ۱۵۰ هزار نفر تماشاگر ،یکی از بزرگ ترین استادیوم های فوتبال دنیا است و البته مدت هاست که هیچ دیداری را میزبانی نمی کند همچنین بد نیست بدانیم که در این ورزشگاه بیش از دو هزار اتاق برای استراحت و تغذیه تماشاگران تعبیه شده و این در نوع خود بی نظیر است. استادیوم ملی پکن توسط معماران سوئیسی DE MEURON و HERZOQ طراحی شده است و طبق برنامه ریزی از قبل تعیین شده در پایان سال ۲۰۰۷ به پایان رسید. این پروژه به علت بهره گیری از ایده های خلاقانه و نوآور در طراحی سازه و پوسته معماری مورد توجه معماران و متقدین هنری بوده است. استادیوم ملی پکن (آشیانه پرنده) نمونه ای برجسته از کاربرد علم زیست سنجی (ارگانیک شکلی BIOMETRIC در معماری مدرن به شمار میآید. طرح این اثر معماری منحصر به فرد، الهام گرفته از طبیعت است الگوی داخلی آن از یکی از طرح‌های معماری بازاری در پکن و معماری بیرونی آن را به Bird nest یا آشیانه پرنده نسبت داده‌اند. به عقیده بعضی از مردم چین این استادیوم مانند جامی سفالی است که در یک لفافه توری شکل پیچیده شده است. در واقع جنبش ارگانیک شکلی (تقلید از طبیعت) جنبش جدیدی نیست. این رویکرد، بازبینی نخستین الهامات بشر از طبیعت به شمار می رود. در سال ۲۰۰۲ کمیته برنامه ریزی شهری پکن ، در طی مسابقه ای بین المللی که انجام شد ،این طرح را به عنوان طرح برنده اعلام کرد ،این استادیوم به عنوان محل برگزاری افتتاحیه و اختتامیه مراسم المپیک نیز اعلام شده است. مشخصات پروژه طول بنا : ۳۳۳ متر عرض بنا : ۲۸۴ متر ارتفاع بنا : ۶۹ متر ظرفیت استادیوم : ۱۰۰ هزار نفر هسته بتنی سازه به شکل سکویی بتنی طراحی شده است که وظیفه جای دادن تماشاچیان و انتقال

و هدایت بار زنده استادیوم را به زمین (پی) دارد. پوسته فلزی استادیوم که به شکلی ، نامنظم به چشم می خورد ،دارای ۲۴ ستون می باشد که دور تا دور این بیضی با فواصل منظم چیده شده اند. و بر روی هر یک خرپایی بزرگ قرار گرفته که وظیفه آن تحمل وزن پوسته و سقف استادیوم است. در واقع سازه این پوسته عظیم همین ۲۴ ستون و خرپاها هستند و خطوط منحنی دیگر در پوسته ،صرفا برای تکمیل ایده و طرح اولیه معماران آن به نمایش در آمده اند. در ابتدا قرار بود تا سقف بنا به صورت متحرک طراحی شود، اما به دلیل کم شدن بودجه طرح و کاهش آن ،سقف به صورت ثابت طراحی و اجرا شد. این موضوع خود باعث شد تا میزان فولاد مصرفی به ۴۰ هزار تن فولاد از ۸۰ هزار تن فولاد تخمین زده شده کاهش یابد. همچنین این کار باعث کم شدن ضخامت ورق های مصرفی در ساخت ۲۴ ستون خرپاها شد. این سقف فولادی (ثابت) به طول ۳۳۰ متر، عرض ۲۲۰ متر و وزن ۴۵ هزار تن طراحی و در اکتبر ۲۰۰۶ ساخت آن به پایان رسید. به منظور دستیابی به ایده و طرح مورد نظر طراحان، عناصر فولادی پوسته در دیوارها و سقف به صورت یکپارچه اجرا شده اند. این پروفیل های فولادی از ضخامت ۱ تا ۱۰ سانتی متری (بسته به نوع و مقدار بار وارده به آنها) طراحی شده اند. برای اجرای این پروفیل های یکپارچه که طول تعدادی از آنها به ۶۰۰ متر هم می رسد ،جوشکاری باید در محل انجام می شد، که از مشکلات جوشکاری در محل مطلوب نبودن دمای محیط (به ویژه در فصل زمستان) و دیگری جوش دادن بیش از ۱۲۸ قطعه برای برخی از قطعات می باشد. پوشش سقف استادیوم بعد از نصب سازه سقف ،پوششی از جنس ETFE برای آن انتخاب شد. این پوشش در مساحت ۴۰ هزار متر مربع و در ۱۰۳۸ جزء مختلف به کار رفته است. اتیل تترا فلوئور اتیلن (ETFE) که فلوئور پلیمری با ویژگی های کششی مناسب است، برای کاربرد در این پروژه، راه حل خوبی است. به علاوه، مقاوم و سبک وزن است (وزنی معادل یک درصد همان ابعاد شیشه دارد) و شفافیتی بالا برای عبور اشعه ماوراء بنـفش دارد؛ETFE در مقابل نور خورشید فرسایش نمی یابد و خاصیت عایقی بهتری نسبت به شیشه داراست. همچنین قابل بازیافت بوده و نیز مقاومتی معادل چهارصد برابر وزن خود دارد. گرچه در برابر ایجاد سوراخ های سطحی حساس است ،اما به سادگی با استفاده از نوارهای ETFE می توان آن را تعمیر نمود. شاید منحصر به فرد ترین پوشش به کار رفته در ساخت سقف استادیوم ،سیستم بالشتکی آن است ،این سیستم در فضای خالی بین دو پوسته سقف قرار می گیرد. این بالشتک به منظور تنظیم میزان جریان باد ،هوا و نور خورشید طراحی و تعبیه شده است ،و با کم و زیاد کردن فاصله دو پوسته از یکدیگر عمل خواهد کرد.

پایانه مسافربری فرودگاه جده که در دفتر معماری S.O.M (ااسکیدمور، اوینگز و مریل) با استفاده از نبوغ فضلورخان که در این هنگام خود در این دفتر شریک و یکی از مدیران بود ، طرحی برای پایانه فرودگاه حجاج داد که در آن به استادی و زیبایی تمام از سیستم کششی در انطباق با وضعیت محیطی عربستان و نیازهایی که زائرین در بدو ورود به منظور زیارت خانه خدا دارند استفاده شود. جده بندر عظیمی است که قسمت اعظم زایرین خانه خدا با هواپیما از طریق آن وارد عربستان می شوند تا بعد به زیارت خانه خدا توفیق یابند.ورود شمار بسیاری از زائران در مدتی به فرودگاه جده که به ظرفیت مسافر در مواقع و فصول عادی ساخته شده مشکل عظیمی پیش می آورد ،به طوری که پاره ای از تشریفات ورود(کنترل گذرنامه و بازرسی گمرکی) در خارج از محوطه فرودگاه و در محیط بدون سرپناه صورت می گرفت به همین دلیل لزوم ایجاد سرپناهی برای حجاج پدید آمد و هیچ چیز مناسبتر از چادر نبود که مناسب با اقلیم عربستان و در هماهنگی با نماد زندگی در این کشور و در عین حال پاسخگوی نیازی که به علت کثرت زائرین پدید آمده بود باشد. مجموعا ۲۱۰ چادر در ۱۰ واحد برپا شد. چادرها از نظر کلی شباهت به چادرهای سنتی داشتند ولی با استفاده از پیشرفته ترین سیستم های تجزیه و تحلیل سازه محاسبه و ساخته شده اند. هر چادر از چهار جانب با سیم های پولادی ضخیمی از پایه هایی تنومند که قطر هر پایه در پایین ترین نقطه ۲ متر و ۴۰ سانتی متر است آویخته می شود. جنس چادرها فایبرگلاس است و یک ورقه تفلون سپید

آن را می پوشاند که نور شدید صحرا را منعکس می کند. هر چادر مساحتی نزدیک به ۲۱۰۰ متر مربع دارد و هر واحد می توانند همزمان مورد استفاده مسافران ۲ هواپیما قرار گیرد. ابعاد هریک از چادرها ۳۲۰×۱۳۸ و تمام ۱۰ واحد بر روی هم فضایی در حدود ۴۰ هکتار دارد و در هر دوره از مراسم حج مورد استفاده یک میلیون نفر زائر قرار می گیرد. بودجه ایی که برای ساخت این پایانه در نظر گرفتند رقم بی سابقه ۴ بیلیون دلار بود. پل میلو به ارتفاع ۱,۱۲۵ فوت (۳۳۸ متری) روی دره ی ترن در جنوب فرانسه قرار دارد که بزرگترین پل کابلی جهان محسوب می شود. بطوریکه می گویند رانندگی بر روی این پل مثل آنست که احساس می کنی در پروازی. ساخت این پل که قدری بلندتر از برج ایفل است سه سال به طول انجامید و در سال ۲۰۰۴ به روی عموم باز شد ،در حالیکه این پل مناظر بسیار زیبایی را از دره ی زیر خود به تصویر می کشد، همینکه مه پایین می آید دیگر مسیر مناسبی برای آنانکه قلبشان ضعیف است نخواهد بود ،بطور کل طول این پل ۸,۰۷۱ فوت (۲,۴۲۰ متر) با طاق تکی در ۱,۱۲۲ فوتی (۳۳۶ متری) و حداکثر ارتفاع از زیر آن ۸۸۶ فوت (۲۶۶ متر) است، بطور خلاصه این پل بسیار احساس برانگیز هم بر روی کاغذ و هم در حیات واقعی می باشد. دکل پل با ۷ اسکلت فلزی به وزن ۳۶۰۰۰ تن مسقف شده است. یکسری از هفت تیرک ،هر یک به بلندی ۲۹۲ فوت (۸۸ متر) و به وزن ۷۰۰ تن به اسکلتهای فلزی مربوط پیوسته اند.

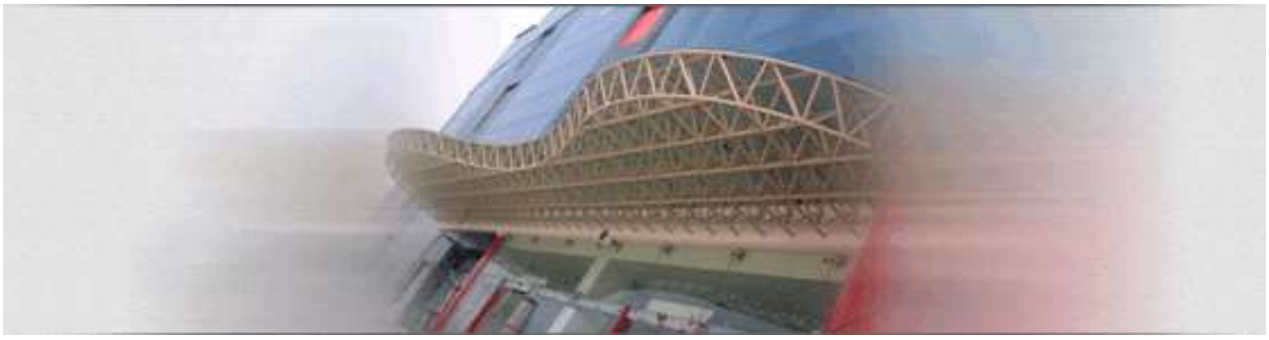
سازه های فضایی یا سازه فضاکار شکلهای هندسی منظمی هستند که در کنار یکدیگر تکرار شده و با اتصال مکرر این اجزا شبکه ای مستحکم و یکپارچه با ساختاری سه بعدی به وجود می آورند بگونه ای که می توان گفت این نوع شبکه ها نمونه کاملی از سازه های سه بعدی هستند.

به عبارت دیگر، سازه های فضا کار به آن دسته از سازه ها اطلاق می شوند که ماهیتاً دارای رفتار و عملکرد مسلط سه بعدی می باشند ، به نحوی که اثر هیچ یک از سه بعد در رفتار سازه تحت تاثیر کنش های وارده قابل صرفنظر کردن نیست . این سازه ها به طریقی پیکر بندی می شوند که مسیر انتقال بارها را از طریق عناصر سازه ای در سه بعد تامین نمایند.

سازه های فضایی به دلیل پخش نیرو در جهات مختلف از استحکام توام با سبکی برخوردار بوده به علت استفاده حداکثر از سیستم پیش ساختگی دارای سرعت ساخت و نصب قابل توجهی می باشد و از همین رو ، صنعت ساختمان سازی نوین در جهان کنونی به دنبال بکار گیری گسترده از سازه های سبک در سطوح مختلف صنعتی ، مسکونی و تجاری است.

سازه فضایی برای سالن های تولید و انبار کارخانجات

سازه فضایی برای سردرب ورودی و نورگیر ساختمان



سازه فضایی برای تالارهای پذیرایی

سازه فضایی برای سقف آخر ساختمان

سازه فضایی برای استادیوم ها و سالن های ورزشی (فوتبال ، بدنسازی و (...

سازه فضایی برای سقف استخر و پارک آبی

سازه فضایی برای سالن های اجتماعات (کنفرانس ، سینما ، تئاتر ، کتابخانه و(...

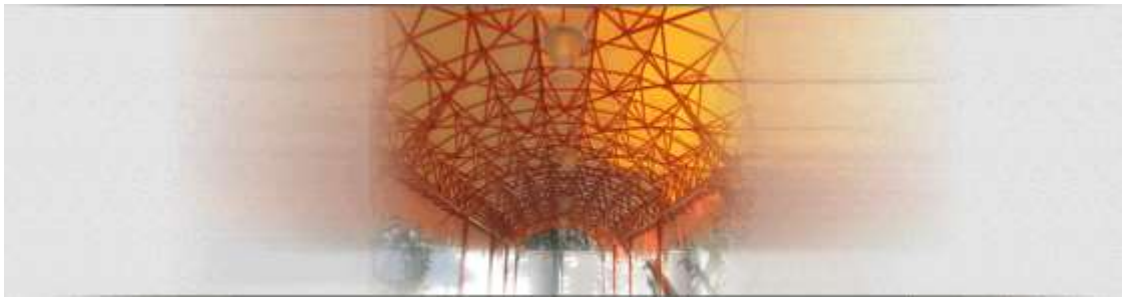
سازه فضایی برای پمپ های بنزین ، گازوئیل و CNG

سازه فضایی برای سالن های چند منظوره (نمایشگاه ،فروشگاه و(...

سازه فضایی برای گلخانه های صنعتی ، تحقیقاتی و تزئینی

سازه فضایی برای سالن های پایانه ای (فرودگاه و آشیانه هواپیما ، راه آهن ، ترمینال ، (...

سازه فضایی برای سقف پارکینگ (ساختمانهای مسکونی ، اداری ، تجاری، (...



سازه فضایی برای برج های عظیم (صنعتی ، مخابراتی ، دیده بانی ، (...

سازه فضایی برای سالن های اختصاصی بنادر و گمرکات

سازه فضایی برای سایبان های بزرگ (محافظ آثار باستانی و(...

سازه فضایی برای بیلبوردهای تبلیغاتی

سازه فضایی برای پل های پیاده رو و سواره رو

سازه فضایی برای دکوراسیون داخلی و غرفه سازی ، محوطه سازی

- **دیگر کاربردهای سازه فضا کار نسبت به سازه های پایدار :**

استفاده از سازه فضایی در کف ساختمانهایی که در مناطق با مقاومت کم زمین بنا می شود.
در زمین های با مقاومت کم ، احتیاج به فونداسیون های گسترده در زیر ساختمان می باشد و بدین لحاظ می توان به عنوان جایگزین ، شبکه های فضایی در کف ساختمان نیز استفاده کرد که در این مورد دارای مزایای زیر می باشد:

-توزیع نیروی ساختمان در سطح زیاد و کم کردن فشار وارده به زمین
-جلوگیری از انتقال رطوبت به کف ساختمان در مناطق مرطوب
-ایجاد فضای مناسب جهت عبور لوله های تاسیساتی
-برخورداری از قیمت مناسب ، به علت تشابه با سقف سازه فضایی

سازه های فضایی با توجه به ویژگی ها و مزایای منحصر به فرد خود از سوی مهندسین سازه ، آرشیتکت ها و سایر متخصصین در موارد متعددی توصیه شده و به سرعت رو به گسترش است.

