

سیستم تیر و ستون

ستون:

در ساختمان های فلزی و ساختمان های بتنی به آن قسمت از اجزا که تحت نیروی فشاری واقع هستند ستون می گویند و انتقال دهنده بار از تیر به پی هستند

تیر:

تیرها یکی از اعضاء اصلی در مجموعه المان های مورد استفاده در سازه های ساختمانی است. در واقع وظیفه اصلی تیر ها، تحمل تنش های حاصل از نیروی برشی و لنگر خمشی است. در طراحی سازه ها، معمولاً تیرها بر اساس لنگر خمشی موجود طراحی گشته و ضابطه برش در آنها کنترل میگردد.

تیر، در معماری و مهندسی سازه، معمولاً عضوی بلند، مستقیم و منشوری است که برای نگهداری بارهای مختلف وارده در طول عضو طراحی می گردد

معمولترین نوع تیرها عبارتند از: تیر فولادی، تیر بتنی و تیر چوبی

تیر و ستون در ساختمان های بتنی:

ستونهای بتنی که در محل اجرا می شوند شکلهای مختلفی می توانند داشته باشند مانند مربعی شکل، مستطیلی شکل، دایره ای شکل و چند ضلعی.

حداقل میلگرد ها برای یک چند گوشه یک میلگرد به ازای هر گوشه می باشد و برای مقطع دایره ای شکل حداقل میلگرد ها 6 عدد می باشد فاصله میلگرد ها در ستونها از هم حداقل 5 سانتی متر و حداکثر 25 سانتی متر است نسبت سطح مقطع میلگرد ها به سطح مقطع ستون حداقل 0.8% و حداکثر 4% و 6% در شرایط خاص می باشد و حداقل سایز میلگرد 14 می باشد پوشش بتن برای عناصر فولادی حدود 2.5-5 سانتی متر است . در یک ستون به ازای هر متر 4 عدد خاموت بسته می شود ، معمولاً به ازای هر 25 سانتی متر یک خاموت بطور استاندارد است ، در 1/6 طول ستون از پائین و بالا فشرده می شود و می تواند 15 سانتی متر کمتر شود و به ازای هر 15 سانتی متر جهت تقویت در مقابل کمانش بسته شوند بطور مثال اگر طول ستون 3 متر باشد در نیم متر از پائین و بالای ستون خاموتها باید فشرده شوند . برای اینکه محور میلگردها ی ستون ثابت بماند و بعد ستون کوچک نشود میلگردها را خم می کنند و خم آنها به اندازه 40 برابر قطر میلگرد است .

سپس میلگردها را به طولعی مشخص بریده و به میلگردهای انتظار بسته و در فواصل مشخص در نقشه خاموتها را می بندند و سپس تا تراز سقف قالب بندی را انجام می دهند و همانطوریکه قبلا هم در مورد قالب بندی بحث شد از انواع قالب با توجه به شکل ستون می توان برای قالب بندی استفاده کرد که بیشتر از قالب چوبی استفاده می کنند و سپس عملیات بتن ریزی را انجام می دهند و با ضربه زدن به قالب در حین بتن ریزی کار ویبراتور را نیز انجام می دهند .

مراحل اجرای ستون بتنی:

1. خم زدن ریشه ستون 2. خاموت بندی ستون ها 3. قالب بندی ستون ها 4. شاقول کردن قالب و بستن آنها توسط شمع 5. بتن ریزی ستون 6. گذاشتن قالب کف تیر ها و بستن شمع های زیر قالب 7. آرماتور بندی تیر 8. گذاشتن تیرچه بلوک سقف 9. بتن ریزی تیر و بتن ریزی سقف

آرماتور بندی:

هنگامی که قالب زیرین تیرها تکمیل شد آرماتور بندی تیرها انجام میگردد . آرماتورهای طولی طبق نقشه ها در جای خود قرار می گیند و از بین ریشه آرماتور های ستون عبور می کنند . در این مرحله باید 3 عدد خاموت ستون نیز جایگذاری شود . در صورت استفاده از نماهای دارای نگهدارنده فلزی لازم است پایه این قطعات از قبل در محل خود در تیر ها تعبیه شود و از تخریب بتن تیر بعد از اجرا پرهیز گردد . بعد از آرماتور بندی تیرها نوبت به تیرچه های سقف می رسد . تیرچه ها می تواند از نوع بتنی یا فلزی باشد . مزیت تیرچه های فلزی آنست که به علت مقاومت بالا لازم نیست در زیر آنها شمع قرار داده شود همچنین فاصله این تیرچه ها از همدیگر بیشتر است و می توان از آنها در دهانه های بزرگتری استفاده نمود.

اسکلت فلزی:

قسمت های مختلف یک ستون عبارت است از ان پروفیلی است که بارهای فشاری را تحمل مینماید . برای ساختن ستون ها می توان از پروفیل های مختلف استفاده نمود ، مانند دو عدد تیر آهن بال پهن و یا دو عدد ناودانی و یا یک عدد قوطی چهار گوش و یا چهار عدد نبشی و غیره . در ایران برای ساختن ستون ها معمولا از دو عدد تیر آهن معمولی استفاده می شود و آنها را به وسیله تسمه به یکدیگر متصل مینمایند گاهی نیز از آهن های بال پهن و یا قوطی چهار گوش استفاده میشود .

در موقع ستون سازی به دو علت ممکن است انحنا ایجاد شود ، اول آنکه امکان دارد تیر آهن های مورد نیاز برای ساختن ستون در اثر حمل و نقل پیچش یابد یا آنکه در اثر جوش کاری غیر فنی در ستون انحنا و پیچش ایجاد شود برای جلوگیری از استیفرن استفاده میشود . و همچنین ممکن است در اثر برش صفحات فلزی صفحه تاب برداشته که در این صورت با استفاده از دستگاه تاب صفحه فلزی را از بین میبرند .

انواع اتصال: 1- اتصال پیچ و مهره 2- اتصال جوشی

در سازه های پیچ و مهره ای قبل از رنگ آمیزی قطعات توسط دستگاههای سندبلاست و وایربرس تحت نظر واحد کنترل کیفی زنگ زدایی می شوند که در سازه های جوشی این عملیات انجام نمی گردد و همچنین در سازه های جوشی بجای رنگ غنی از روی که در سازه های پیچ و مهره ای استفاده می شوند ، ضد زنگ بکار می رود که این امر باعث خوردگی سریع سازه می شود.

در دماهای بالا معمولاً اتصالات پیچ و مهره ای مقاومت بیشتری در برابر حرارت دارند و احتمال تخریب سازه اسکلت فلزی بسیار کمتر از اتصالات جوشی است.

انواع عملکرد اتصالات پیچی:

انواع اتصالهای پیچی: به طور کلی دو فلسفه در عملکرد اتصالات پیچی وجود دارد که عبارتند از: اتصال اتکایی و اتصال اصطکاکی.

عملکرد اتصال اتکایی: در عملکرد اتکایی، پیچ درون سوراخ صفحات اتصال قرار میگیرد و مهره بسته میشود

عملکرد اتصال اصطکاکی: هنگامی که پیچ درون سوراخ صفحات اتصال قرار میگیرد، علاوه بر مهره باید از واشر نیز استفاده نمود

انواع اتصالات

1- ستون به کف، 2- تیر به ستون، 3- شاه تیر به تیرفرعی، 4- مهاربند به قاب

اتصال ستون به کف

در ساختمان های فولادی باید از صفحه ستون برای اتصال ستون به شالوده استفاده کرد با توجه به اینکه تنش در ستون فولادی زیاد می باشد و در صورت عدم استفاده از صفحه ستون ستون فولادی بتن را پانچ خواهد نمود لذا با قرار دادن صفحه ای در زیر ستون تنش ستون فولادی را تقلیل داده و در حد قابل تحمل برای بتن می کنیم.

اتصال تیر به ستون

انواع اتصال تیر به ستون عبارتند از:

1- اتصال مفصلی.

2- اتصال صلب (گیردار).

فرق اساسی این دو اتصال در این است که در اتصال مفصلی انتقال ممان تیر به ستون و بالعکس وجود ندارد ولی در اتصال صلب این انتقال وجود دارد.

در اتصال مفصلی تیر به ستون یک فاصله بین تیر و ستون قرار میدهند که تیر بتواند کماتش کند ولی در اتصال صلب دیگر این فاصله وجود ندارد.

سازه هسته مرکزی

در این نوع سیستم، ناحیه جذب و جمع آوری بارهای هر سطح (طبقه) در مرکز ثقلی ساختمان تعیین شده است. ساختار این هسته مرکزی به صورت شاه تیر قائم طره ای مقاوم در برابر تنش های ناشی از اعمال نیرو بر آن می باشد؛ این هسته مرکزی که از جنس بتن یا فولاد می باشد در مرکز ساختمان قرار می گیرد و طبقات به آن کنسول می شوند، این سیستم سازه ای در جهت حذف عناصر قائم باربر و به حداقل رساندن آن قدم بر می دارد و عضو قائم سازه ای را تنها در یک نقطه جمع می کند؛ دهانه های گسترده و امکان طراحی پلان انعطاف پذیر و سازماندهی فضاها، از خصوصیات این نوع سیستم سازه ای به حساب می آید هر نوع تغییر در شکل، جنس و اندازه هسته مرکزی تحت تاثر طول، ارتفاع و عرض ساختمان و محل قرارگیری این هسته می باشد.

قاب صلب بارهای جانبی را اساساً بوسیله خمش تیرها و ستونها تحمل می کند. چنین سیستم های هسته ای، دستگاه های مکانیکی و حمل و نقل را در خود جای می دهند

محل و موقعیت هسته ها

هسته های نمای خارجی

هسته های داخلی به صورت مرکزی

هسته های خارج از مرکز

تعداد هسته ها

هسته های مفرد

هسته های شکافته

هسته های چند تایی

شکل هسته ها

شکل های بسته : مربعی، مستطیلی، دایره ای و مثلثی

شکل های باز : T شکل و ناودانی شکل

شکل هایی که از فرم ساختمان الهام می گیرند.



بررسی نمونه های موردی

الف: برج خلیفه دبیساخت : 2004 افتتاح : 2010

طراح : شرکت آمریکایی اسکیدمور، اوینگز، مریل ادرین
اسمیت

این برج با الهام از طبیعت صحرا و گل Hymenocalli است.



ب : برج کاپیتال گیت در دبی

Capital Gate Tower, Abu Dhabi

افتتاح : 2011

طراح: RMJM

طراح این برج، ماتبرین دوفرین، یکی از جاه طلبانه ترین طرح هایش را در این پیزای مدرن پیاده کرده است: برجی که 18 درجه به سمت غرب تمایل دارد. این برج در مرکز نمایشگاه های شهر ابوظبی احداث شده و مواد اصلی به کار رفته در سازه آن فولاد ضدزنگ، بتن و شیشه است. برای اینکه این سازه در مقابل زلزله مقاوم باشد هسته مرکزی ساختمان دقیقاً در جهت مخالف خمیدگی آن و مستقیم به سمت بالا ساخته شده است. ساختار پایه کاپیتال گیت یک هسته عمودی بتن احاطه شده توسط یک شبکه مورب فولادی شکل خارجی از برج است.



ج: برج Turning Torso

طراح معمار : سانتیاگو کالاتراوا 1999-2001 محل پروژه : ملمو - سوئد

کاربری برج : مسکونی ساختار : هسته مرکزی و اسلب بتن

زمان ساخت : 2001 - 2005 پوشش محافظ خارجی : فولاد

بر اساس مجسمه سازی، "چرخاندن نیم تنه" کاوش بدن انسان در حال حرکت هر طبقه شامل یک مربع در اطراف هسته و بخش مثلثی با حمایت یک ساختار فولاد های خارجی و هسته مرکزی توسط یک پایه دال پشتیبانی شده است .

د: برج کانتون چینافتتاح : 2010

برج ۶۰۰ متری کانتون در گوانگژو چین واقع شده، این برج سال ۲۰۰۴ در رقابتی که

با عنوان **new proposal for the plot of land** برگزار میشد رتبه ی اول رو کسب کرد.



Architects: **Information Based Architecture**

برج کانتون یا برج تلویزیونی-نجومی کانتون در قلب شهر گوانگژو ساخته شده است. سازه ی برج کانتون بصورت هذلولی است و ۴۵۰ متر ارتفاع دارد که با آنتن نصب شده بر وی آن، ارتفاع برج به ۶۰۰ متر می رسد. برج کانتون در حال حاضر عناوین بلندترین سازه در چین و دومین برج بلند دنیا را یدک می کشد.

هسته ی مرکزی سازه

فرم داینامیک پیچشی بنا از محور های مستقیمی تشکیل شده که هسته ی سازه رو محاصره می کنند و در وسط برج بخشی رو که "کمر" سازه شناخته میشه به وجود میارن. این بخش طوری طراحی شده که کوچکترین بخش برج باشه و بتونه م حور آسانسور ها و پلکان فرار از آتش رو در خودش جا بده، این بخش مساحتی معادل ۱۵.۶ متر مربع داره.

سیستم سازه های لوله ای

در طرح سازه های بلند اخیرا ایده جدیدی ارائه شده است که موسوم به سیستم لوله ای می باشد. در حال حاضر در چهار مورد از پنج ساختمانی که بلندترین ساختمان های دنیا می باشند از این روش استفاده شده است. این ساختمان ها عبارتند از، ساختمان هنگاک برج سیرز و ساختمان استاندارد اوپل در شیکاگو و ساختمان مرکز تجارت دنیا در نیویورک. بازده سازه ای سیستم های لوله ای به قدری زیاد می باشد که در اکثر موارد مقدار مصالح سازه ای مصرف شده برای هر فوت مربع کف (یا سقف) قابل مقایسه با مقدار مصالح مصرف شده در ساختمان های قابی متداول به ارتفاع نصف می باشد.