- **مزایای سازه فضایی**

-عدم محدودیت دهانه
-وزن کم و ایمنی بسیار بالا
-عدم ضرورت نظم تکیه گاه های سازه
-امکان نصب جرثقیل بر روی سازه فضاکار
-دارا بودن نکنیک برتر
-استفاده بهینه از مصالح
-عدم انهدام ناگهانی
-مقاومت بالا دربرابر زلزله و آتش سوزی
-دارای صرفه اقتصادی

● الف)مزایای سازه ای در سازه های فضا کار: – ۱ – عدم محدودیت دهانه در سازه های فضایی سازه های فضاکار ،برای پوشش کلیه مکانهایی که به نحوی محدودیت اجرای ستون و تکیهگاههای میانی دارند ، ایده آل بوده و به بیان دیگر سازه های فضائی یا فضاکاربا عبارت " سالن های بدون ستون " مترادف است . خصوصاً که اجرای چنینمحل هایی با استفاده از سازه های فضاکار ، از نظر جلوه های ظاهری و نکاتسازه ای ، موقعیت و برتری منحصر به فردی را برای سازه های فضایی) درمقایسه با سایر سازه های جایگزین یا مشابه) به وجود می آورد.

الف – ۲ – عدم ضرورت نظم تکیه گاهها در سازه های فضا کار در کلیهمکانهایی که به دلیل وجود محدودیت های سازه ای یا معماری ، امکان رعایتنظم و تقارن در انتخاب ستونها وجود نداشته و محدودیت تکیه گاهی دارد ،می توان از سازه فضایی استفاده نمود ، چرا که در سازه های فضا کار به علترفتار سه بعدی ، توزیع تنش در تمام جهت ها انجام شده و لذا رعایت نظم درانتخاب تکیه گاهها ضرورت ندارد . و به همین دلیل است که در توسعه شبکهسازه فضایی می توان بدون اینکه به پایداری سازه فضاکار لطمه ای وارد شود، محل تکیه گاهها را (در صورت لزوم) تغییر داد.

الف – ۳ – امکان نصب جرثقیل بر روی سازه فضایی سختی و صلـبـیت زیاد سازه فضایی ، منجر به کوچک شدن تغییر شکل سازه تحت بارهای سرویسشده و قابلیت استثنائی برای حمل بارهای سنگین متمرکز و غیر متمرکز بهوجود می آورد . به بیان ساده تر امکان نصب جرثقیل دو پل و حتی جرثقیل تک پل و یک ریلی با استفاده از گره های سازه فضایی در هر مسیر دلخواه وجوددارد.

الف – ۴- دارا بودن تکنیک برتر سازه ای این نوع شبکه ها) سازه های فضایی(، نمونه کاملی از سازه های سه بعدی بوده بطوریکه اغلب اعضای سازه درتقسیم و توزیع بار مشارکت دارند و این ویژگی در این سطح ، منحصر به سازههای فضایی می باشد.

الف – ۵- وزن کم و ایمنی بسیار بالا در سازه های فضایی : در سازه هایفضایی به دلیل رفتار سه بعدی ، تنش در تمام جهات توزیع شده و به عبارتدیگر بدلیل توزیع یکنواخت بار و پخش نیرو در جهات مختلف این سازه ها (سازههای فضاکار) از استحکام توام با سبکی استثنائی و ایمنی بسیار زیاد برخوردارمی باشد.

الف – ۶- استفاده بهینه از مصالح در سازه های فضایی از یک سو بدلیل سهبعدی بودن و یکپارچگی سازه های فضایی با کمترین مصالح امکان فراهمنمودن بیشترین صلبیت و بالاترین سطح ایمنی در سازه های فضا کار وجوددارد و از سوی دیگر قابلیت استفاده از مصالح در این سیستم از سازه بسیارزیاد بوده به گونه ای که در بعد ملی ، کمترین مصالح از بین رفته و یا از پروسهتولید ملی خارج می شوند.

الف – ۷ – عدم انهدام ناگهانی (درجه هایپر استاتیکی بالا) در سازه هایفضاکار با توجه به بالابودن درجه نامعینی در سازه های فضایی و مشارکتبیشتر هموندها در تقسیم و توزیع بار ، ذخیره مقاومتی اعضا بیشتر بوده و لذامعمولاً حذف یک یا چند المان (خرابی موضعی) منجر به فروپاشی یا انهدامناگهانی کل سازه نخواهد شد.

الف – ۸ -سازه های فضایی ، مقاوم ترین سازه در حوادث غیر مترقبه : سازههای فضاکار به علت یکپارچگی ، نیروهای افقی بارهای اتفاقی و نیروهایدینامیکی ناشی از زلزله ، انفجار ، حملات هوایی ، طوفان ، آتش سوزی و ...را بهتر از انواع دیگر سازه ها تحمل نموده و مقاومت بیشتری دارند . اینموضوع در موارد تجربی و آزمایشات نیز (به شرط وجود مقاومت لازم در ستونهاو بادبندهای مربوطه) مورد تایید قرار گرفته است. ب – مزایای معماری در سازه های فضا کار

ب – ۱ - سادگی و زیبایی منحصر به فرد سازه های فضاکار در معماری شکل منتظم سازه های فضائی یا سازه های فضاکار به لحاظ معماری جذاب ، زیبا و باارزش بوده و از این رو است که بسیاری از معماران در سالنها ، مراکز اجتماعات و ... سازه فضائی را به صورت نمایان به نمایش گذاشته و حتی در بسیاری از موارد جهت نما سازی ها ، از سازه های فضاکار استفاده می نمایند.

ب – ۲ – انعطاف پذیری زیاد به لحاظ معماری با استفاده از شکل های هندسی به ظاهر یکسان و تکرار شونده سازه های فضائی ، می توان انواع فرمهای هندسی مطابق با طرح های گوناگون معماری را خلق نموده و تاشه (TASHEH) دلخواه آرشیتکت را طراحی و تولید نمود اشکال متداول معماری در سازه های فضاکار بصورت تخت ، قوسی ، چلیک ، گنبدی ، چتری ، هرمی ، سینوسی و ...می باشد.

ب -۳- عدم نیاز به استفاده از سقف کاذب در سازه فضائی نمای زیبای شبکه های دو لایه سازه فضا کار که در غالب اشکال هندسی تکرار شونده ظاهر می شود ، نمای خوشایندی را عرضه می دارد که از نظر نمای ظاهری ، بسیار زیبا و به لحاظ معماری با ارزش می باشد ، و به همین دلیل بسیاری از آرشیتکت ها در سالن های اجتماعات ، مساجد ، فرودگاهها و ... از سقف کاذب استفاده نکرده و نمای بدیع سازه فضائی را به نمایش می گذارند.

ب- ۴- امکان اتصال آویز های متعدد از سقف سازه ی فضاکار با توجه به قدرت باربری زیاد در سازه های فضایی و تعدد گره های موجود در فواصل منظم ، امکان مانور طراحی برای اتصال آویز های متعدد در هر یک از نقاط دلخواه سازه فضاکار و خلق آثار منحصر به فرد معماری (داخلی) را فراهم می آورد.

ب – ۵ – گسترش سازه فضائی با حداقل تغییر در سازه قبلی با توجه به ویژگی " عدم ضرورت نظم تکیه گاهها در سازه های فضاکار " ، قابلیت گسترش یا کاهش سطح سازه فضا کار اجرا شده ، از هر طرف و به هر شکل ، با حفظ سازه قبلی و با رعایت نکات طراحی ، به سادگی و با حداقل هزینه ا مکانپذیر می باشد و این توانایی منحصر به فرد سازه های فضایی ، امکان فوق العاده ای در طراحی و چیدمان طرح های توسعه برای آرشیتکت ها و کارفرمایان فراهم می نماید و این ویژگی در هیچ یک از انواع دیگر سازه ها وجود ندارد.

ب- ۶- سازه ای مناسب برای نورپردازی وجود نقاط از پیش تعریف شده بر روی سازه فضایی) گره های سازه) و امکان اتصال نورافکن ها و دیگر منابع نورانی در تمامی سطح ایجاد شده ، محیط را جهت نور پردازی و دکوراتیو ، بسیار زیبا و مناسب می سازد.

ب- ۷- دارای صرفه جویی فضایی فضای موجود بین لایه های سازه فضائی ، محل مناسبی را جهت عبور تاسیسات الکتریکی ، مکانیکی ، حرارتی ، برودتی و دیگر تاسیسات ساختمانی فراهم می سازد . علاوه بر آن ،

تعدد گره های سازه فضاکار ، تکیه گاههای لازم برای عبور این شبکه های ارتباطی و تاسیساتی را بدون هیچگونه هزینه اضافی تامین نموده و این تاسیسات را از حداقل دید برخوردار می سازد.

ب – ۸ – ضریب ایمنی بالا در سازه های فضاکار برای هر آرشیتکت ، یکی از پارامتر های مهم ، طراحی مجموعه ای ایمن ، زیبا و پایدار می باشد . سازه های فضایی به لحاظ داشتن ویژگی های منحصر به فرد ، از حیث ایمنی نیز با کمتر سازه ای قابل مقایسه است.

ج – سایر مزایای سازه های فضا کار

ج – ۱ - سرعت بالا در تولید و اجرای سازه های فضاکار بدلیل امکان استفاده حداکثر از سیستم پیش ساختگی و انبوه سازی ، اجزای سازه در تولید سازه های فضائی و همچنین با توجه به امکان بکارگیری روش های متعدد در زمان بافت و نصب ، این سازه ها از سرعت بسیار بالایی در تولید و اجرا برخوردار می باشند . تا حدی که در بسیاری از موارد ، (پس از آماده شدن نقشه های ساختمان و سازه (ملاحظه شده که سازه فضایی قبل از تکمیل عملیات اجرای فونداسیون ، تولید شده و آماده حمل به محل پروژه بوده است.

ج -۲- کنترل کیفیت بالا بدلیل تولید صنعتی سازه های فضائی پیچ و مهره ای بودن کلیه اتصالات در سازه های فضائی) عدم نیاز به جوشکاری در محل پروژه) و ساخت کارخانه ای قطعات سازه به صورت پیش ساخته ، کنترل کیفیت در حین تولید و پس از تولید را دقیقتر نموده و موجب افزایش کیفیت و دقت بسیار بالایی در کل سازه مورد نظر خواهد شد.

ج -۳ – امکان نصب هر نوع پوشش بر روی سازه فضایی قابلیت اجرای کلیه پوشش های مختلف (که تا کنون وارد بازار شده) بر روی سازه های فضاکار از دیگر ویژگی های این سازه می باشد که از جمله آنها می توان به موارد زیر اشاره نمود:
ساندویچ پانل - ورق گالوانیزه (سینوسی– شادولاین) - اسپایدر (شیشه - (ورق پلی کربنات (دوجداره – فشرده) - فایبرگلاس - پانل نواری - (PVC - UPVC) دال بتنی و...

ج - ۴ - دارای صرفه جویی اقتصادی یکی از دلایل گسترش روزافزون سازه های فضایی ، اقتصادی بودن ساخت این ساز ها در مقایسه با دیگر سازه های صنعتی می باشد به طوری که این سیستم در دهانه های بزرگ دارای " صرفه اقتصادی مطلق " بوده و بسیار ارزان تراز سایر سیستم ها (تیر ورق و ...) می باشد و در دهانه های کوچک دارای " صرفه اقتصادی نسبی " است که با توجه به سایر مزیت های آن ، استفاده از سازه های فضا کار را در این دهانه ها نیز توجیه پذیر می نماید.

از سوی دیگر ، در کلیه فضاهای ساخته شده با سازه فضا کار ، بدلیل زیبایی و جذابیت بصری این سازه ها ، نیاز به اجرای سقف کاذب نبوده و از این لحاظ نیز به کاهش هزینه های کارفرما کمک می نماید . در عین حال چنانچه در موارد خاص و " بدلیل ملاحظات فنی " الزام به استفاده از سقف کاذب باشد ، تعدد گره های سازه ، هزینه اجرای سقف کاذب را کاهش می دهد.
همچنین بدلیل سبکی سازه های فضایی در مقایسه با دیگر سازه های صنعتی ، در موارد متعددی ، هزینه اجرای فونداسیون در اینگونه سازه ها ، کمتر شده و از این جهت نیز به کاهش کل هزینه ها کمک موثری می نماید.

ج – ۵ – سهولت در بسته بندی و حمل و نقل ارزان سازه های فضایی مشابهت واحد های از پیش ساخته شده سازه های فضاکار و نوع قرارگیری آنها در کنار یکدیگر ، موجب گردیده تا بسته بندی و بارگیری مصالح مربوط به مساحتی زیاد ، در حجمی کم و به سادگی میسر شده و با هزینه ای ناچیز (در مقایسه با سازه های مشابه) به هر نقطه و با هر شرایط آب و هوایی منتقل گردد.

ج – ۶- امکان سند بلاست و رنگ آمیزی الکترواستاتیکی با توجه به ویژگی ابعادی المانهای سازه های فضایی و امکان شات بلاست ، سند بلاست و اجرای انواع پوشش های محافظ بر روی قطعات نظیر رنگ الکترواستاتیک پودری و آبکاری ، به عنوان مزیتی دیگر برای سازه های فضا کار) در مقایسه با سایر سازه ها) مطرح است.

ج – ۷ – برگشت پذیری سریع سرمایه علیرغم آنکه در برخی از دهانه ها ، ممکن است تفاوت اندکی در حجم سرمایه گذاری بر اساس استفاده از سازه فضائی یا سایر سازه های مشابه وجود داشته باشد ، اما با توجه به ویژگی های به وجود آمده ناشی از سرمایه گذاری بر روی سازه های فضا کار ، بر اساس نوع کاربری روند (جریان) بازگشت سرمایه سریعتر خواهد شد مانند:
استفاده از سازه های فضایی در سالن های تولید : بر اساس اصول حاکم بر روانشناسی صنعتی ، زیبایی و مدرن بودن محیط کار و سالن تولید ، از طریق افزایش راندمان و کارایی پرسنل ، سودآوری مجموعه را افزایش داده و جریان درآمدی بیشتری به وجود آورده و برگشت پذیری سرمایه را سریعتر می نماید.

استفاده از سازه های فضا کار در سالن های اجتماعات و تالارهای پذیرایی : استفاده ازسازه فضایی در همان ابتدا ، هزینه اجرای سقف کاذب را حذف کرده و علاوه بر آن جذابیت ها و زیبایی های ظاهری سازه در طول زمان ، منجر به امکان افزایش بهره وری شده و بالطبع بهره مندی بیشتر درآمدی را فراهم می آورد.

استفاده از سازه های فضائی در سالن های فرودگاهی و پایانه ها ، در همان ابتدا منجر به حذف ستون های متعدد شده و هزینه های اجرای فونداسیون و ستونگذاری را به شدت و به طور چشمگیر کاهش می دهد . علاوه بر آن زیبایی محیط و تشویق مسافرین در استفاده از آن پایانه ها ، منجر به کاهش هزینه های سرمایه گذاری و افزایش جریان درآمدی خواهد شد . از همین رو است که در دو دهه اخیر ، هیچ سالن فرودگاهی ساخته نشده مگر آنکه از سازه فضایی در آن استفاده شود.
و...

ج – ۸ – امکان تولید سازه فضایی با ضخامت دلخواه در برخی موارد ، کارفرمایان از یک سو تمایل به استفاده از سازه فضایی داشته و از سوی دیگر محدودیت های ناشی از قوانین شهری و یا طرح های معماری ، آنان را ملزم به رعایت ضخامت خاصی از سازه های فضاکار می نماید.

با توجه به وجود رابطه $t = L\sqrt{2}/2$ که در آن L طول المان و t ضخامت سقف سازه فضایی می باشد ، به سادگی امکان تغییر طول المانها و طراحی سازه فضایی با ضخامت دلخواه کارفرمایان و آرشیتکت ها وجود دارد.

ج – ۹ – امکان اجرای سازه فضایی در هر شرایط آب و هوایی با توجه به تولید تمام قطعات و المانهای سازه فضایی در کارخانه سازنده و سرعت نسبتاً زیاد بافت این سازه ها و عدم نیاز به تجهیز کارگاه های گسترده به

هنگام نصب ، لذا اجرای سازه های فضاکار در هر منطقه و هر شرایط آب و هوایی امکان پذیر می باشد.

ج - ۱۰ – امکان همزمانی اجرای سازه فضایی با عملیات ساختمانی دیگر:
با عنایت به وجود روش های مختلف بافت و نصب سازه های فضاکار ، در صورت لزوم امکان هم زمانی اجرای سازه های فضایی با سایر عملیات ساختمانی به سادگی و بدون ایجاد ممانعت یا مزاحمت برای یکدیگر ، وجود دارد.

ج – ۱۱ – جمع آوری سازه فضایی و نصب مجدد در محلی دیگر اتصالات و قطعات سازه فضائی بر اساس پیچ و مهره بوده و لذا سازه فضایی اجرا شده ، قابلیت دمونتاژ کامل از یک محل و مونتاژ آن در محل دیگر به همان شکل یا شکلی دیگر) تنها با تغییرات جزئی در قطعات سازه) وجود دارد.