در طرح لوله ای فرض می شود که عناصر سازه ای پیرامونی ساختمان در مقابل بارهای جانبی همچون یک تیر با مقطع صندوقی (جعبه ای) تو خالی که از زمین طره شده است عمل کند. چون دیوارهای خارجی تمام یا بیشتر بار جانبی را تحمل می کنند، مهار بندی های قطری یا دیوارهای برشی داخلی پر هزینه حذف می گردند.

دیوارهای لوله از ستون هایی تشکیل می شوند که به فواصل کم در مجاورت یکدیگر در اطراف محیط ساختمان قرار می گیرند و به یکدیگر با تیرهای با عمق زیاد که در بالا و پایین آنها سوراخ های پنجره قرار دارند متصل می شوند. این سازه نمایی همچون دیواری با سوراخ های متعدد به نظر می رسد. سختی دیوار نما را می توان با افزودن مهار بندی های مورب (قطری) که اثر خرپا مانند ایجاد می کنند زیاد تر نمود. صلبیت لوله چنان زیاد است که در مقابل بارهای جانبی به صورت یک تیر طره ای عمل می کند. لوله خارجی می تواند به تنهایی تمام بارهای جانبی را تحمل کند یا اینکه با افزودن نوعی مهار بندی داخلی می توان لوله را بیشتر تقویت نمود و سخت تر کرد

مزایای کاربرد سیستم لوله ای نسبت به سیستمهای مشابه

* بازده سیستم لوله ای از لحاظ اقتصادی بسیار زیاد بوده. (صرفه جویی در مصرف مصالح)

* کاهش تغییر شکل های کلی ساختمان و تغییر شکل های نسبی طبقات

انعطاف پذیری زیاد تقسیم بندی فضای داخلی به دلیل فاصله زیاد ستون های داخلی

* یکنواختی این سیستم امکان استفاده از روش های پیشرفته (مانند ساخت قطعات بزرگ در کارخانه

در سازه های فولادی و بکارگیری قالب لغزنده در سازه های بتنی) را میسر می سازد

نمونه ساختمان های سیستم سازه لوله ای:

برج سیرز

ساخت سال ۱۹۷۳، نام یکی از بلندترین ساختمان های جهان و از نمادهای شهرشیکاگو این ساختمان ۱۱۰ طبقه و ۵۲۷ متر ارتفاع دارد و کماکان بلندترین ساختمان آمریکا، و سومین برج بلند در جهان است



مرکز تجارت دنیا در نیویورک

هزینه ساخت این آسمانخراش ۱۰۴ طبقه، 3.8 میلیارد دلار برآورد شده است و ساخت آن ۸ سال به طول انجامیده است

این ساختمان با ارتفاع 541.32 متر و ۱۰۵ طبقه، بلندترین آسمان‌خراش در ایالات متحده آمریکا و در میان بلندترین برج‌های جهان قرار دارد



سیستم سازه‌های کابلی

در این نوع سیستم اعضای اصلی که همان کابل‌ها هستند به صورت کششی عمل می‌کنند و یک دکل قائم یا مایل به صورت متقارن یا نامتقارن وظیفه مهار نیروهای کششی کابل‌ها و تبدیل آنها به تنش فشاری و انتقال آن به پی را بر عهده دارد.

یک ترکیب کاربردی‌تر، سازه‌ای کابلی مابین دو تکیه‌گاه برای تحمل باری معلق در وسط دهانه می‌باشد. در زیر چنین باری کابل از وسط خم می‌شود و هر تکیه‌گاه نیمی از وزن بار را تحمل می‌کند. با توجه به این که وزن کابل در برابر بار وارده ناچیز است، کابل شکل V به خود می‌گیرد. نیروی کششی در کابل از طریق بار وارده و شیب کابل محاسبه می‌شود.

نیروی کشش در کابل معمولاً برابر برآیند مؤلفه‌های عمودی و افقی نیروی عکس‌العمل است.

زنجیرواره: کابل‌هایی که بار یکنواخت بر طول آنها وارد می‌شود زنجیرواره نامیده می‌شوند

در عمل، عبارت زنجیرواره برای هر عضو معلق منحنی شکل که در طول آن بار گذاری شده صرف نظر از نحوه توزیع بارها به کار می‌رود. برای مثال کابل‌های اصلی یک پل معلق از نوع کابل‌های زنجیر واره هستند، گرچه شکل منحنی آن‌ها نزدیک به یک سهمی است.

رانش در سازه‌های کششی: خیز یک سازه زنجیر واره، رانش افقی ایجاد شده را تعیین می‌کند: خیز کمتر، رانش بیشتر

در بیشتر کابل‌های زنجیر واره که برای سازه سقف ساختمان‌ها به کار می‌روند نسبت خیز به دهانه 1:8 تا 1:10 است.

برای بار متمرکز که در وسط دهانه وارد می شود ، خیر مناسب در حدود 50 در صد طول دهانه می باشد.
برای بار یکنواخت روی یک کابل سهمی شکل ، خیر مناسب تقریباً 33 در صد طول دهانه می باشد.
برای بار یکنواخت روی یک کابل سهمی شکل ، خیر مناسب تقریباً 33 در صد طول دهانه می باشد.

در حدود 80 سال پیش از کابل برای پل ها استفاده می شده و در قدیم نیز در پل های دهانه بزرگ از سیستم طناب استفاده می کردند و در این سیستم سقف از کابل آویزان می شود.

کابل عضو کششی نازکی است که ضمن مقاومت کششی در برابر نیروها ، در برابر فشار مقاومت ندارد. سیم فلزی ، طناب و میله باریک ، به عنوان کابل عمل می کنند.

اگر کابل باری را عمودی حمل کند ظرفیت آنرا می توان به سادگی با تقسیم وزن باربر مقطع کابل اندازه گرفت.

کابل ها انعطاف پذیرند ، این انعطاف پذیری به قدری است که آن عناصر نمی توانند لنگر خمشی و نیروی فشاری را تحمل نمایند و فقط نیروهای کششی را به خوبی تحمل می کنند و انتقال می دهند.

مهمترین مسایل مهندسی مربوط به کابل ها ، یافتن شکلی است که کابل تحت اثر نیروهای وارده ، به خود می گیرد و محاسبه نیروی کششی است که در کابل ایجاد می شود.

امروزه با پیشرفت تکنولوژی می توان کابل های بسیار قوی که قدرت کششی بسیاری را داشته باشند ، تولید نمود.

برای پوشش سقف می توان از کابل های منفرد استفاده نمود.