- انواع اتصالات سازه فضا کار

-۱مرو (MERO) از مجموعه گره های کروی توپر(KK)

این سیستم که زیر مجموعه سیستم پیونده گوی سان(**Nodular systems**) می باشد ، اولین بار توسط شرکت مرو آلمان در سال ۱۹۴۲ طراحی و به صورت تجاری عرضه شده است.

این سیستم شامل کره فولادی از جنس **CK۴۵** است که نقش اصلی آن در سازه های فضاکار ، به هم پیوستن اعضا و انتقال بین اعضا متصل شونده به آن پیونده (گوی) می باشد.

در این سیستم (و اکثر سیستم های گوی سان) ، اعضا به شکل لوله ای بوده و محورهای مرکزی آنها از مرکز پیونده عبور می نماید ، که این اعضا و پیونده ها به طور مجزا در کارخانه تولید شده و سپس در محل پروژه با اتصال اعضا به پیونده ها ، شبکه سازه فضایی بر پا می شود.

سیستم اتصال پیونده ای تولید شده در کارخانه شرکت فضاسازه نقش جهان ، از نوع سیستم اتصال پیونده های گوی سان نوع **MERO** آلمانی می باشد.

- اجزای سیستم پیونده ای:

۱.گوی :یک کره فولادی توپر می باشد که به روش کوبن کاری و از فولاد **CK۴۵** به صورت کره کامل یا چند وجهی تولید شده و جهت ارتباط بین اعضای سه بعدی استفاده می شود . در سازه فضایی ، گوی ها باعث می شوند که خود و اعضای مربوطه شان در یک موقعیت ثابت قرار بگیرند و باعث ایجاد تعاون بین نیروهای اعضای سازه می شوند.

گوی ها دارای سوراخ هایی می باشند که عضو های سازه بر روی این سوراخها)که دارای سطح ماشین کاری شده می باشند) قرار گرفته و پیچ می شوند . در گوی های ویژه سر ستون ، قسمتی از آن به صورت استوانه ای (یا مخروطی) و قسمتی به صورت کروی (نیم کره) می باشند.

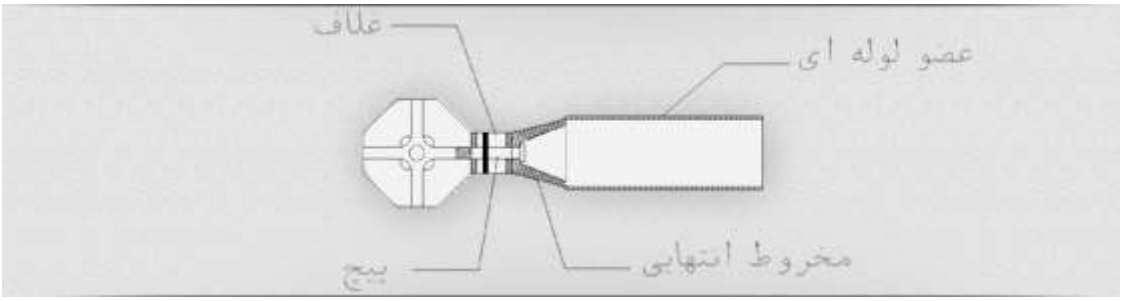
بشقابک :مخروطی که به روش کوبن کاری و از جنس **ST۳۷** یا **ST۵۲** تولید شده و در محل اتصال المان به

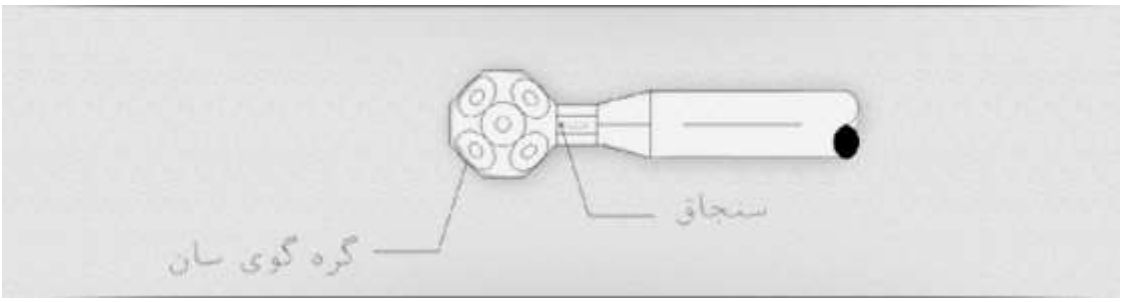
گوی از این قطعه مخروطی شکل فولادی استفاده می گردد . این قطعه مخروطی که به لوله جوش می شود دارای دو نوع رفتار (کششی و فشاری) می باشد.

لوله :عضو دیگر سازه ، لوله می باشد که جهت تحمل نیروهای محوری به کار رفته و دو انتهای آن به وسیله دو قطعه مخروطی که اتصال آن را با سایر قطعات امکان پذیر می سازد ، جوش می شود.

پیچ :پیچ ها همگی خشکه ، از کلاس ۸,۸ یا ۱۰,۹ می باشد و در سایزهای متفاوتی استفاده می شوند . پیچ ها یک اتصال جداشدنی بوده و جهت انتقال نیرو از آنها کمک گرفته می شود.

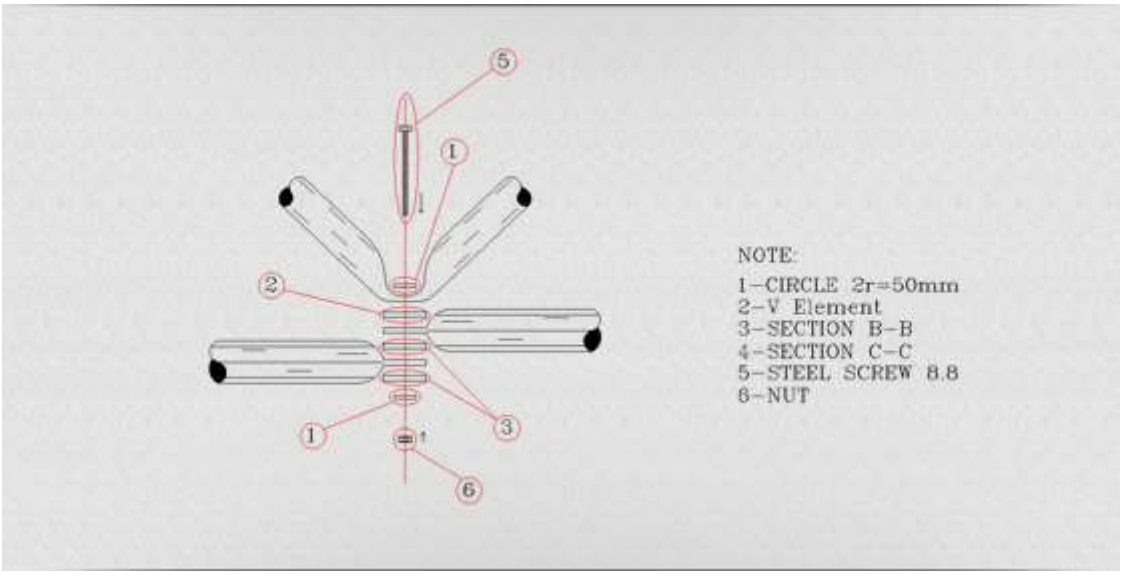
اسلیو :قطعه ای مشابه با شکل مهره است که جهت محکم نمودن پیچ ها در داخل گوی استفاده می شود . علاوه بر آن ، اسلیوها در المانهای فشاری ، رفتار سازه ای داشته و به همین لحاظ باید جنس آنها از گروه **CK** باشد (بند ... آیین نامه)





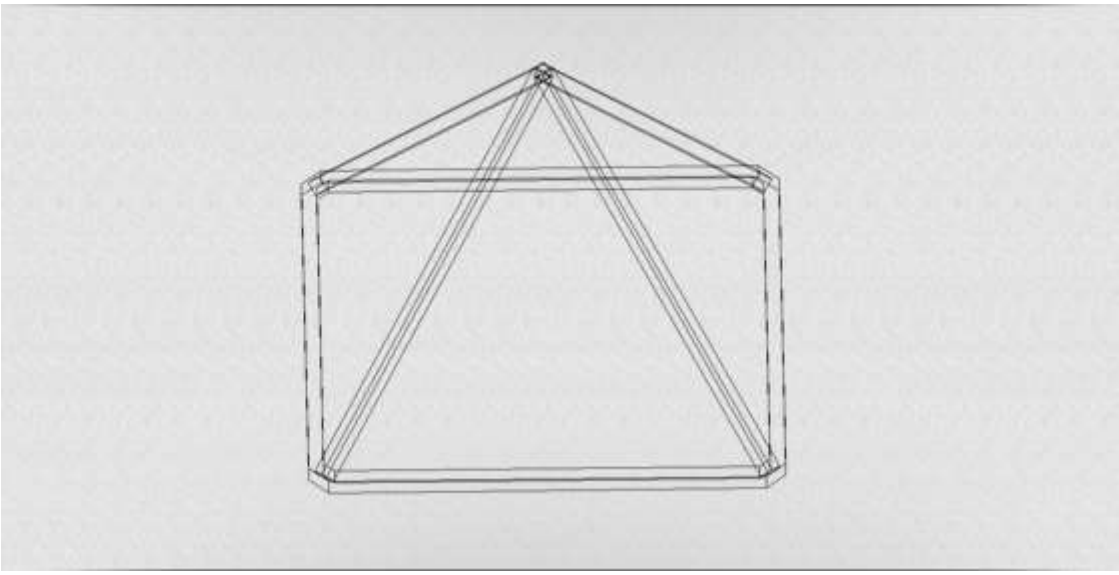
۲.کاتروس(CATRUS)

سیستم کاتروس **(CATRUS)** که از مجموعه گره های تک پیچ و مهره ای می باشد اولین بار در اسکاتلند ابداع گردید. درسیستم کاتروس همه اعضا از لوله یا پروفیل تشکیل شده و معمولا برای دهانه های بین ۵ تا ۱۲متر استفاده میشود در این سیستم به اعضا اتصالی کمتری در مقایسه با سیستم مرو نیاز است به همین لحاظ در شرایط مشابه از قیمت مناسب تر در مقایسه با سایر سیستم ها برخوردار است.
در این سیستم ،اعضای مهاری جان ،مقاطع لوله ای هستند که در هر انتها پانچ و خم شده و اعضای اصلی در طولهای متناسب با ابعاد شبکه خرپای فضایی تولید شده و در نقاط مناسب متصل می شوند . دراین سیستم ، برخی اعضا (خصوصا اعضای لایه میانی) مرکز مقطع عضو بطور مستقیم از مرکز گره عبور ننموده و منجر به ایجاد ممان خمشی جزئی در این عضوها می شود و لذا این سیستم برای دهانه های بزرگ توصیه نمیگردد.



۳.یونی بت (UNIBAT) از مجموعه اتصالات منشوری (هرمی – تک واحدی)

این سیستم که برای اولین بار در انگلستان ابداع شده از واحد های هرمی تکرار شونده تشکیل شده بطوری که این هرم های معکوس با قاب های صلب مدول های استاندارد این سیستم را در لایه فوقانی و میانی تشکیل داده و در گوشه ها با استفاده از پیچ های فولادی با مقاومت کششی بالا به یکدیگر متصل می شوند این هرم ها تشکیل دهنده شبکه برای اطمینان از درستی ابعاد و کیفیت جوش جداگانه در کارخانه تولید شده و با اتصال آنها به یکدیگر در محل پروژه شبکه سازه فضایی احداث می گردد هرواحد از چهار عنصر فوقانی (قاب مربعی در قاعده هرم) چهار عضو جان (مهاری) و پنج قطعه پیوند های (بصورت کوبن کاری) در چهار گوشه هرم و راس آن تشکیل شده که در آنها مقاطع قوی تر برای تطابق با نیروهای برشی بزرگ تری که در اطراف ستونهای سازه فضایی ظاهر می شود به کار می روند پس از مونتاژ با سیستم UNIBAT یک شبکه لوزی روی مربع ایجاد می شود.



- **معرفی نام ۲۳ نوع اتصال (گره) سازه های فضایی:**

الف – گره های کروی

سیستم مروKK – (MERO)

اوروناسئو(ORONA SEO)

او – آر – تی – زدORTZ

اسفروبات فرانسه(SPHEROBAT)

ان اس تراس ژاپن(N.S.TRUSS)

تیوبال هلند(TUBALL)

اوربیک انگلستان(ORBIK)

ای دی سی فرانسه(S.D.C)

اوکتا پلیت المان(OCTA PLATE)

وسترات استرالیا(VESTRUT)

نودوس انگلستان(NODUS)

ب- گره های تک پیچ و مهره ای

کاتروس – اسکاتلند(CATRUSS)

کاندرهارلی (تحت لیسانس استرالیا(CANDER HARLEY)

مای اسکای(MAI SKY)

ج – اتصالات منشوری (هرمی)

یونی بات ۱۹۶۲

اسپیس گرید (برپایه یونی بت)

اسپیس دک – انگلستان ۱۹۵۰

دک اسپیس۱۹۸۷ -

کیوبیک اسپیس ۱۹۷۸ – انگلستان

آ بی بی آ – آفریقای جنوبی ۱۹۸۳

د – ورقه ها(صفحات : (مودا اسپن – هلندMODASPAN

ه – بدون گره : اوکتت تراسOCTET TRUSS

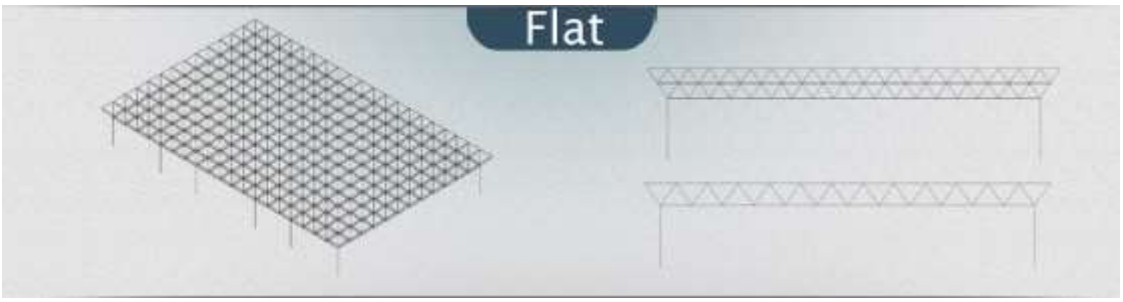
و – استوانه ای : تریودتیک – کانادا TRIODETIC

- **انواع فرم های معماری سازه فضاکار**

باتوجه به توانایی سازه های فضاکار امکان خلق فضاهای زیبا متنوع و پیچیده به سادگی امکانپذیر است که در اینجا (این قسمت) به معرفی چند فرم متداول پرداخته می شود.

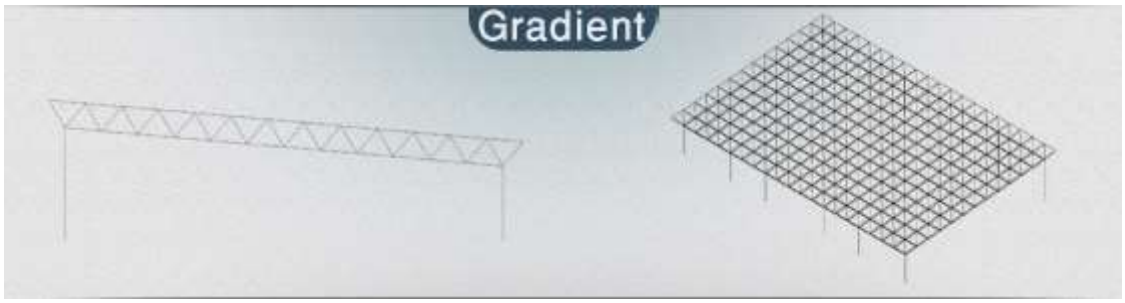
۱.تخت :

در این فرم معماری لایه زمین کاملا صاف بوده و برای شیب بندی از دستک های باطول های متفاوت استفاده می شود در این فرم از معماری و برای دهانه های وسیع می توان از این نوع سازه در چندین لایه استفاده نمود.



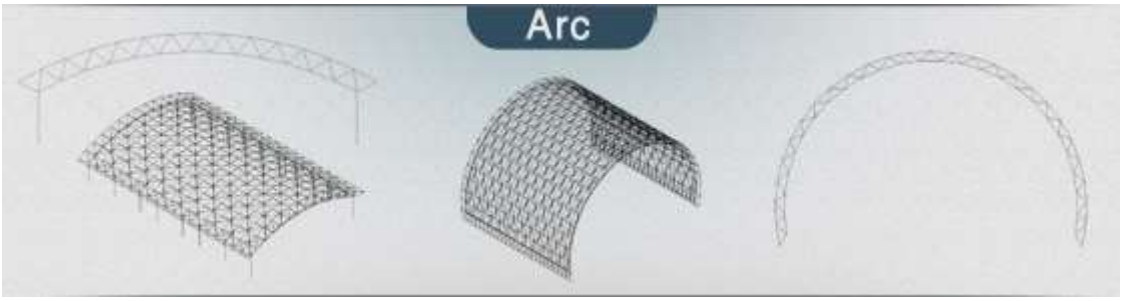
۲. شیب دار :

در این نوع معماری سازه فضاکار بصورت کاملا تخت مونتاژ شده و با تغییر ارتفاع ستونها شیب یکطرفه برای سقف ایجاد می شود اگرچه برای شیب دوطرفه نیازی به تغییر ارتفاع ستونها نمی باشد.



۳.قوسی (چلیک)

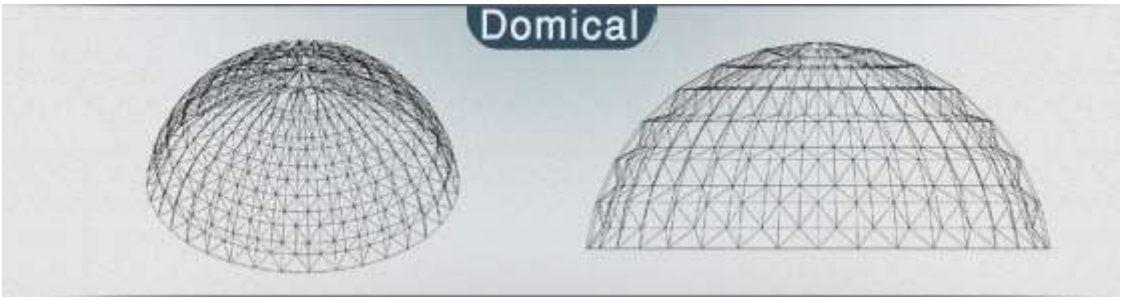
در این نوع معماری سازه فضایی به گونه ای طراحی و تولید می شود که پس از اجرا نمای بیرونی و داخلی سازه بصورت کمانی از دایره می باشد . فرم قوسی می تواند بصورت چلیک کامل یا چلیک ناقص باشد.



۴.گنبدی:

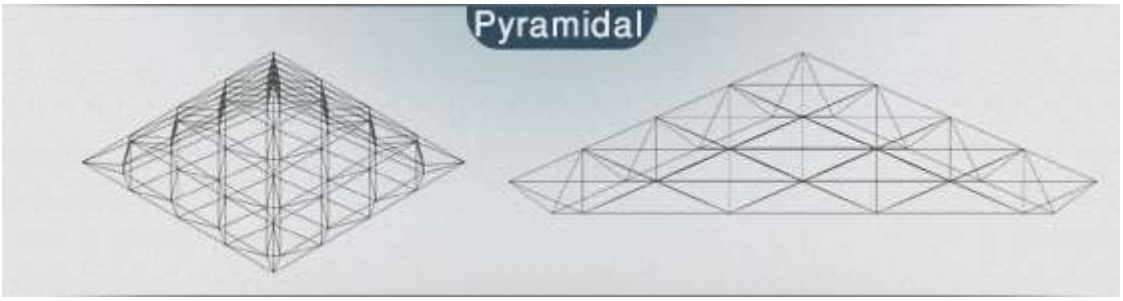
این نوع معماری از سازه های فضاکار اغلب در نورگیر های ساختمانهای بزرگ و مسقف نمودن فضاهای بسیار وسیع(مانند ورزشگاههای بزرگ)وبدون استفاده از ستونهای میانی مورد استفاده قرار می گیرد .

این فرم معماری در نمای کلی (شکل ظاهری) به دو دسته نیم کره (کروی) و نیم تخم مرغی (بیضوی) تقسیم بندی می شوند و از نظر نوع بافت به بیش از ده نوع (دنده ای ، پیازی ، فرازشی ، ...) قابل تفکیک می باشند.



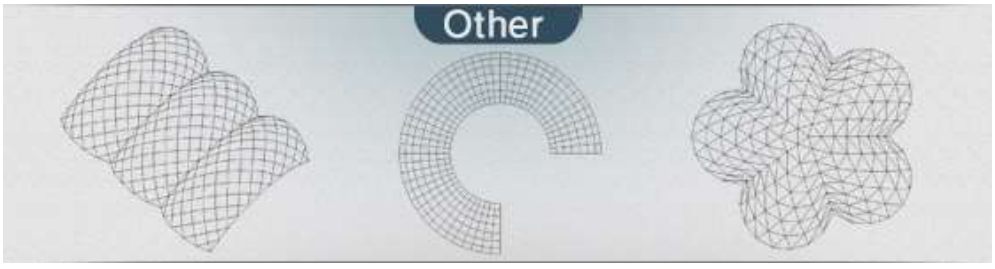
۵.هرمی :

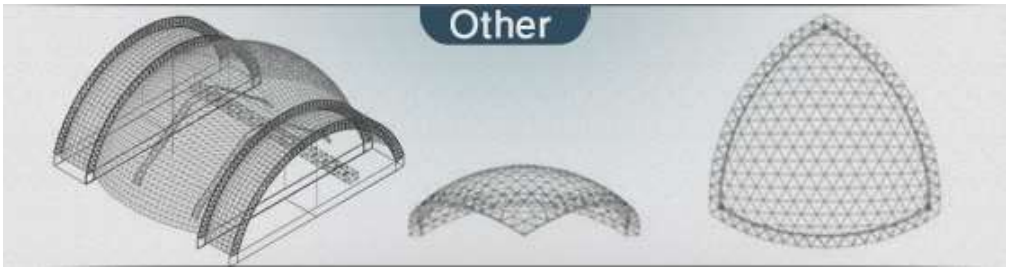
این نوع معماری از سازه های فضاکار بصورت هرم کامل یا هرم ناقص اجرا می گردد و بیشترین کاربرد آن در نماسازی شهری و نورگیر مجتمع های تجاری و مسکونی می باشد.



۶.معماری های خاص وسایر فرم ها :

باتوجه به قابلیت سازه های فضایی تولید و اجرای هر فرم دلخواه معمای با استفاده از این سازه ها امکانپذیر است . ازجمله فرم موجی ، یو شکل ، کره کامل ، استوانه ای (دودکشی) ، زین اسبی و...





● مونتاژ و نصب سازه فضایی

معمولا یکی از ۴ روش ذیل در مونتاژ و نصب سازه های فضاکار استفاده می شود:

۱.مونتاژ کامل سازه برروی تراز زمین و نصب کل سقف)بصورت یکجا) با استفاده از جرثقیل و یا جک های مستقر در بین سازه . (HEAVY LIFTING) از مزایای این روش سرعت بسیار زیاد در بافت و نصب سازه فضایی می باشد.

۲.مونتاژ بخش هایی از سازه در غالب بلوک های مشخص و پس از آن مونتاژ بلوک ها به یکدیگر در ارتفاع و به کمک جرثقیل این روش در مقایسه با روش قبل از سرعت کمتری برخوردار است و در برخی از فرمهای معماری محدودیت های خاص مربوط به خود را دارا می باشد.

۳.مونتاژ پنجه ای (عنکبوتی) : در این روش که از انواع بافت درجا محسوب میشود معمولاً قطعات عنکبوتی کوچک که از تعداد کمی اعضای لوله ای (معمولا بین ۳ تا ۵ المان) و یک گره (گوی) تشکیل شده و در سطح زمین بایکدیگر مونتاژ شده و به موقعیت خود در ارتفاع (با چرخ و قرقره یا جرثقیل های نسبتا سبک) منتقل شده و سپس این قسمت عنکبوتی در ارتفاع مورد نظر به بخش نصب شده قبلی شبکه سازه فضاکار) سقف اصلی) متصل می شود.

۴.در حین انجام عملیات مونتاژ به منظور محدود کردن تغییر شکل شبکه فضایی کامل نشده در طول محور اصلی مجموعه شمع های موقت در سطوح و موقعیت های از پیش تعیین شده و تحت بارمرده نصب شده و پس از تکمیل عملیات مونتاژ به منظور انتقال کامل بارها به تکیه گاههای اصلی شمع های موقت به تدریج برداشته شده تا سقف تغییر شکل طبیعی خود را داشته باشد.

● سازه‌های فضاکار از لحاظ ساختار

شبکه‌های دو لایه

شبکه‌های دو لایه یکی از مهمترین و متداول ترین انواع سازه‌های فضاکار به شمارمی روند. این نوع سازها از دو صفحه عناصر که این دو صفحه که با یکدیگر موازی و توسط عناصر میانی به یکدیگر متصل اند تشکیل شده است.

شبکه‌های سه لایه

شبکه‌های سه لایه از دو صفحه بالا و پایین و یک صفحه میانی تشکیل شده‌اند که هر یک از صفحات بالا و پایین توسط اعضای میانی به صفحه میانی متصلند. این شبکه‌ها در مواقعی به کار می‌روند که سازه دارای دهانه خیلی بزرگی باشد و ارتفاع شبکه دو لایه جوابگوی قیود آن نباشد. به عنوان مثال:ایستگاه راه آهن جمهوری اسلامی ایران - تهران، نماز جمعه تهران – دانشگاه تهران[۱۵]

سازه‌های چلیکی

اگر شبکه‌ای در یک جهت دارای انحناء باشد سازه‌های چلیکی نامیده می‌شود. این بیشتر برای پوشش سطوح مستطیلی شکل بکاربرده می‌شوند.

سازه‌های گنبدی

در صورتی که شبکه‌ای در دو جهت دارای انحناء باشد، سازه گنبدی نامیده می‌شود. در ساخت گنبدها سعی بر آن است که اعضا دارای یک اندازه باشد اما به هر حال تعداد انواع اعضا زیاد خواهد بود. برای ایجاد ساختار گنبدی کافی است یک شبکه را (به هر شکل دلخواه) روی یک کره تصویر نمود.

سازه‌های تاشو

این نوع سازه‌ها مثل چتر قابلیت جمع شدن و انتقال دارند و کاربرد عمده آنها در مکانهایی است که به دلیل محدودیتهای جوی، مکانی، زمانی ومصالح، ساخت دیگر سازه‌ها امکانپذیر نباشد. سازه‌های تاشو بیشتر برای اماکن موقت مانند سیرکها، نمایشگاه‌ها ومناطق سیل و زلزله زده بکار می‌رود.

سازه‌های بادشو

سازه‌هایی هستند که از مواد مخصوص لاستیکی و یا پلاستیکی ساخته می‌شوند و در مواقع استفاده با پمپ باد می‌شوند.

سازه‌های ماهواره‌ایی

سازه‌هایی هستند که به صورت خرپاهای فضایی در ارتفاع ساخته می‌شوند و کاربرد آنها درسازه‌های ماهواره‌ای، خطوط انتقال نیرو وبرج‌های مخابراتی است.

سازه‌های پل‌های فضاکار

پل‌هایی هستند که از خر پاهای مرکب فضایی ساخته می‌شوند. این نوع پل‌ها برای دهانه‌های بزرگ بعد از پل‌های کابلی در درجه اهمیت اند.

سازه‌های فضاکار از لحاظ مصالح

سازه‌های فضاکار فولادی

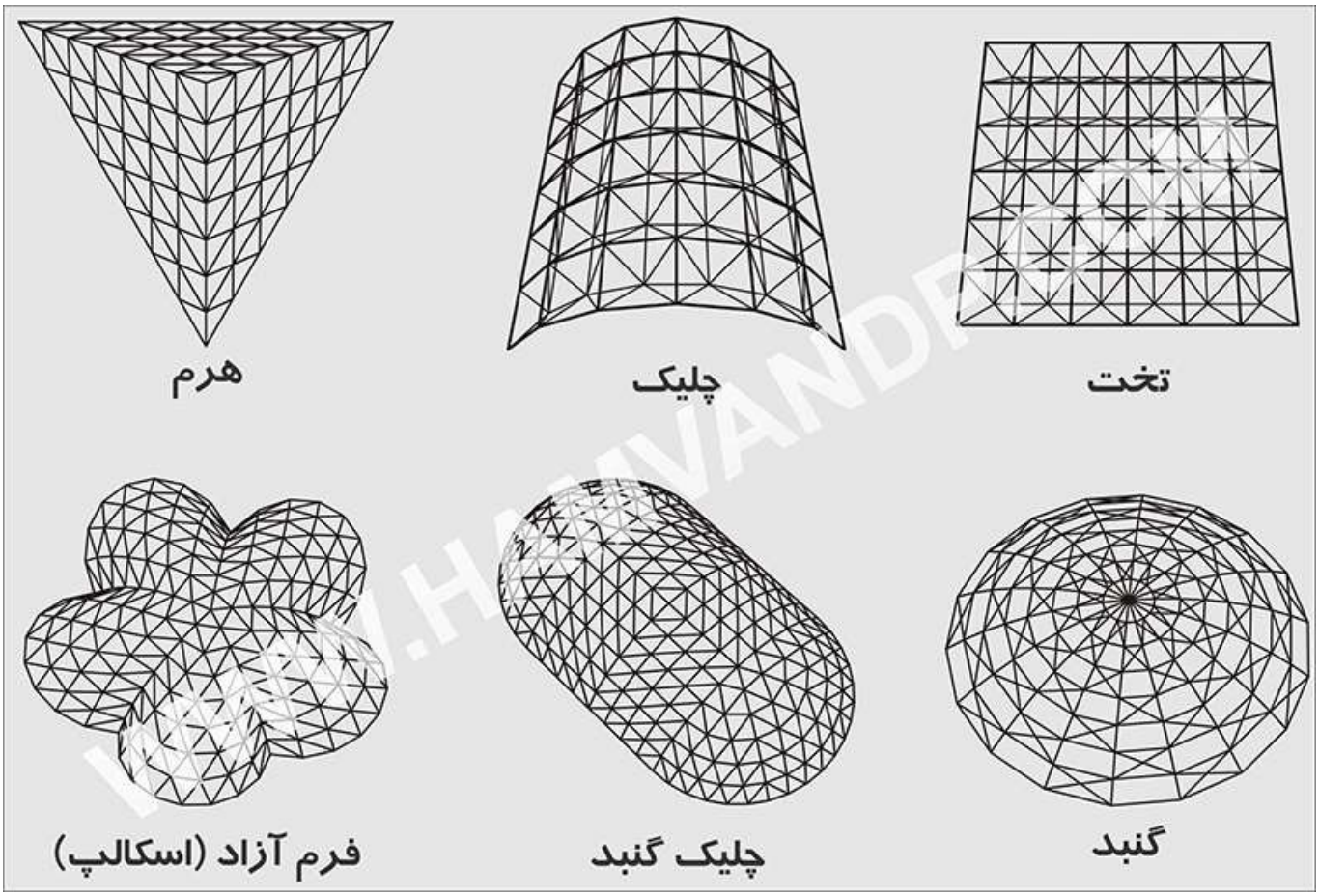
فولاد پر کاربردترین ماده در ساخت سازه‌های فضاکار به شمار می رود. شاید مهمترین علت آن سختی و جوش پذ یری بالای آن باشد. یکی دیگر از ویژگیهای مفید فولاد، تنوع پروفیلهای فولادی و انبوه بودن در اکثر نقاط دنیا بخصوص در کشورهای صنعتی است.