مزایای سازه کابلی:

- رفتار دو طرفه دارد(رفتاری که در دو جهت عمود برهم نیروها را منتقل می کند)

- می تواند مساحتی را بپوشاند که کنترل نوسانات و ارتجاجات را انجام می دهد.

- فرم های هندسی متنوعی می دهد.

- خطی و غیر ایستا

- مقاومت بالا در برابر کشش

- هزینه اجرای پایین

معایب سازه های کابلی:

- لرزش و ارتعاش(ارتعاش کامل سبب لرزش طولی و عرضی هرآنچه بدان متصل است می شود)

- آسیب پذیری در برابر باد

- عدم امکان استفاده در ساختمان های کوچک به سبب ناپایداری

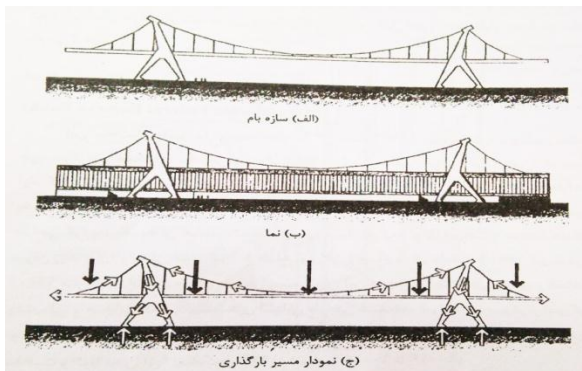
- پیچیدگی فراوان در طراحی و اجرا

- مقاومت ناچیز در برابر فشار

نمونه های سازه کابلی

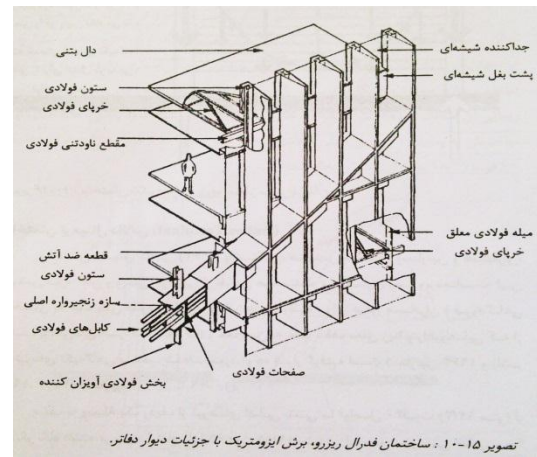
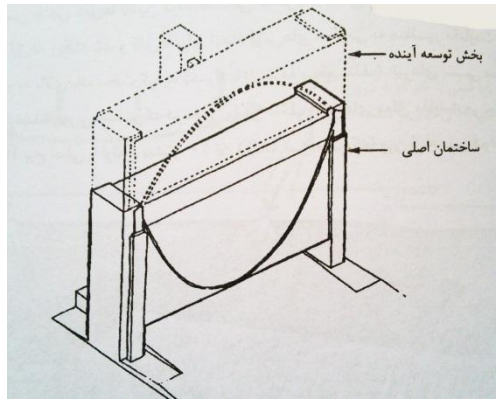
کارخانه ی کاغذ سازی بورگو:

این ساختمان با سقفی شبیه پل سطحی معادل 7992 متر مربع را پوشش می دهد. پوشش دهانه در جهت بلندتر (به طور معمول نسبت به جهت کوتاه تر اقتصا دی تر است) برای ایجاد فضایی مرکزی و بدون ستون جهت توسعه ی آتی برای خطوط تولید اضافی در نظر گرفته شده است. طول دهانه ی مرکزی این ساختمان 163 متر است که از چهار کابل اصلی معلق با کابل های ثانویه ی عمودی که سطح صاف فولادی بام را در زیر نگه می دارند، تشکیل شده است. در هر یک از آن ها یک طره به طول 43 متر طراحی شده است. از بار مرده ی سطح بام برای خنثی کردن نیروهای رو به بالای باد استفاده شده است. تکیه گاه های بتنی با قاب صلب پایداری جانبی مورد نیاز را عمود بر دهانه ی اصلی فراهم می کنند. تمامی سازه ی اصلی روی چهار ستون بتنی به ارتفاع 50 متر نگاه داشته شده است. کابل های پل در هر انتها با پایه های حجیم بتنی برای مقاومت در برابر نیروی رانش داخلی به زمین محکم شده اند. کابل های سقف کارخانه به زمین متصل نمی باشند، ولی به دو سر سطح طره شده ی بام اتصال دارند.



ساختمان بانک فدرال ریزرو:

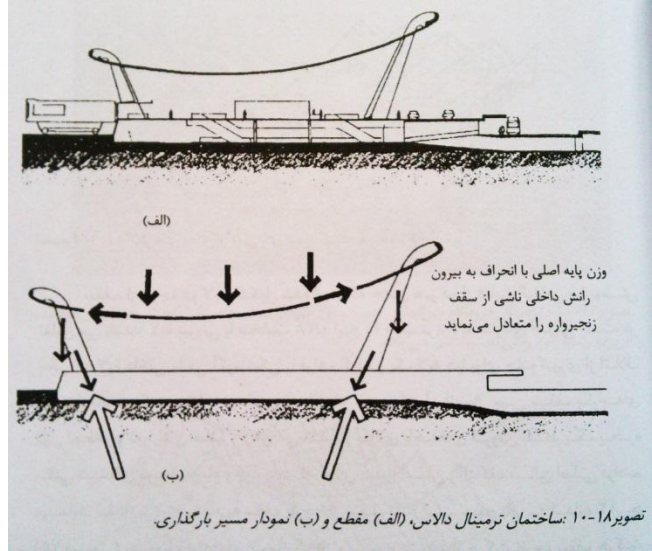
این ساختمان طویل دارای دهانه های بزرگی است که برای آزاد کردن زیر میدان عمومی شهری از انسداد و حذف ستون هایی که امکان تداخل با طراحی بخش زیر زمینی ساختمان در زیر میدان مذکور را داشتند، طراحی شد. مساحت هر طبقه 1560 متر مربع است. این ساختمان بیشتر به علت دهانه ی 82.3 متر در طول میدان عمومی با استفاده از سازه ی معلق بخش اداری مورد توجه قرار گرفته است. دو برج خدماتی در دو انتهای ساختمان کل تکیه گاه های عمودی و پایداری جانبی را برای بخش اداری تأمین می کنند. هر یک از این برج ها با نمایی از جنس سنگ گرانیت، سازه ای برشی به شکل H از جنس بتن مسلح دارند که به طور عمودی از سطح زمین طره شده اند. نیروی افقی رانشی درونی در بالای فرم منحنی طنابی به وسیله ی یک خرپا به شکل جعبه در بالای ساختمان خنثی می گردد. این خرپا 8.5 متر ارتفاع و 18.3 متر عرض و 82.3 متر طول دارد. طبقات بالای فرم منحنی طنابی به وسیله ی ستون هایی نگاه داشته می شوند (که در بالای فرم منحنی طنابی باقی می ماند)، طبقات زیر فرم منحنی طنابی به وسیله ی مقاطع عرضی فولادی از آن آویزان شده اند.