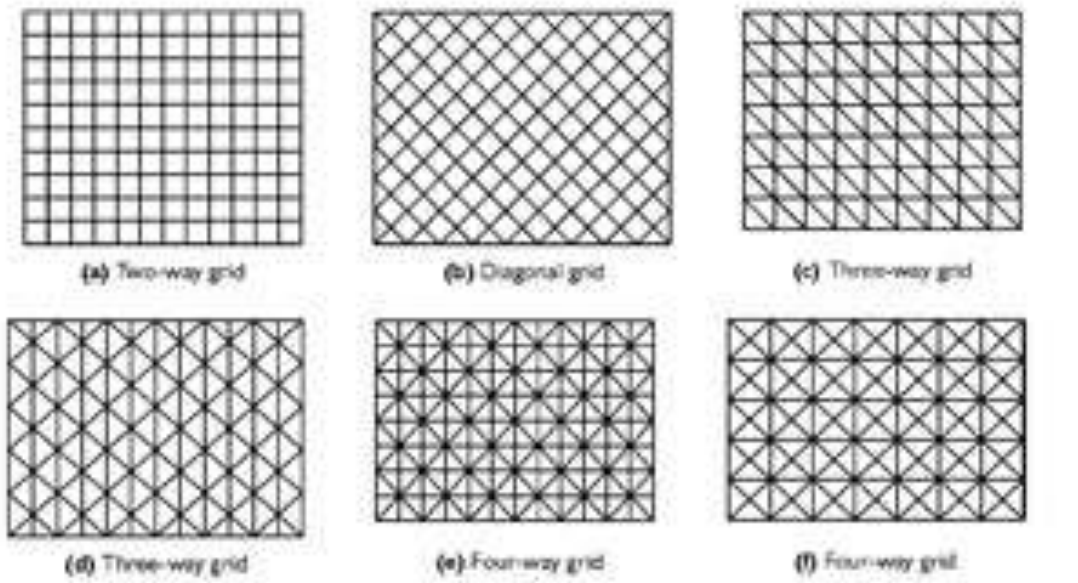
سازه‌های فضاکار آ لومینیومی

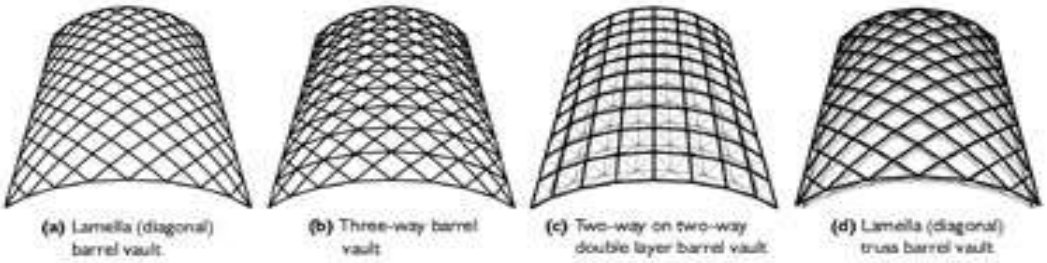
یکی از مصالحی که اکنون مورد توجه قرار گرفته است، آلومینیوم می‌باشد .از مزیتهای بارز آلومینیوم می توا ن به سبک بودن آن اشاره نمود. بطوریکه وزن آلومینیوم در حدود ۱/۳ وزن فولاد است. همچنین مقاومت خوردگی بیشتری نسبت به فولاد دارد. در نهایت آلومینیوم هنوز گرانتر از فولاد است.

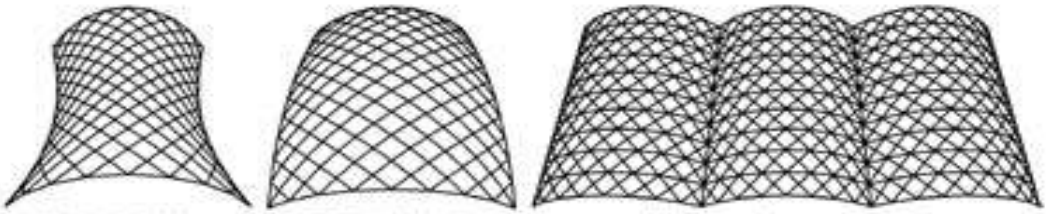
سازه‌های فضاکار چوبی

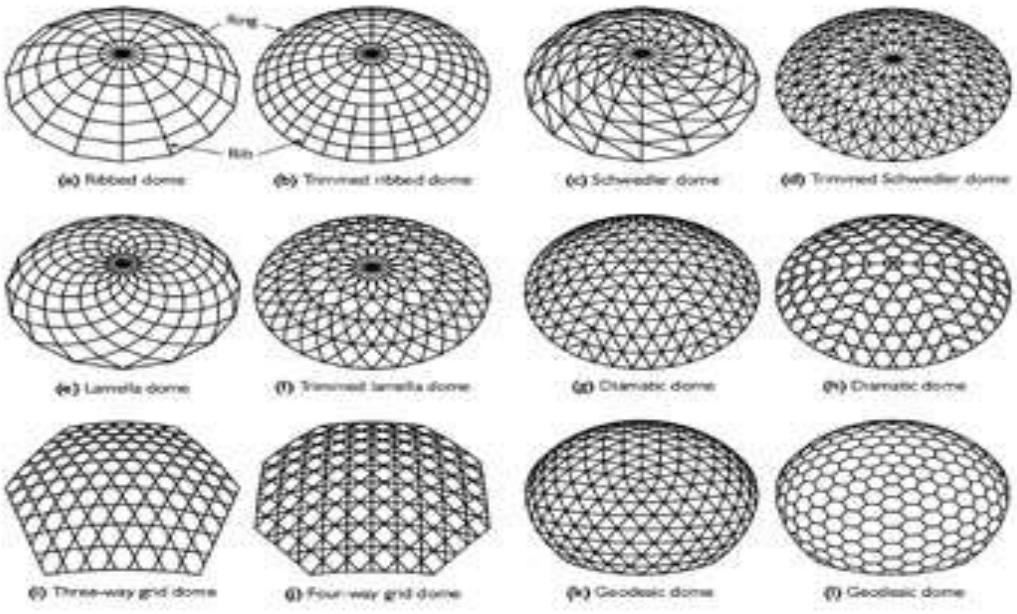
چوب به عنوان یک ماده اولیه در قرون وسطی جهت پوشش سقف بکار می‌رفت. استفاده از چوب‌های ورقه‌ای جهت ساخت این سازه‌ها، یک روش اقتصادی فراروی ساخت این سازه‌ها قرار داد. گنبدهای چوبی در پوشش سالنهای مدارس و سالنهای ورزشی بسیار متداول است.




(a) Two-way grid
(b) Diagonal grid
(c) Three-way grid
(d) Three-way grid
(e) Four-way grid
(f) Four-way grid


(a) Lamella (diagonal) barrel vault
(b) Three-way barrel vault
(c) Two-way on two-way double layer barrel vault
(d) Lamella (diagonal) truss barrel vault




Ring
Rib
(a) Ribbed dome
(b) Trimmed ribbed dome
(c) Schwedler dome
(d) Trimmed Schwedler dome
(e) Lamella dome
(f) Trimmed lamella dome
(g) Diamatic dome
(h) Diamatic dome
(i) Three-way grid dome
(j) Four-way grid dome
(k) Geodesic dome
(l) Geodesic dome

۲۶.سقف های کـــــــــاذب

سقف کاذب سقفی است که به اسکلت ساختمان متصل بوده و بار آن به سقف اصلی و یا دیوار های جانبی آن وارد می شود. بدین ترتیب بین سقف مذکور و قسمت زیرین سازه اصلی ، فضای خالی به وجود می آید و همچنین بار و یا فشاری از بالا به آن اعمال نمی شود. سقف کاذب باید با مصالح سبک ساخته شده و قاب بندی آن به نحو مناسبی به سقف اصلی و یا دیوار های جانبی متصل گردد تا ضربه تکان های ناشی از زلزله در آنها، موجب خرابی دیوارهای مجاور و سقف اصلی و همچنین سقف کاذب نگردد.

این سقفها می توانند ، صاف و یا به شکلهای مختلف ساخته شوند .سقف کاذب می تواند از گچ، چوب، مواد معدنی، پی وی سی، آلومینیوم، .... باشد. در گذشته مرسوم ترین مصالح گچ و رابیتس بود که به دلیل وزن بالای وارده به سقف اصلی و یا ایجاد آوار های خطرناک به هنگام زلزله به تدریج استفاده از آن در کشور های پیشرفته منسوخ گردیده و در کشورهای درحال توسعه نیز در حال منسوخ شدن می باشد.

سیستم جایگزین این نوع سقف کاذب استفاده از سقف های کاذب درای وال (ساخت و ساز خشک یعنی بدون ملات) می باشد . در این روش از پنل های پیش ساخته که بسته به نوع استفاده و یا محل استفاده از مواد مختلفی مانند گچ و سیمان و یا چوب و... تولید میگردد بر روی زیر سازی گالوانیزه و یا چوبی استفاده میگردد. مقرون به صرفه ترین این پنل ها،پنل های گچی بوده که آن نیز بسته به نوع استفاده دارای انواع مختلف من جمله مقاوم در برابر حریق یا رطوبت و یا هر دو و همچنین پنل های معمولی می باشد.این نوع سقف کاذب پس از درز بندی و رنگ آمیزی از نظر ظاهری هیچگونه تفاوتی با سقف های کاذب سنتی (گچ و رابیتس) ندارد.

از انواع دیگر سقف های کاذب درای وال می توان به سقف کاذب مشبک اشاره نمود که در این نوع از سقف های کاذب بدلیل استفاده از تایل های مدولار قابلیت دسترسی به سقف اصلی نسبت به انواع دیگر سقف های کاذب درای وال راحت تر و سریعتر میباشد.معمولا از این نوع سقف کاذب در مکان هایی که بیشتر تاسیسات از زیر سقف اصلی عبور داده شده استفاده میشود تا درصورت نیاز دسترسی سریع و آسان به این تاسیسات فراهم باشد.

در سیستم درای وال نیز همانند سیستم های سنتی امکان ایجاد سقف کاذب دکوراتیو وجود دارد و میتوان با استفاده از زیر سازی مناسب و پنل های گچی سقف هایی زیبا همراه نور مخفی و یا نورپردازی های خاص بوجود آورد.

- دلایل استفاده از سقف کاذب

-کاهش مصرف سوخت و انتقال حرارت در صورت اجرای صحیح سقف

-ایجاد رویه ای برای پوشش قسمت زیرین سقف ساختمان

-ایجاد فضایی برای جای گیری تأسیسات و تجهیزات سبک وزن نظیر کانال و لوله؛در این صورت ایجاد درز انبساط در اطراف سقف به منظور تأمین جا برای تغییر مکانهای حرارتی ، ضروری است.

-بهبود عایق بندی صوتی و ایجاد امکاناتی برای کنترل صوت و جذب آن

-حفاظت از اسکلت ساختمان و به خصوص اسکلت های فولادی در برابر حریق(مطالعه مقاله مقایسه ساختمان

های بتنی و فولادی را پیشنهاد می کنیم)
-ایجاد سقفی کوتاه تر برای فضاهای داخلی ساختمان

●انواع سقف کاذب

۱.سقف کاذب با رابیتس و اندود

این سقف پرکاربردترین نوع سقف کاذب می باشد
چنانچه رابیتس در ملات ماسه سیمان استفاده می شود ، توصیه می گردد رابیتس از نوع فولاد سیاه و اگر از ملات گچ استفاده می شود ، بهتر است رابیتس از نوع گالوانیزه باشد.رابیتس با مفتول یا سیم آرماتور بندی به شبکه فرعی متصل می شود.
ویژگی مهم رابیتس آن است که اکثر ملات ها به آن می چسبند و ترک برنمی دارند .رابیتس در دو نوع مسطح و برجسته ساخته می شود . نوع مسطح در دهانه های کوچک و نوع برجسته در دهانه های بزرگ تر بکار می رود .
برای اندودکاری روی کانال های کولر و تأسیسات نیز از رابیتس استفاده می شود.

۲.سقف کاذب آکوستیک

آکوستیک نوعی ایزولاسیون صوتی است ، که با مصالح مختلف نظیر پارچه چین دار ، پلاک های گچی ، پلاک های چوبی یا ورقه های مقوایی فشرده سفید رنگ و سوراخ دار ساخته شده و در مکان هایی مانند سالنهای سخنرانی ، سینما و ... که باید از انعکاس صوت جلوگیری شود استفاده می شود.

انواع آکوستیک

–آکوستیک معمولی
در مورد این آکوستیک قطعات باربر افقی از چوب نراد خارجی (روسی یا مشابه (بوده و قطعات باربر اصلی می

توانند از پروفیل فولادی یا چهارتراش چوبی باشند . برای نصب آکوستیک باید میخ هم رنگ با آکوستیک و چسب مناسب به کار برده شود . در پیرامون سقف کاذب اجرا شده، یک نبشی آلومینیوم به دیوار نصب می گردد.
-آکوستیک نسوز
قطعات باربر اصلی و فرعی افقی در مورد آکوستیک نسوز، پروفیل آلومینیوم است.

۳.سقف کاذب آلومینیومی

پوشش این نوع سقف کاذب از جنس آلومینیوم است و پشت آنرا معمولا با پشم شیشه پر می کنند . در این نوع سقف کاذب ، تسمه های اتصال از جنس فولاد گالوانیزه هستند.

۴.سقف کاذب چوبی

در این نوع سقف ، قبل از اجرای لمبه کوبی ، دور سقف باید با چهارتراش چوبی مناسب کلاف کشی و تراز شود . قطعات باربر اصلی این نوع سقف از پروفیل فولادی یا چهار تراش چوبی و شبکه فرعی آن چوبی است . لمبه های چوبی از جنس چوب نراد خارجی (روسی یا مشابه آن) هستند.
لمبه ها را باید با چسب و میخ به چهارتراش ها متصل کرد.
لازم به یادآوری است که باید لمبه ها را با ماشین لمبه زنی و یا به طرق دیگر که به صورت فاق و زبانه داخل یکدیگر شوند ، آماده نمود ، به طوری که چفتها نمایان باشند . وجود چفت برای آنست که در مواقع انقباض ، لبه درزها به صورت نامناسبی درنیایند.

۵.سقف کاذب با قطعات پیش ساخته گچی

شبکه اصلی در این نوع سقف عموماً از جنس آلومینیوم است که قطعات گچی درداخل آن قرار می گیرند . قطعات گچی را می توان روی شبکه چوبی نیز پیچ و یا میخ کرد.
ابتدا باید در کنار دیوار در ارتفاع تعیین شده برای سقف کاذب نبشیهای آلومینیوم را نصب کرده وپس از نصب سیمهای آویز گالوانیزه به سقف و وصل قطعات سپری آلومینیوم، قطعات سقف پیش ساخته گچی را در داخل آنها قرار داد

●مزایای سقف های کاذب گچی

-سبکی : وزن هر مترمربع از این نوع سقف بین ۱۵ تا ۱۸ کیلوگرم می باشد.
-نصب سریع و آسان : سیستم پیش ساخته و اتصالات آلومینیومی به کار برده شده در این نوع سقف سبب سرعت و سهولت نصب آن می شود.
-امکان ایجاد طرح های متنوع.
-مقاومت در برابر آتش سوزی و عدم ایجاد دود.
-امکان تعویض قطعات.
–امکان رنگ کاری با پرداخت جزئی.
-ثبات رنگ : عدم تغییر رنگ در سال های متمادی ، حتی در برابر نور خورشید.

-مقاومت در برابر ضربه.
-مقاومت در برابر عبور صدا.
-تهویه مناسب : سقف های گچی، حرارت و رطوبت را تنظیم و محیط مطلوبی برای زندگی ایجاد می نمایند.
-سازگاری با محیط زیست : به علت عدم وجود مواد زیان آور به محیط زیست آسیب نمی رسانند.

۶.سقف کاذب ترکیبی

اجراء چند نوع سقف کاذب درکنار هم و در قالب یک طرح هندسی منظم یا نامنظم همراه با شکست و اختلاف سطح را سقف کاذب ترکیبی گویند

برای اجرای این سقفها ، طرحی مناسب با سازه های سقف کاذب الزامی است . بنابراین می توان با استفاده از نورپردازی و گونه های مختلفی از چراغ ها جلوه های خاصی را به وجود آورد.

برای اجرای این سقف ، ابتدا زیر سازی مناسبی را ایجاد می کنند ، که می تواند با آهنکشی ویا بدون آن باشد.
سقف کاذب ترکیبی معمولا" در فضاهای وسیع اجرا می شود چون جلوه زیباتری پیدا می کند.

۷.سقف کاذب گریلیوم

سقف کاذب گریلیوم جزو سقف های دکوراتیو است . این سقف با استفاده از ورقهای آلومینیوم و آهن یا ورقهای آلیاژی تولید می شود .در صورتی که از ورق های آهنی استفاده شود میتوان این سقف را با آبکاری نقره ای و طلایی عرضه داشت.