تصویر ۱۵-۱۰ : ساختمان فدرال ریزرو، برش ایزومتریک با جزئیات دیوار دقاتر.

ساختمان ترمینال دالاس:

سقف به وسیله ی یک ردیف از تیرهای اصلی بتنی با فواصل 12.2 متر از یکدیگر نگاه داشته می شود. ارتفاع آن ها 19.8 متر در قسمت دسترسی اصلی و 12.2 متر در جهت مخالف آن می باشد. این ساختمان شبیه به یک گهواره ی معلق در بین درختانی از بتن، متشکل از ستون های با فرم منحنی طنابی موازی از جنس کابل فولادی با قطر 25 میلیمتر با فاصله ی 3 متر از یکدیگر و پانل های پیش ساخته ی بتنی که بین آن ها را پوشانده است، می باشد.



تصویر ۱۸-۱۰ : ساختمان ترمینال دالاس، (الف) مقطع و (ب) نمودار مسیر بارگذاری.

سیستم سازه خرپا

خرپا سازه‌ای صلب از واحدهای مثلثی شکل است که از اتصال اجزای باریک و بلند ساخته شده است. خرپاها توانایی تحمل نیروهای کششی و فشاری را دارند.

خرپاها از جمله ساده‌ترین اعضای باربر سازه‌ها هستند که در کل به عنوان اعضای خمشی عمل نموده و در سقف‌ها، پل‌ها، وسازه‌های هوا و فضا مورد استفاده قرار می‌گیرند. در این گونه سازه‌ها به علت عدم وجود نیروی برشی و لنگر خمشی در تک تک اعضا متشکله مثلث‌ها اتصالات باید به صورت مفصلی مدل شود.

خرپا بر حسب تعریف از مجموعه‌ای از اعضای بوجود می‌آید که همگی در یک صفحه قرار داشته و ترکیب آنها یک شبکه مثلثی ایجاد نماید. چون در خرپاها فرض می‌شود که اعضا در انتهای خود به اعضای دیگر لولا شده‌اند بنابراین این شکل مثلثی تنها شکل پایدار خواهد بود.

کاربرد خرپا

خرپاها از مفیدترین و معمولترین فرمهای سازه‌های هستند که در انواع ساختمانها و ماشینها به کار میروند.

ساختمانهای خرپایی، در مقابل نیروهای وارد آمده مقاومت بسیاری دارند و از لحاظ اقتصادی نیز ساخت آنها مقرون

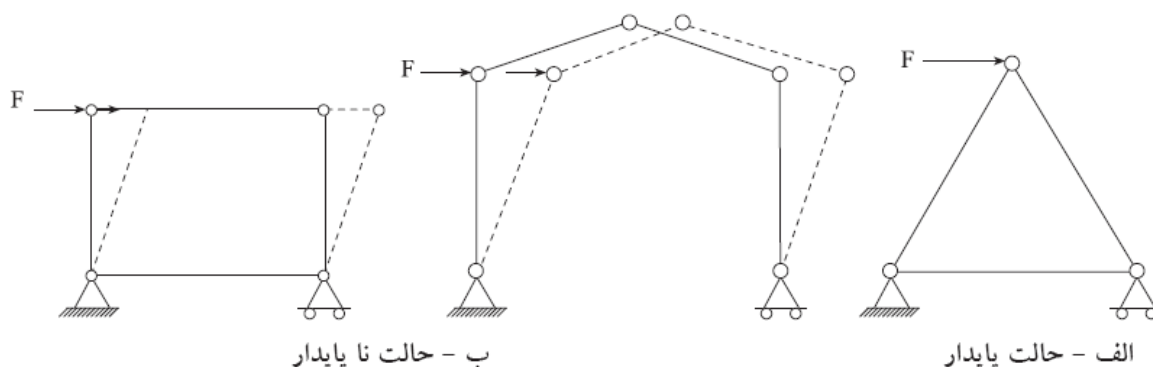
به صرفه است. اتصال میله‌های خرپاها به یکدیگر چنانچه فلزی باشند، به وسیله میخ و پیچ انجام می‌گیرد. و چنانچه خرپای چوبی باشد، اتصالات آنها به سقفهای با دهانه‌های زیاد و نیز پله‌ها به کار می‌برند.

. بعضی از ماشینهای سنگین، مثل جرثقیلها، نیز از خرپا استفاده می‌شود. خرپاها ضمن داشتن مقاومت زیاد، از نظر وزن سبک هستند. استخوانبندی بال بعضی از پرندگان که برای پرواز باید سبک باشند، به صورت خرپا تکوین یافته است. اسکلت بندی هواپیماها را نیز به همین علت از نوع خرپایی انتخاب می‌کنند.

اصول ساخت خرپا :

چون در خرپاها فرض می‌شود که اعضا در انتهای خود به اعضای دیگر لولا شده‌اند. بنابراین ((شکل مثلثی)) تنها شکل پایدار خواهد بود. اگر شبکه در یک صفحه واقع باشد، خرپا را ((خرپای صفحه‌ای)) و اگر شبکه فضایی باشد خرپای حاصل را ((خرپای فضایی)) می‌گویند. شبکه‌هایی که به صورت چهار عضو یا بیشتر باشند، پایدار نیستند و تحت تاثیر نیروهای مؤثر فرو می‌ریزند.

با توجه به این نکته که در خرپاها فرض میشود که اعضا در انتهای خود به اعضای دیگر لولا شده‌اند. با مطالعه‌ی سازه‌های شکل 10 - 1 واضح است که خرپای مثلثی نشان داده شده تحت تاثیر نیروی وارد آمده تغییر شکل نمی‌دهد، مگر این که یکی از اعضای آن خم شود یا بشکند. بنابراین شکل مثلثی تنها شکل پایدار خواهد بود.



شکل ۱۰-۱- پایداری شبکه‌های مثلثی






انواع خرپا از نظر شکل

خرپاها به طور کلی به دو دسته ی صفحه ای و فضایی تقسیم بندی می شوند.






فرم پایه ی خرپاهای صفحه ای از سه عضو و سه گره تشکیل می شود. خرپاهای صفحه ای از نظر شکل ظاهری به گونه های متفاوتی ساخته می شوند که

نمونه هایی از آنها را در شکلهای جدول 10-1 و 10-2 ملاحظه میکنید.