به سقف گریلیوم ، سقف باز هم گفته می شود . زیرا بعد از نصب سقف ، چیزی که رویت می شود ، خانه های مربع و مستطیل شکلی است که بطور پیوسته در کنار هم قرار گرفته اند . هیچ پوششی در داخل و یا پشت آن وجود ندارد و پشت سقف و تاسیساتی که کار شده است به خوبی دیده می شود به همین جهت معمولا پشت سقف را معمولا به رنگ مشکی رنگ امیزی میکنند و بعداز اجرای سقف گریلیوم چراغ های مخصوص که مختص به سقف گریلیوم طراحی و تولید می گردد، نصب میشوند

معمولا" سقف کاذب گریلیوم را بصورت منفرد و یا ترکیبی با سقف های دیگر آلومینیومی اجرا می کنند . این سقف توسط سیم ، مفتول یا زنجیر از سقف اصلی آویزان می گردد.
سقف گریلیوم در ۴ تیپ تیغه ای , حفره ای , کریستال , گریلیوم تقسیم شده که تیپ گریلیوم نیز در دونوع ساده و مورب تولید می گردد . ورق های گریلیوم را می توان بصورت پانچ شده (سوراخدار) نیز تولید نمود.

۸.سقف کاذب دکوراتیو(اسپیس فریم)

فرم و طرح این سقف هرمی شکل است که مقطع چهار گوش آن به طرف بالا و نوک هرم به طرف پایین است. کل سطح را همین هرمها در کنار همدیگر پوشش می دهند و در ضمن این قابلیت را دارا هستند که در چند طبقه روی هم کار شوند ، ضلع این هرم لوله آلومینیومی است که دو سر آن طوری ساخته می شود که بتوان روی هم پیچ شوند.

سقف کاذب اسپیس فریم از نوع سقفهای پوششی و دکوراتیو است ، زیبای خاصی این نوع سقف دارا است و جلوه خاصی به محیط می دهد

معمولا این نوع سقف را در مکان هایی نصب می کنند که با دیگر مصالح بکار رفته در ساختمان یک جور هارمونی خاصی را داشته باشد .چون پوشش این نوع سقف به طور کامل نیست به طوری که همه عوامل پشت سقف دیده می شود (البته برای استتار عوامل پشت سقف راه های وجود دارد)

در نظر اول برای بیننده وجود اینچنین سقفی بی دلیل است . می توان با نوعی دیگر سقف را پوشش داد که تمامی عوامل انتخابی برای کارفرما را (سلیقه ای) دارا باشد.

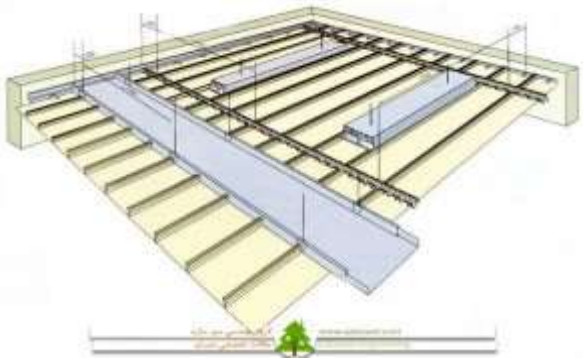
از این فرم سازه در پوشش سقف سوله ها استفاده می گردد که با لوله های فولادی و قطعات اتصال دهنده که به وسیله ماشین کاری تولید می شود اجرا می گردد،که دیگر دکوراتیو نمی شود.

همچنین گونه ای دیگر از انواع سقف کاذب به نام سقف های دکوراتیو کشسان وجود دارد که در مقاله ای جداگانه به بررسی آن پرداخته ایم.

۹.دامپا

سقف کاذب دامپا از انواع سقف کاذب نواری از جنس آلومینیوم با رنگ کوره ای میباشد. در این سقف امکان دسترسی به فضای بالای سقف کاذب و نصب دریچه دسترسی ، انواع روشنایی های توکار (و روکار که توصیه نمیشوند) میباشد.

ابتدا پس از مشخص کردن خط تراز سقف همانند سقف های کاذب شبکه ای ابتدا نبشی لبه دیوار به کمک پیچ ، پرچ و یا رول پلاک نصب می شود با این تفاوت که در نصب سقف کاذب دامپا بجای نبشی گالوانیزه به طور استاندارد از پروفیل پوشاننده لبه (ناودانی لبه) که جنس آن آلومینیوم (یا استیل) رنگی است، استفاده می شود . این پروفیل به شکلی ساخته شده که لبه پانل های دامپا به راحتی در داخل آن قفل شوند.



جهت ایجاد و اتصال سازه نگهدارنده از تسمه آویز و U چانل استفاده می شود . U چانل به جهت طراحی خاص دارای لبه های متعدد و منظمی جهت قفل شدن لبه پانل های سقف کاذب دامپا میباشد . بر اساس وزن تقریبی سازه و همچنین طول پانل ها و با توجه به میزان روشنایی ها و تجهیزات مورد نظر جهت نصب بر روی سقف دامپا فاصله بین U چانلها و تعداد آویز ها مشخص خواهند شد (به تبع هرچه تعداد آویز ها و U چانل ها بیشتر باشد استحکام بالاتری انتظار می رود)

●ویژگیهای سقف کاذب دامپا

۱ – زیرسازی و پانل های منحصر به فرد و ویژه که امکان جا زدن و جدا نمودن پانل ها از پایین سقف را امکان پذیر مینماید.

۲ – تنوع محصول و امکان رنگ امیزی دلخواه پانل ها

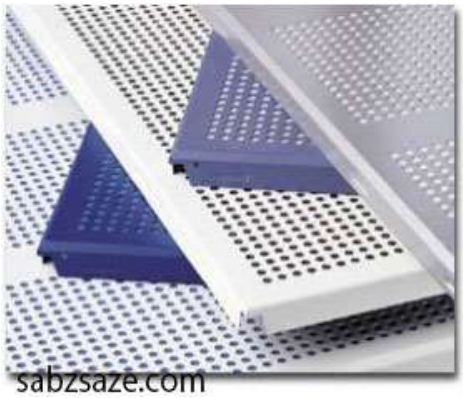
۳ – کیفیت و عمر مفید بسیار بالا

۴ – ثبات رنگ

۵– غیر قابل اشتعال

۶ – سهولت در نصب و سرعت بالا در اجرای سقف کاذب

۷– قابل شستشو



۱۰.سقف کاذب لوکسالون

سقف های کاذب لوکسالون در رده سقف های کاذب نواری می باشد از سطوح با شیار های موازی که از پانل های لوکسالون با عرض ۸۴ میلی متر تشکیل شده است . این سقف در شکل ظاهری تشابه زیادی به دامپا دارد و فرق آن در این است که در فواصل میان باندها از مغزی استفاده می شود که این مغزی ها به دلیل تنوع رنگ زیبای خاصی به سقف می دهد . این مغزی ها در دو نوع مخفی و نمایان تقسیم می گردد.

- **ویژگی های سقف لوکسالون**

-سبک با قابلیت نصب راحت و سریع

-عایق صوتی و حرارتی

-قابلیت نصب هر نوع چراغ ، هواکش و دریچه

-سهولت دسترسی به تاسیسات پشت سقف

-مقاوم در مقابل آتش سوزی و عوامل جوی

-زیر سازی گالوانیزه و پوشش رنگ الکترواستاتیک

- **برخی دیگر از انواع سقف های کاذب**
  - **سازه نمایان**
  - **سقف مشبک با تایل فلزی**
  - **سقف مشبک با تایل گچی**
  - **سقف کاذب یکپارچه**
  - **سازه پنهان**
  - **تایل گچیِ ساده**
  - **تایل گچیِ آکوستیک**
  - **سقف کاذب به‌صورت باکس**
  - **انواع تایل‌های گچی**
  - **سقف کاذب به‌صورت باکس و نور مخفی**
  - **سقف کاذب (PVC)**
  - **سقف کاذب تصویردار**

•بررسی سقف ها از لحاظ دهانه

هر سقفی از لحاظ نوع ساخت و عملکرد سازه ای با توجه به شرایط می تواند به طرق مختلفی طراحی و اجرا گردد،که از آن جمله اند :

۱-سقف چوبی دهانه های قابل اجرا برای این نوع سقف ها حداکثر تا ۲متر میباشد

۲-سقف طاق ضربی دهانه های قابل اجرا برای این نوع سقف ها حداکثر تا ۵ متر میباشد

۳-سقف تیرچه بلوک دهانه های قابل اجرا حداکثر تا ۷ متر میباشد(اگرازتیرچه بتنی پیشتنیده استفاده شوددهانه حداکثر تا ۱۵ متر میباشد)

۴- سقف سیاک دهانه های قابل اجرا برای این نوع سقف ها حداکثر تا ۶ متر میباشد

۵- سقف کامپوزیت دهانه های قابل اجرا برای این نوع سقف ها حداکثر تا ۸ متر میباشد

۶- سقف عرشه فولادی دهانه های قابل اجرا حداکثر تا ۸متر میباشد(ترکیب عرشه فولادی باسیستم پیشتنیده۱۰متر)

۷- سقف بیگیت(عرشه فولادی قوس دار) دهانه های قابل اجرا برای این نوع سقف ها حداکثر تا ۸ متر میباشد

۸- سقف روفیکس دهانه های قابل اجرا برای این نوع سقف ها حداکثر تا ۱۰ متر میباشد

۹-سقف حبابی دهانه های قابل اجرا حداکثر تا ۱۶ متر میباشد(ترکیب کوبیاکس باسیستم پیشتنیده تا۱۸)

۱۰- سقف کوبیاکس دهانه های قابل اجرا حداکثر تا ۱۶ متر میباشد(ترکیب کوبیاکس باسیستم پیشتنیده تا۱۸)

۱۱- سقف یوبوت حداکثر تا ۱۲ متر میباشد(ترکیب یوبوت باسیستم پیشتنیده دهانه را حداکثر تا ۲۰ مترافزایش میدهد)

۱۲- سقف هالوکور دهانه های قابل اجرا برای این نوع سقف ها حداکثر تا ۱۸ متر میباشد

۱۳-سقف حفره ای وافل دهانه های قابل اجرا برای این نوع سقف ها حداکثر تا ۲۰ متر میباشد

۱۴- سقف پیش تنیده دهانه های قابل اجرا برای این نوع سقف ها حداکثر تا ۱۲ متر میباشد

۱۵- سقف دال بتنی دهانه های قابل اجرا برای این نوع سقف ها حداکثر تا ۱۰ متر میباشد

۱۶- سقف تیردال دهانه های قابل اجرا برای این نوع سقف ها حداکثر تا ۱۰ متر میباشد

۱۶,۱-سقف دابل تی دهانه های قابل اجرا برای این نوع سقف ها حداکثر تا ۲۰متر میباشد

۱۷-سقف LSF دهانه های قابل اجرا برای این نوع سقف ها حداکثر تا ۵ متر میباشد

۱۸-سقف LCP دهانه های قابل اجرا برای این نوع سقف ها حداکثر تا ۱۰ متر میباشد

۱۹-سقف TCF دهانه های قابل اجرا برای این نوع سقف ها حداکثر تا ۸ متر میباشد

۲۰-سقف ICF دهانه های قابل اجرا برای این نوع سقف ها حداکثر تا ۸ متر میباشد

۲۱-سقف LGS دهانه های قابل اجرا برای این نوع سقف ها حداکثر تا ۶ متر میباشد

۲۲-سقف PBS دهانه های قابل اجرا برای این نوع سقف ها حداکثر تا ۱۰ متر میباشد

۲۳-سقف CSF دهانه های قابل اجرا برای این نوع سقف ها حداکثر تا ۵ متر میباشد

۲۴-سقف CSD دهانه های قابل اجرا برای این نوع سقف ها حداکثر تا ۱۰ متر میباشد

۲۵- سقف های خرپایی یا فضایی دهانه نامحدود(بیش از۲۰۰متر)!!!!

دانستنیهای سقف

نشریه ۳۶۰: دستورالعمل بهسازی لرزه ای ساختمان های موجود

صفحه ۲۴ و ۲۵

۲-۷-۶- دیافراگم‌ها

دیافراگم، سیستمی‌افقی یا نزدیک به افقی است که نیروهای اینرسی ناشی از زلزله را به اعضای قایم یا سیستم‌های قایم باربر جانبی از طریق عملکرد توام اجزای دیافراگم شامل تیرهای لبه، برش‌گیرها و کلاف‌ها منتقل می‌نماید.

۲-۷-۶-۱- تیرهای لبه‌ی دیافراگم

در لبه‌های خارجی و داخلی (لبه‌ی بازشوها) دیافراگم می‌توان از تیرهای لبه استفاده نمود. دیوار و یا تیر قاب یکپارچه با دیافراگم نیز می‌تواند به عنوان تیر لبه عمل نماید. در گوشه‌های تورفته و در گوشه‌های بازشوهای دیافراگم، تیرهای لبه باید از گوشه به داخل دیافراگم آن‌قدر ادامه پیدا کنند تا نیروها به طور مطمئن در سطح دیافراگم توزیع شود. تیرهای لبه باید برای نیروی کششی ناشی از خمش کلی دیافراگم، حاصل از نیروهای اینرسی واردشده با رفتار کنترل‌شونده توسط نیرو طراحی شوند. در طراحی، ضوابط بند (۲۰-۵-۳-۳) آیین‌نامه‌ی بتن ایران (آبا) باید مورد توجه قرار گیرد.

۲-۷-۶-۲- برش‌گیرهای دیافراگم

درصورتی‌که اتصال دیافراگم به سیستم باربر جانبی برای انتقال مطمئن نیروهای برشی کافی نباشد، می‌توان از برش‌گیرها برای انتقال نیرو از دیافراگم به سیستم باربر جانبی استفاده نمود. برش‌گیرها باید به اندازه‌ی کافی در دیافراگم قرار داده شوند و طوری به دیافراگم متصل شوند تا قادر به انتقال همه‌ی نیروهای موردنظر باشند. در طراحی این اجزا باید ضوابط بندهای (۲۰-۵-۳-۲-۵) و (۲۰-۵-۳-۲-۶) "آبا" را مورد توجه قرار داد.

۲-۷-۶-۳-کلاف‌های کششی دیافراگم

در دیافراگم باید از کلاف‌های کششی پیوسته که دو لبه‌ی مقابل دیافراگم یا تیرهای لبه را به هم وصل می‌کنند استفاده نمود. فاصله‌ی کلاف‌ها از هم نباید از سه برابر طول کلاف‌ها زیادتر باشد. طول کلاف، فاصله‌ی بین دو نقطه‌ی متوالی انتقال نیروی آن به سایر اعضای باربر جانبی، مانند تیرهای قاب‌ها، می‌باشد. کلاف‌ها برای حداقل بار محوری کششی مطابق رابطه‌ی (۲-۳)، به عنوان یک رفتار کنترل‌شونده توسط نیرو، طراحی می‌شوند.

$$F_p = 0.4 \times S_s W \qquad (۲-۳)$$

نشریه ۳۶۰: دستورالعمل بهسازی لرزه ای ساختمان های موجود

صفحه ۳۵

۳-۲-۴- دیافراگم‌ها

۳-۲-۴-۱- دسته‌بندی دیافراگم‌ها

دیافراگم‌ها به صورت صلب، نیمه‌صلب و یا نرم دسته‌بندی می‌شوند. چنانچه حداکثر تغییرشکل افقی دیافراگم بزرگ‌تر از دو برابر متوسط تغییرمکان جانبی نسبی طبقه‌ی زیر آن باشد، آن دیافراگم نرم محسوب می‌شود. در دیافراگم‌هایی که بر روی دیوارهای زیرزمین تکیه نموده‌اند، متوسط تغییرمکان‌جانبی نسبی طبقه‌ی بالایی مدنظر قرار می‌گیرد. در دیافراگم صلب این نسبت باید کم‌تر از نیم باشد. دیافراگمی‌که نه صلب و نه نرم باشد، دیافراگم نیمه‌صلب نامیده می‌شود. منظور از تغییرمکان نسبی طبقه، تغییرمکان جانبی سیستم‌های قایم باربر جانبی آن طبقه نسبت به طبقه‌ی زیرین می‌باشد.

برای دسته‌بندی دیافراگم‌ها، محاسبه‌ی تغییرشکل‌ها باید برمبنای بار معادل استاتیکی مطابق رابطه‌ی (۳-۶) انجام شود. به‌علاوه، تغییرشکل دیافراگم باید برمبنای توزیع نیروی افقی متناسب با توزیع جرم در طبقه و همچنین نیروهای افقی ناشی از جابه‌جاشدن سیستم قایم باربر جانبی از طبقه‌ای به طبقه‌ی دیگر، محاسبه شوند.