جدول 10-1- انواع معمول فرپاهای صفحه ای مورد استفاده در سقفهای شیبدار

شرح	جنس	شکل خرپا	نوع
دهانه حداکثر در حدود ۳۰ متر	معمولاً فولاد، در بعضی موارد چوب		پرات (pratt)
دهانه حداکثر در حدود ۳۰ متر	معمولاً چوب		هاو (Hawe)
معمولاً دهانه به حداکثر در حدود ۲۰ متر محدود می شود	معمولاً فولاد		فینک (Fink)
معمولاً برای سقف مناره ها، سوپر مارکت ها و گاراژها به کار برده می شود و دهانه ممکن است به ۳۰ متر برسد.	معمولاً فولاد		قوسی (Bowst ring)
سمت شیب تند خرپا برای استفاده از نور خارج است که برای یکنواختی به طرف شمال قرار داده می شود و در مواردی به کار برده می شود که وجود ستون های زیاد اشکالی ایجاد ننماید.	چوب یا فولاد		دندانه ای (Saw Tooth)

جدول 10-2- انواع معمول فرپاهای صفحه ای مورد استفاده در سقفهای تخت

شرح	جنس	شکل خرپا	نوع
دهانه حداکثر تا حدود ۶۰ متر	فولاد		پرات (pratt)
در گذشته بسیار مورد استفاده بوده ولی در حال حاضر به ندرت از آن استفاده می شود	چوب یا فولاد		هاو (Hawe)
نوع بسیار معمول دهانه تا حدود ۶۰ متر	فولاد		وارن (Warren)
برای دهانه های بیش از حدود ۱۰۰ متر به کار می رود.	فولاد		بالتیمور (Baltimore)
برای دهانه های بیش از ۱۰۰ متر به کار می رود.	فولاد		خرپای K (K Tauss)

نمونه های سیستم خرپا

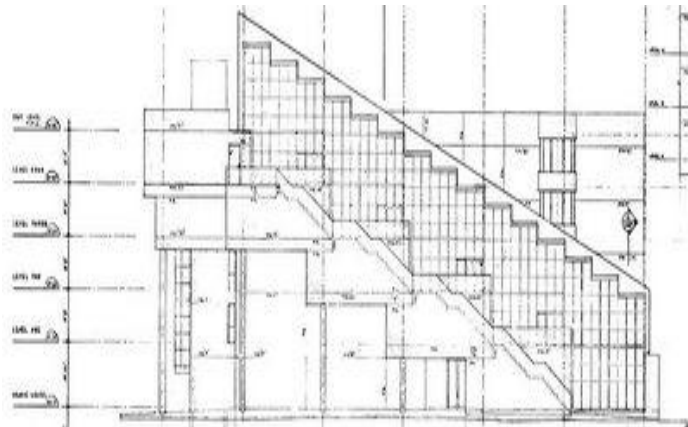
تالار گاند Gund Hall

محل احداث : کمبریج، ماساچوست، مهندس معمار: جان اندروز

هدف طراح استفاده از سیستم های مکانیکی و سازه بام به عنوان ابزار آموزش بوده

قطر میله فوقانی 12 اینچ (3/7 متر) خرپا به وسیله یک اتصال گیردار در بالا و یک اتصال ساده در پایین

اعضای لوله ای شکل برای امکان ساخت ساده تر (در مقایسه با اعضای بال پهن) و سهولت کاربری انتخاب شدند.



ساختمان سنزبری

سازه ساختمان از 37 خرپا در مقطع به مستطیل

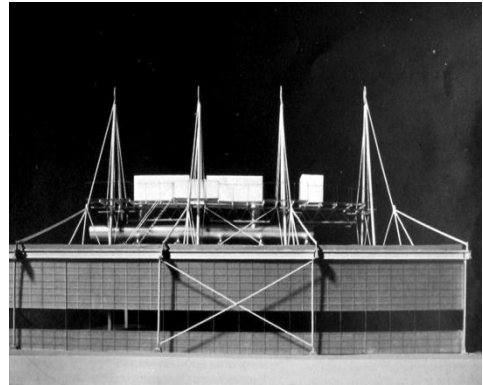
هر خرپا ارتفاع 5/2 متر و 8/1 متر عرض

هر یک با اتصال گیردار در بالای هر ستون خرپای که از زمین طره شده اند متصل هستند



- مرکز تحقیقاتی پت سنتر:

- این مرکز با هدف ایجاد انعطاف پذیری و حداکثر استفاده از فضاهای داخلی طراحی شد. به همین دلیل از یک شبکه وسیع سازه ای فاقد ستون استفاده شد. سیستم های تاسیساتی به صورت مستقیم بر روی قسمت مرکزی ساختمان و قابهای معلقی که از سازه ساختمان آویزان هستند قرار گرفته اند.



خرپای فضایی (فضاکار)

سازه فضاکار یک سیستم خرپای سه بعدی است که دهانه‌های آن در دو جهت گسترش یافته‌اند و اعضای آن فقط تحت تاثیر کشش و فشار قرار دارند. این سازه‌ها از مدول‌های یکسان و تکرار شونده با لایه‌های موازی در بالا و پایین (مشابه میله‌های فوقانی و تحتانی خرپا) تشکیل می‌گردند. سازه فضاکار، به مجموعه سازه‌های مشابهی اطلاق می‌شود که شامل شبکه‌ها، طاقها، برجها، شبکه‌های کابلی، سیستم‌های پوسته‌ای و غشایی، سازه‌های تا شونده و ترکیبات کش بستی می‌شود. این تعریف، یک تعریف ریخت شناسانه از سازه‌های فضا کار است.

یک قاب فضایی یا سازه فضایی، عبارت است از سازه‌ای که از اجزای خرپامانند سبک و محکم تشکیل شده از پایه‌هایی که در یک الگوی هندسی در کنار هم قرار گرفته‌اند. قاب‌های فضایی برای پوشش دادن دهانه‌هایی که تکیه‌گاه کم تعدادی دارند به کار می‌روند. چون در قاب‌های فضایی، همچون خرپاها از مثلث استفاده می‌شود، لنگرهای خمشی، به صورت بارهای کششی و فشاری به اعضای محوری خرپا منتقل می‌گردند که این خود باعث مستحکم بودن قاب‌های فضایی می‌شود.

گاهی از سازه‌های فضاکار در ساخت موتور سیکلت و وسایل حمل و نقل نیز استفاده می‌شود.

سازه پوسته‌ای

پوسته‌سازه‌های نازک با سطح منحنی می‌باشد که بارها را بصورت کشش، فشار و برش به تکیه گاهها منتقل مینماید. سازه‌ها پیوسته‌ای مشابه طاقهای سنتی می‌باشد با این تفاوت که سازه پیوسته‌ای در برابر نیروهای کششی مقاوم می‌باشد. اغلب پوسته‌های معماری از بتن مسلح ساخته شده‌اند همچنین از تخته چندلایی، فلز

پلاستیک های شیشه ای مسلح هم استفاده میشود. پوسته ها به علت شکل منحنی خود مقاومت خوبی در برابر بارهای گسترده یکنواخت در سازه هایی مانند سقف دارند اما مقاومت این نوع سازه به علت نازک بودن، در برابر خمش های ناحیه ای که از طریق بارهای متمرکز تولید شده قابل توجه نمیباشد

انواع پوسته

پوسته های دورانی - پوسته های انتقالی - پوسته های سین کلاستیک و پوسته های آنتی کلاستیک - پوسته های قابل توسعه - پوسته های غیر قابل توسعه.

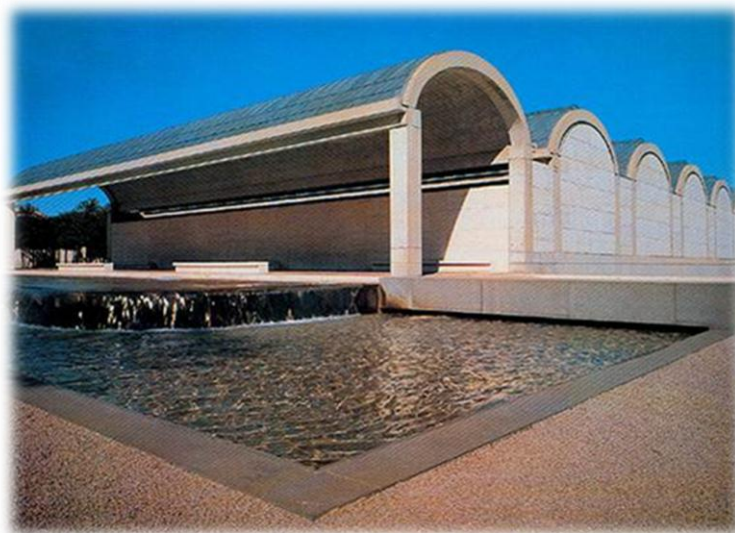
مزایای این سیستم: ایجاد فضایی بدون ستون، زیبایی و جذابیت فرم، عملکرد مناسب در برابر نیروهای زلزله، امکان ترکیب و ایجاد فرمهای متنوع و صرفه جویی در مصرف انرژی است

معایب این سیستم: عدم امکان اجرای طبقات متعدد، عدم استفاده بهینه از فضاها به دلیل شکل دایره ای و عدم مسازگاری با محیط زیست به دلیل استفاده از بتن

نمونه های ساخته شده

موزه کیمب

این موزه (1972: فورث ورث، تگزاس، مهندس معمار لویی کان، مهندس سازه: آکا مدانت) مجموعه ای با استفاده از سازه استوانه ای و کوششی برای پخش نور جهت ایجاد یک اثر واضح و روشن و بی انتهای معماری است. سازه سقف متشکل از 14 پوسته استوانه ای است که دهانه ای به ابعاد $7 * 30.5$ متر را می پوشاند. ضخامت پوسته 10 سانتیمتر و از مقطع به شکل منحنی شبه دایره است. اکثر پوسته ها دارای پنجره سقفی به عرض 9.14 سانتیمتر در مرکز پوسته بریده شده است



کلیسای ارتدوکس یونان

این کلیسای زیبا در سال 1956 توسط فرانک لوید رایت که شهرت جهانی دارد ساخته شده این کلیسا گنجایش 670 نفر را دارد در طبقه اول ورودی و پیلوت قرار دارد و در طبقه دوم یک سالن زیبای در نظر گرفته شده در قسمت غربی این سالن یک تراس طراحی شده سقف سالن با گنبد زیبایی از جنس بتن مسلح

پوسته ای پوشیده شده این گنبد داری قطر 28.6 متر است در زیرگنبد پنجره های قوسی قرار دارد که نور سالن را تامین میکنند طراحی بصورتی انجام شده که انسان تصور میکند که گنبد معلق استوزن سقف گنبد به دیوارهای قوسی بالای پنجره واز آنجا به سقف زیرین و سپس به دیوارها باربر(که دارای ضخامت زیادی هستند و ستون ها وارد میشود طبقه زیرزمین شامل کلاسها و تاسیسات میباشد



ترمینال TWA :

یکی از بناهای زیبای و بی نظیر فرودگاه بین المللی اف کندی در نیویورک است این بنای تاریخی بین سالهای 1956 و 1962 ساخته شده این ساختمان باشکوه که پرنده ایدر حال پروازرا نشان میدهد یکی از کارهای موفق ارو سارینن بشمار میرود شکل دیوارهای مقعر تماشا چیان را بطرف ورودی راهنمایی میکند حجم تندیس گونه این فرودگاه رویائی یاد آور پرنده ایپرگشوده برای پرواز است ع به جرات میتوان گفت طراحی ساختمان بر اساس عملکرد های آن انجام شده هر ساله میلیون ها توریست از این بنای زیبا بازدید بعمل می آورند سقف های پوسته ای زیبای آننظر هر بیننده ای را بخود جلب میکند



ساختارهای غشایی:

نمونه ی این سازه ها در طبیعت تخم مرغ، گردو و سخت پوستانی مثل لاک پشت است.

نکته بسیار مهم در مورد سازه های غشایی این است که آنها همیشه باید در کشش باشند، در غیر این صورت با وزش باد مانند پارچه ای لخت و رها، چین و چروک برداشته و قسمت های مختلف آن، آنچنان به هم کوبیده می شوند که از بین بروند. در سازه های غشایی وجود چروک نشانه عدم وجود کشش، و وجود پارگی نشانه وجود کشش بیش از حد است. تاثیر باد را در طول برپایی سازه های غشایی و تثبیت وضعیت پایداری نهایی آن نباید نادیده گرفت. غشاها ذاتا پایداری مگر آنکه در اثر کماتش تغییر شکل دهند و ناپایدار گردند. اغلب پوسته های معماری از بتن مسلح ساخته شده اند همچنین از تخته ی چند لایه، فلز پلاستیک های شیشه ای مسلح هم استفاده می شود. پوسته ها به علت شکل منحنی خود مقاومت خوبی در برابر بارهای گسترده ی یکنواخت در سازه هایی مانند سقف دارند اما مقاومت این نوع سازه به علت نازک بودن، در برابر خمش های ناحیه ای که از طریق بارهای متمرکز تولید شده قابل توجه نمی باشد. پوسته، سازه ای نازک با سطح منحنی می باشد که بارها را بصورت کشش، فشار و برش به تکیه گاه ها منتقل می نماید.

انواع تکیه گاه ها

بخش دیگری از سازه های غشایی، عناصری هستند که وظیفه ی انتقال بار غشا به زمین را برعهده دارند. این عناصر به طور عمومی تکیه گاه نامیده می شوند. تکیه گاه ها در سازه های چادری به صورت دیرک های خارجی، کابل های معلق از دیرک های خارجی و دیرک های داخلی هستند

سازه های بادی:

سازه های هوای فشرده یا سازه های بادی نیروها را از طریق پوسته هایی با تنظیم داخلی به وسیله هوا منتقل می کند. این سازه ها فقط نیروهای کشش را از طریق سطح پوسته انتقال می دهند. وقتی که پوسته ها یک حجم یا تعدادی از احجام جداگانه را کاملاً احاطه می کنند، می توانند به تنهایی به وسیله فشار داخلی خود پیش تنیده شوند. در این حالت به آن ها سازه های هوایی یا بادی گفته می شود. نمونه این سازه های پوسته ای که شامل یک حجم بسته است را در قایق های پلاستیکی می توان دید.