۳-۲-۴-۲- ملاحظات خاص مدل‌سازی

در مدل‌سازی سازه‌ها با دیافراگم نیمه‌صلب و یا نرم باید اثر تغییرشکل دیافراگم برحسب سختی آن درنظرگرفته شود. در سازه‌های با دیافراگم نرم در تمامی طبقات، در تحلیل‌های غیرخطی می‌توان قاب‌های موجود در سیستم قایم باربر جانبی سازه را به صورت مجزا و از طریق مدل‌سازی دوبعدی و با تخصیص جرم متناسب با سطح باربری قاب‌ها تحلیل نمود.

استاندارد ۲۸۰۰ ۱۳۸۴: آیین نامه طراحی ساختمان ها در برابر زلزله

۲-۹ نیروی جانبی زلزله مؤثر بر دیافراگم ها

۲-۹-۱ دیافراگم ها که معمولاً کف های سازه ای تحمل کننده بارهای ثقلی در ساختمانها هستند، **در هنگام وقوع زلزله وظیفه انتقال نیروهای ایجاد شده در کفها را به عناصر قائم باربر جانبی بر عهده دارند.** این دیافراگم ها باید در برابر تغییرشکل های افقی که در میان صفحه آنها ایجاد می‌شود، مقاومت و سختی کافی را دارا باشند. دیافراگم ها باید برای نیروی جانبی زلزله مطابق رابطه زیر محاسبه شوند.

$$F_{pi} = \frac{(F_t + \sum_{j=i}^{n} F_j)}{\sum_{j=1}^{n} W_j} W_i \qquad (۱۹-۲)$$

در این رابطه:

F_{pi} نیروی جانبی وارد به دیافراگم در تراز i

W_i وزن دیافراگم و اجزای متصل به آن در تراز i، شامل قسمتی از بار زنده مطابق ضابطه بند ۲-۳-۱.

F_j، F_j و W_j به ترتیب، نیروهای وارد به طبقه و وزن طبقه مطابق تعاریف بند ۲-۳-۹.

در رابطه فوق، حداقل مقدار F_{pi} برابر با AIW_i ۰/۳۵ است، و حداکثر آن لازم نیست بیشتر از AIW_i ۰/۷ در نظر گرفته شود. در صورتی که لازم باشد دیافراگم علاوه بر نیروی زلزله طبقه، نیروی جانبی اعضای قائمی را که در قسمت بالا و پایین دیافراگم بر روی یکدیگر واقع نشده اند، به یکدیگر منتقل نماید، مقدار این نیروها نیز باید به نیروی به دست آمده از رابطه (۲-۱۹) اضافه شود.

استاندارد ۲۸۰۰ ۱۳۸٤: آیین نامه طراحی ساختمان ها در برابر زلزله

۲-۹-۲ تلاش‌های داخلی و نیز تغییرشکل‌های ایجاد شده در دیافراگم‌ها باید با استفاده از روش‌های شناخته شده تحلیل‌سازه‌ها تعیین گردند. در دیافراگم‌های متعارف که دارای پلان نسبتاً منظمی بوده و فاقد بازشوهای بزرگ و نزدیک به هم باشند، این تلاش‌ها و تغییرشکل‌ها را می‌توان با فرض عملکرد دیافراگم به **صورت تیر تیغه‌ای** که بر روی تکیه‌گاه‌های ارتجاعی قرار گرفته است، تعیین نمود. برای این منظور می توان از روش پیشنهاد شده در **پیوست (٦)** استفاده کرد.

۲-۹-۳ دیافراگم‌ها باید برای تلاش‌های برشی و لنگرهای خمشی ایجاد شده در میان صفحه خود زیر اثر بار جانبی طراحی شوند. کنترل مقاومت دیافراگم‌های بتن مسلح بر اساس ضوابط آیین‌نامه بتن ایران «آبا» و دیافراگم‌های ساخته شده از مصالح دیگر بر اساس ضوابط آیین‌نامه‌های مربوط تعیین می‌گردد.

۲-۹-٤ در دیافراگم‌ها چنانچه حداکثر تغییرشکل افقی ایجاد شده در آنها زیر اثر نیروی مؤثر بر دیافراگم، کمتر از نصف تغییرمکان نسبی متوسطه طبقه باشد، دیافراگم‌ها را می‌توان صلب در نظر گرفت و توزیع نیروی برشی طبقه را بین عناصر سیستم مقاوم قائم ساختمان به نسبت سختی آنها انجام داد. در غیر این صورت دیافراگم انعطاف پذیر بوده و در توزیع برش، باید تغییرشکل‌های ایجاد شده در دیافراگم مورد توجه قرار گیرد.

مقررات ملی ساختمان (مبحث ٦) ۱۳۸۵: بـارهای وارد بر سـاختمان

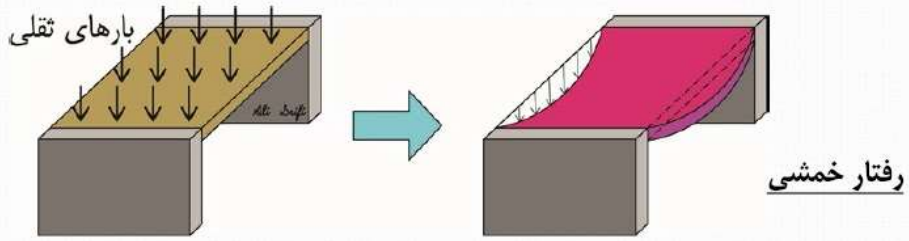
ضوابط مشابه استاندارد ۲۸۰۰ است و در بند **٦-۷-۲-۷ با عنوان «نیروی جانبی زلزله مؤثر بر دیافراگم‌ها»** آمده است .

با توجه به اهمیت لرزه ای دیافراگم ها به عنوان جمع کننده نیروی زلزله موجود در کف (کلکتور)، لازم است در برابر بارهای ناشی از زلزله در میان صفحه خود کنترل شوند و صلبیت آنها نیز بررسی گردد.

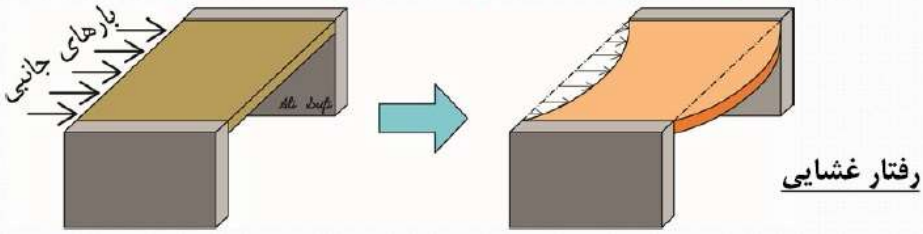
وظایف سقف (دیافراگم):

۱- انتقال بارهای ثقلی (مرده و زنده) به اعضای باربر ثقلی مانند تیرها و ستون ها

(خمش حول محور قوی تیرها – غالبا سقف ها برای این بارگذاری طراحی و کنترل شده اند)



۲- انتقال بارهای جانبی (زلزله یا باد) به اعضای باربر جانبی مانند قاب ها، مهاربندها (بادبندها) یا دیوارهای برشی **(خمش حول محور ضعیف مقاطع – یکپارچگی سقف و حفظ آن مهم است)**



۳- کنترل افتادگی یا خیز **(جزء شرایط بهره برداری است- طبق بند ۱۰-۲-۱۱-٤-الف مبحث ۱۰)**

تیرها و شاهتیرهایی که **سقف‌های نازک کاری شده** را تحمل می‌کنند، باید طوری محاسبه شوند که تغییرمکان حداکثر نظیر بار مرده و زنده از ۱/۲۴۰ طول دهانه و تغییرمکان حداکثر نظیر بار زنده از ۱/۳۶۰ طول دهانه بیشتر نشود.

انواع خیز

- خیز آنی ناشی از بارهای مرده و بارهای زنده (در همه سقف ها)
- خیز دراز مدت ناشی از بارهای مرده (در سقف های بتنی)

۴- کنترل ارتعاش **(جزء شرایط بهره برداری است- طبق بند ۱۰-۲-۱۱ ٤ ب مبحث ۱۰)**

تیرها و شاهتیرهایی که **سطوح بزرگ خالی از تیغه‌بندی** (یا خالی از عناصر دیگری که خاصیت میراکنندگی ارتعاش را دارند) را تحمل می‌کنند، باید با توجهی خاص به لرزش و ارتعاش حاصل از بارهای جنبشی (راه رفتن اشخاص، حرکت و توقف آسانسورها و نظایر آنها) محاسبه شوند. در تیرهای مربوط به این کف‌ها، نسبت ارتفاع به دهانه (d/L) نباید از ۱/۲۰ کمتر گردد. d ارتفاع کلی مقطع تیر (شامل ارتفاع بتن در تیرهای مختلط) و L طول مرکز به مرکز تکیه‌گاهی تیر است. همچنین لازم است فرکانس نوسانی تیرها محاسبه گردد که این فرکانس باید از حد احساس بشری (۵ هرتز) فراتر باشد.*

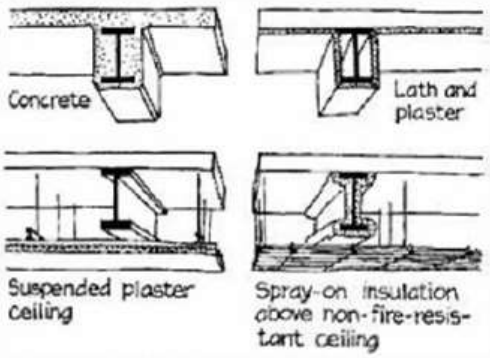
* در این خصوص به مراجع راهنمای معتبر مراجعه شود. برای محاسبه فرکانس **تیرهای دهانه ساده** رابطه زیر پیشنهاد شده است:

$$f = 70\sqrt{\frac{I}{P_d L^4}} \geq 5$$

I= ممان اینرسی تیر (cm^4) ، P_d=بار مرده (kg/m) ، L=طول دهانه (m)

۵- کنترل آسایش **(جزء شرایط بهره برداری است)**

بعضا در برخی سقف هایی که بسیار منسجم هستند (مانند کامپوزیت)، ایجاد یک صدا مانند کشیدن یک صندلی روی کف، گسترش می یابد که توسط سیستم منسجم سقف توسعه یافته و باعث از بین رفتن آسایش سایر ساکنین در ساختمان می گردد. این پارامتری است که با کنترل فرکانس و ارتعاش هم حاصل نمی گردد.



۶- میزان حساسیت به حریق **(عایق در برابر حریق)**

معمولا سقف های بتن به صورت ذاتی به حسب میزان پوشش بتن روی میلگردها دارای یک مدتی مقاومت در برابر حریق هستند. ولی در سقف های فولادی چنین نیست.

به عنوان مثال در حمله به برج های تجارت جهانی آمریکا (World Trade Center=WTC)، این ساختمان های برای ضربه ی هواپیما طراحی شده بودند ولی وجود سوخت هواپیما و توسعه آتش سوزی – حتی با وجود عایق بندی کف ها – پس از مدت زمانی در حدود ۱ ساعت، باعث ریزش برخی کف ها و افتادن آنها روی کف زیرین و نهایتا **تخریب پیش رونده (Progressive Failure)** گردید.

بعضا مطرح می شود که عایق حرارتی سقف ها مهم نیست، زیرا رخداد آتش سوزی در یک منطقه زیر سقف، فقط باعث صدمه به آن قسمت می شود ولی اگر رخداد حریق باعث تخریب پیش رونده گردد، می تواند خطرناک باشد و باعث تخریب همه ی ساختمان شود.

چک لیست انتخاب سقف

۱- آیا سقف جهت انتقال بارهای ثقلی مناسب است؟ ☐ بلی ☐ خیر

۲- آیا سقف جهت انتقال بارهای جانبی به اجزای باربر جانبی مناسب بوده و دارای انسجام و **صلبیت** کافی می باشد؟ ☐ بلی ☐ خیر

۳- اگر سقف قطعات نازک کاری شده را تحمل می کند، دارای خیز کوتاه مدت و بلند مدت کم و در حد مجازی می باشد؟ ☐ بلی ☐ خیر

۴- آیا سقف موردنظر از جهت ارتعاش و آسایش مناسب است؟ ☐ بلی ☐ خیر

۵- آیا سقف موردنظر از نظر عایق در برابر حریق (چه به صورت ذاتی و چه به صورت عایق کاری) در شرایط مناسبی قرار دارد؟ ☐ بلی ☐ خیر

۶- آیا دانش فنی، نیروی متخصص، ابزار و تجهیزات لازم جهت اجرای سقف موردنظر در محل در دسترس می باشد؟ ☐ بلی ☐ خیر

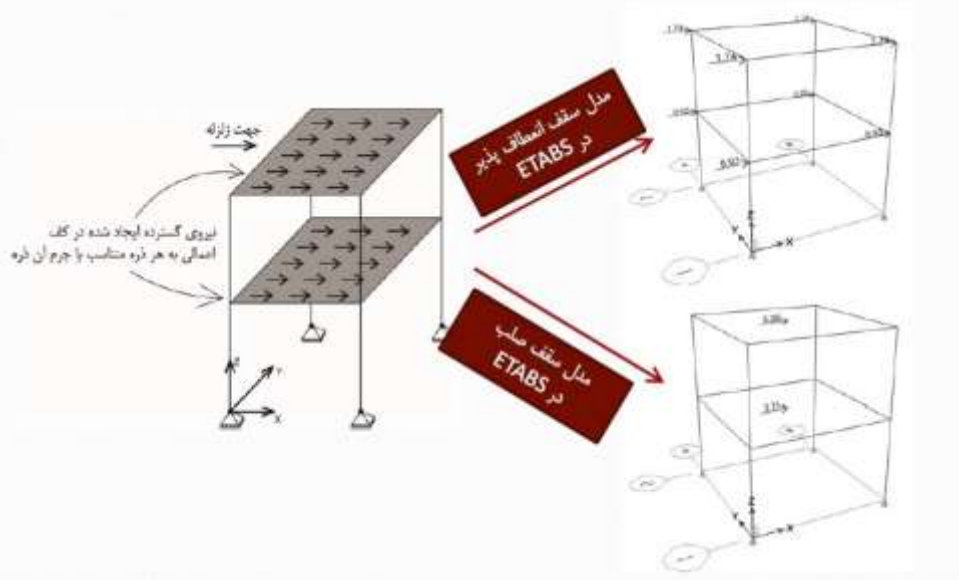
۷- قابلیت صنعتی سازی و افزایش سرعت اجرای روش انتخابی چقدر است؟

☐ زیاد ☐ متوسط ☐ کم

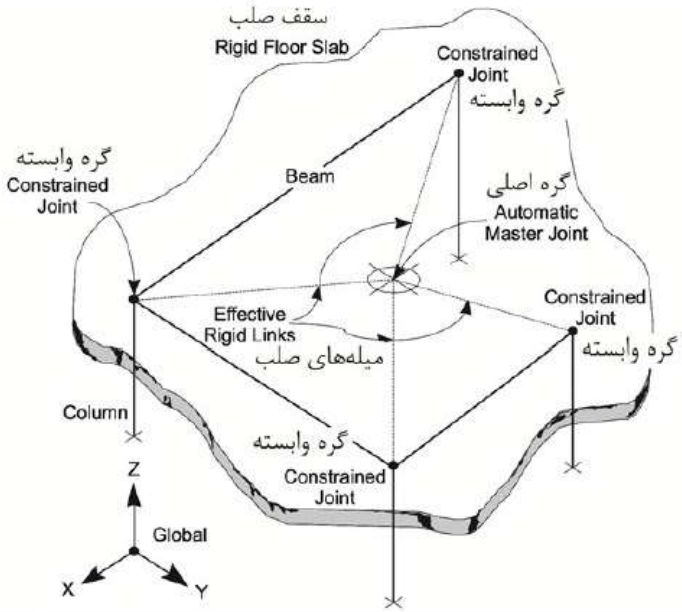
۸- امکان کنترل کیفی روش انتخابی در چه سطحی است؟ ☐ زیاد ☐ متوسط ☐ کم

صلبیت سقف ها

مهندسان محاسب در هنگام استفاده از نرم افزارهای محاسباتی، یک تعریف به عنوان سقف صلب یا Rigid Diaphragm را انجام می دهند که غالبا به نوع سقف و مشخصات سازه توجهی نشده و کنترلی صورت نمی گیرد.



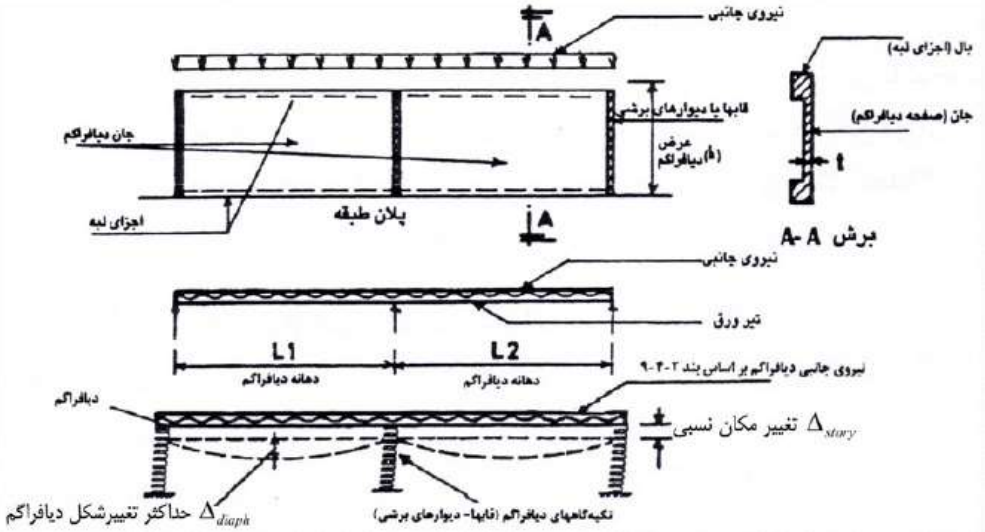
در صورت تعریف سقف صلب (Rigid Diaphragm) ، گره های موجود در هر کف با یکسری میله های صلب به گره مرکز جرم متصل می شوند و درجات آزادی تغییرمکان Ux ، تغییرمکان Uy و دوران Rz در تراز طبقه به هم مرتبط می شوند. در این حالت نیروی زلزله هر سقف به محل مرکز جرم اعمال می گردد.



کنترل صلبیت سقف

حال این سوال مطرح می گردد که چه سقف هایی صلب هستند؟ آیا کلیه سقف های بتنی صلبند؟؟؟؟

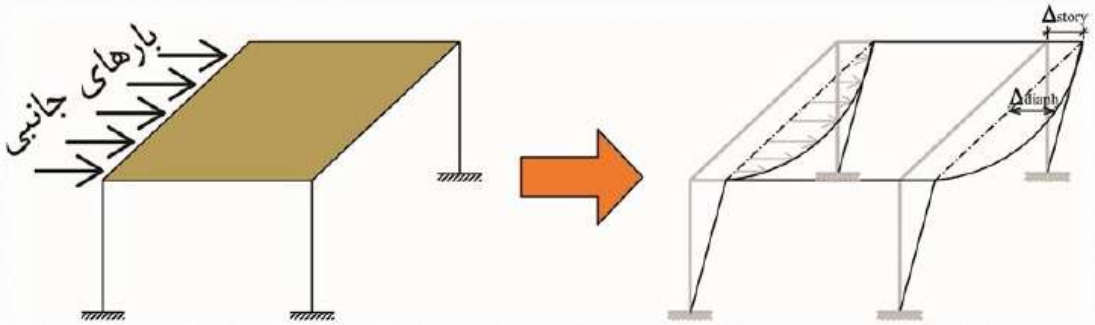
این مطلب در پیوست ۶ استاندارد ۲۸۰۰ و دستورالعمل بهسازی لرزه ای ساختمان ها (نشریه ۳۵۶) آمده است.
جامع‌ترین روش تحلیلی برای تعیین نیروهای داخلی دیافراگم‌ها و توزیع مناسب نیروهای جانبی بین اجزای باربر قائم، مدل نمودن دیافراگم به صورت اجزای محدود (Finite Elements)همراه با اجزای تیر، ستون و دیوارهای برشی در یک مدل سه بعدی کلی است. لیکن به منظور صرفه‌جویی در وقت در دیافراگم‌های متعارفی که فاقد باز شوهای بزرگ و نزدیک به هم بوده و دارای پلان نسبتاً منظمی می‌باشند، مطلوب‌تر است که از روش‌های ساده شده و تقریبی استفاده شود. شکل زیر وضعیت تغییرمکان و تغییرشکل کلی دیافراگم و تکیه‌گاه‌های آن (قاب‌ها و دیوارهای برشی) را نشان می‌دهد.



Δ_{story} تغییرمکان نسبی طبقه

Δ_{diaph} حداکثر تغییرشکل دیافراگم

دیافراگم صلب	$\frac{\Delta_{diaph}}{\Delta_{story}} \le 0.5$ ⟶	توزیع نیرو بین اجزای باربر جانبی به نسبت سختی این اجزا انجام می گردد. **منظور نمودن پیچش الزامی است.**
دیافراگم نیمه‌صلب	$0.5 < \frac{\Delta_{diaph}}{\Delta_{story}} \le 2$	
دیافراگم انعطاف‌پذیر	$\frac{\Delta_{diaph}}{\Delta_{story}} \ge 2$ ⟶	توزیع نیرو بین اجزای باربر جانبی به نسبت سطح بارگیر این اجزا انجام می گردد. **پیچش زیادی وجود ندارد.**



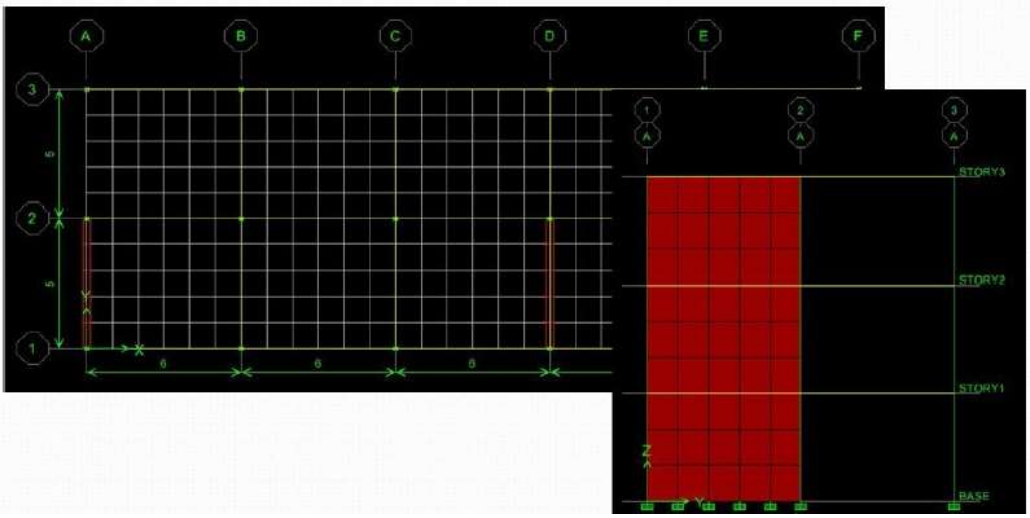
مدلسازی سقف به صورت انعطاف پذیر

نکات مدلسازی سقف به صورت انعطاف پذیر در نرم افزار ETABS

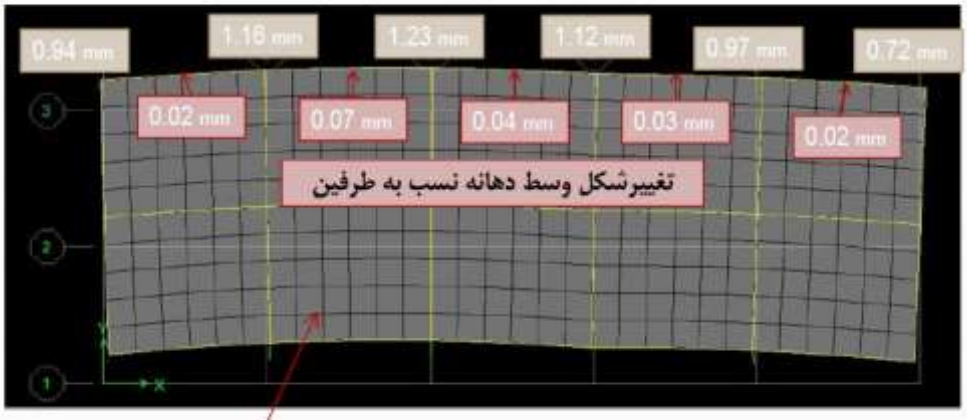
۱ برای تعریف سقف از المان صفحه ای با خاصیت Shell استفاده شود که سختی المان وارد مدل گردد. در صورت استفاده از المان صفحه ای Deck، توزیع بار انجام شده ولی سختی آن صفر است.

۲- سقف صلب (Rigid Diaphragm) در نرم افزار تعریف نگردد.

مشخصات ساختمان نمونه:



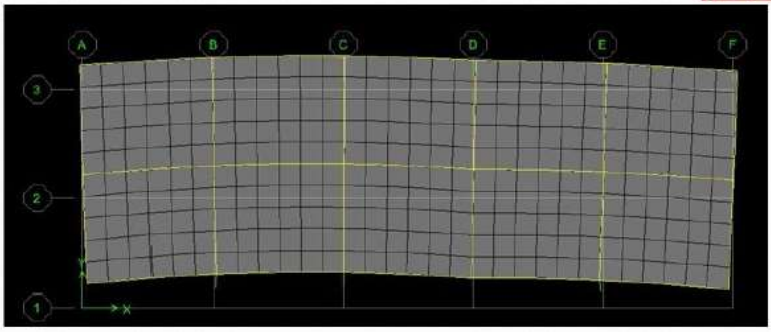
وضعیت تغییرشکل یافته ی سقف طبقه سوم



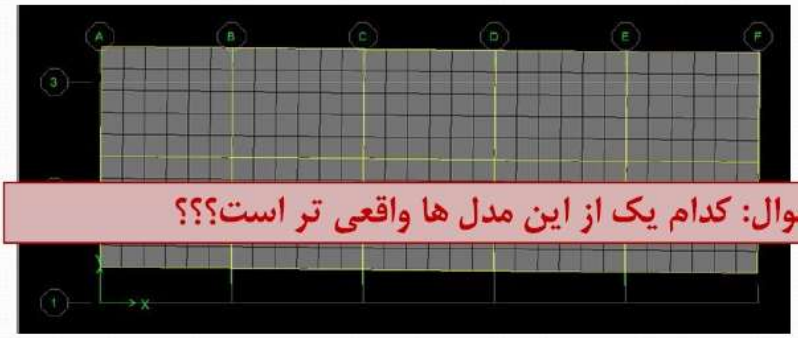
همان گونه که ملاحظه می شود تغییرشکل نسبی وسط دهانه در کلیه دهانه ها از نصف متوسط تغییرمکان نسبی قابهای طرفین آن کمتر می باشد، بنابراین سقف موردنظر صلب است.
(با در نظر گرفته اینکه ضخامت سقف غیرواقعی و برابر ۱ سانتیمتر تعریف شده است).

مقایسه وضعیت تغییرشکل یافته مدل با سقف انعطاف پذیر و مدل با سقف صلب

مدل با سقف انعطاف پذیر



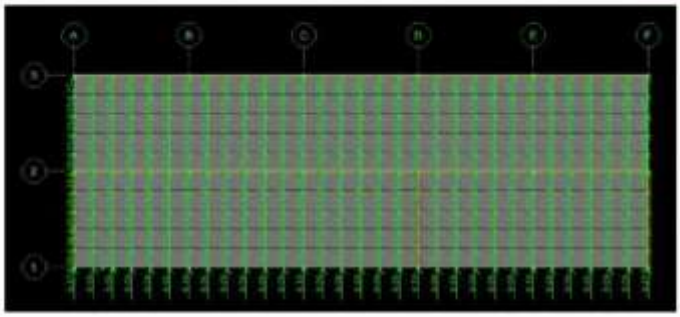
مدل با سقف صلب



سوال: کدام یک از این مدل ها واقعی تر است؟؟؟

مقایسه وضعیت توزیع نیروی زلزله در مدل با سقف انعطاف پذیر ومدل با سقف صلب

مدل با سقف انعطاف پذیر



مدل با سقف صلب

سوال: کدام یک از این مدل ها واقعی تر است؟؟؟

عوامل مؤثر در صلبیت سقف ها

سوال: چه سقف هایی صلب هستند؟؟؟

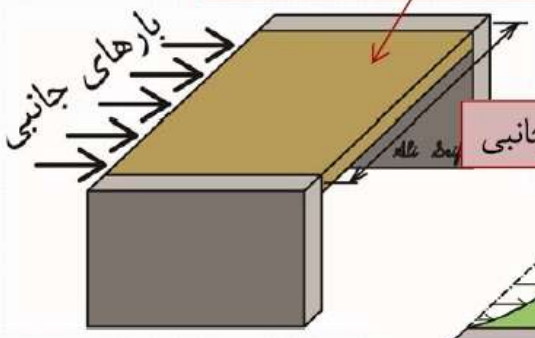
سقف هایی که حداقل دارای یک دال بتنی به ضخامت ۵ سانتیمتر باشند و روابط قبلی در مورد آنها صادق باشد که این صلبیت را می توان تابعی از شرایط زیر دانست:

۱- مشخصات و مقطع سقف

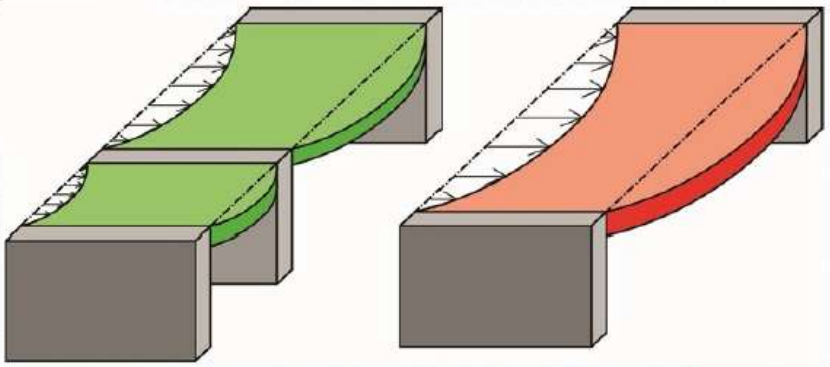
۲- فاصله بین سیستم های مقاوم جانبی

۳- نحوه چیدمان سیستم های مقاوم جانبی

۱- مشخصات و مقطع سقف



۲- فاصله بین سیستم های مقاوم جانبی



۳- نحوه چیدمان سیستم های مقاوم جانبی

طبق آیین‌نامه بتن ایران «آبا» حداقل ضخامت دال‌های دو طرفه از روابط زیر بدست می‌آید:

الف- در دال‌هایی که در یک سمت یا بیشتر غیرپیوسته هستند، محیط دال تقسیم بر ۱۴۰

ب- در دال‌هایی که در چهار سمت پیوسته هستند، محیط دال تقسیم بر ۱۶۰

پ- ۱۰۰ میلیمتر

(البته در مبحث ۹، دیگر این بند وجود ندارد و کنترل خیز جایگزین آن شده است)

نسبت سطح مقطع میلگردهای حرارت و جمع‌شدگی به کل سطح مقطع بتن برای دال‌هایی به ضخامت کمتر یا مساوی ۱ متر نباید از مقادیر زیر کمتر اختیار گردد:

- برای میلگردهای آجدار S220 و S300 و S350 ۰/۰۰۲
- برای میلگردهای آجدار S400 ۰/۰۰۱۸
- برای میلگردهای آجدار S500 و بالاتر ۰/۰۰۱۵

فاصله میلگردهای خمشی در دال‌ها، جزء در دال‌های مشبک ، نباید از مقادیر زیر بیشتر باشد:

- دو برابر ضخامت دال و ۳۵۰ میلیمتر
- در شرایط محیطی شدید، دو برابر ضخامت دال و ۲۵۰ میلیمتر
- در شرایط محیطی خیلی شدید و فوق‌العاده شدید، ۱/۵ برابر ضخامت دال و ۲۰۰ میلیمتر

●منابع

●شرکت کوبیاکس ایرانcobiaxiran.com

●شرکت اسپیس استاک پیشرو سازه۳dspaceco.com

●شرکت ستزه های نوین آرمه دک armedeck.com

●گروه ساختمانی مبنا mabnadeck.com

●شرکت مهندسین بناسازان فرنامbubbledek.co.ir

●شرکت معماری و دکوراسیون داخلی شاه توتshahtootdesign.com

●سایر سایت ها:

techno-khallagh.com

Uboot.ir

Tesko.ir

Neru.com.tr

Orca.lgs.com

Thebluebook.com

●مقالات:

جزوه بتن ۲ دکترسیدبهرام بهشتی دانشگاه خواجه نصیرطوسی

مقاله سقف مهندسی جواد محمدی ویسرودی

کتاب آشنایی با انواع سقف مهندس فرشاد مشرفی