مزایا و معایب

1- جذابیت و زیبایی، اشکال متنوع، مقاومت و پایداری ذاتی ناشی از اشکال پوسته به لحاظ سهولت اجرا و سرعت برپایی بسیار جذاب می باشند.

2- قالب بندی دشوار و زمانبر این سازه ها از ویژگی های منفی ان هستند.

3- کوتاهی عمر، کم دوامی، آسیب پذیری در مقابل آتش سوزی، بی ثباتی شکل و چروک شدن از کاستی های این نوع پوشش می باشد.

4- انرژی کمتری برای تنظیم شرایط محیط حاصل می شود. مثلا در مناطق گرمسیر با استفاده از این غشاء ها می توان مقدار زیادی از نور خورشید را منعکس کرده و دمای ساختمان را با صرف انرژی کمتری تنظیم نمود و در مناطق سردسیر با بهره گیری از لایه های عایق حرارتی که منعطف و مات می شوند با انرژی کمتری شرایط مطبوع حاصل می شود.

5- می توان بدون هیچ محدودیتی شکل و ساختار سطحی حتی سه بعدی ایجاد کرد. هرچند سازه های غشایی در همه موارد قابلیت جایگزینی برای سقف ها و نماهای ساختمانی را ندارند اما توانایی استفاده شدن به عنوان بخشی از کل ساختمان را برای رفع نیازی خاص بطور حتم دارا هستند.

6- در طول عمر یک بنا استفاده از سازه های غشایی به میزان قابل توجهی مقرون به صرفه می باشد، زیرا ساختن این سازه ها با صرفه جویی در مصالح، کم بودن مدت زمان نصب و هزینه کم تعمیر و نگهداری همراه است.

7- با وجود اینکه مساحت های چند هزار مترمربعی با این سازه ها قابل پوشش هستند، اما با توجه به وزن کم پوسته ها و ویژگی های مکانیکی عالی آنها، حداقل تکیه گاه و ستون مورد نیاز است.

8- ساختار های غشایی اغلب به عنوان پوشش استفاده شده و در فواصل بزرگ می توانند اقتصادی و جذاب باشند.

کلیسای ارتدیسک بشارت یونان

این کلیسا (1956: میلواکی، مهندسی معمار: فرانک لوید رایت) یکی از آخرین کارهای رایت با ظرفیت 670 نفر محل نشستن در جایگاه اصلی می باشد. گنبد با

پوسته ی نازک بتن مسلح در پایه، قطری برابر 28.6 متر دارد و کاملا توخالی است. بخش منحنی با شعاع 60 متر فقط 3.3 متر ارتفاع در بالای پله دارد، ضخامت سازه ی پوسته از 75 تا 100 میلی متر در لبه ها افزایش یافته که برای مقاومت در برابر رانش بیرونی به عنوان حلقه ی کششی عمل می کند. گنبد با یک لایه ی 75 میلی متری که روی بتن پاشیده شده است. پوشش نهایی، کاشی آبی رنگ به ضخامت 50 میلی متر است.

کناره های پوسته روی یک ساقه ی کوتاه عمودی قرار می گیرد که با پنجره ی قوسی شکل برای دسترسی به نور طبیعی باز می شود، گوی ها کره هایی شیشه ای و توپر هستند که درون ساقه ی بتنی سقف قالب گرفته شده اند. به دلیل فاصله ی کم مابین گوی ها، آنها بار وزن گنبد را به تکیه گاه ها توزیع میکنند.

ساقه ی گنبد روی محیط یک گنبد ثانویه که کف تراس را شکل می دهد نگاه داشته می شود. این بخش در اطراف مسلح گردیده و مانند یک حلقه ی کششی عمل می نماید (هدف همان مقاومت در برابر نیروی رانش بیرونی است).

سیستم سازه ای پیش ساخته:

نقاط قوت سیستم تیلت آپ:

بازشو را می توان به سهولت در دیوار بتنی قالب بندی کرد

کاهش ضایعات مصالح و فراورده ها در روند ساخت

کاهش هزینه

پیش ساخته بودن نما

طراحی مدولار

نقاط ضعف سیستم:

ساختمان های کوتاه مرتبه

کاهش میزان اختیار در تعیین ابعاد فضا

امکان ایجاد تورفتگی ها و بیرون زدگی ها در نما نیست

نسبت به سیستم های نوین سنگین است

نیاز به کارگاه بزرگ برای اجرا

امکان تغییر ابعاد قطعات، پس از تولید منتفی است

وجود جرثقیل الزامیست

امکان دسترسی به مدارهای تاسیسات مکانیکی و الکتریکی در دوره بهره برداری وجود ندارد

عدم تامین انتظارات (در صورت عدم استفاده از لایه های ارتجاعی میراگر صوت) در صدابندی کوبه ای

سقف های بین طبقات

سیستم دیوار ها و سقف های بتن مسلح پیش ساخته توخالی (سیستم داموس)

سیستم داموس در دسته بندی سیستم های پیش ساخته بتن مسلح قرار می گیرد. این سیستم متشکل از

دیوارها و سقف های بتن آرمه پیش ساخته توخالی است. در این سیستم، دیوارها علاوه بر تحمل بارهای

مرده و زنده وارده از طریق سقف ها، بارهای جانبی را نیز تحمل می نمایند. قطعات پیش ساخته از کارخانه

به کارگاه منتقل شده و به کمک اتصالات تر (درجا) به هم متصل می شوند. اتصال دیوارها به یکدیگر در

ارتفاع به صورت پیوسته نبوده و تنها از طریق المان های مرزی تعبیه شده در دو انتهای دیوارها صورت می

گیرد. بخش های درجای سیستم شامل شالوده، کلاف های افقی بالای دیوارها در محل اتصال به سقف ها،

کلاف های قائم تعبیه شده در محل تقاطع دیوارها و اعضای مرزی بتن مسلح دو انتهای دیوارها جهت اتصال

دیوارها در ارتفاع می باشد.

* حداکثر طول دهانه سقف ها برابر 5 متر توصیه می شود. افزایش طول دهانه ها با ارائه مدارک و محاسبات

فنی کامل مجاز است.

* منظم بودن ساختمان در پلان و ارتفاع الزامی است.

* رعایت محدودیت نسبت مساحت میلگردهای قائم و افقی به کار رفته در تسلیح لایه های داخلی و

خارجی پیش ساخته، فواصل میلگردها و هم چین کلیه ضوابط مربوط به آرماتوربندی مطابق آئین نامه

EC 8 یا ACI 318-08 و ویرایش های بعد از آن الزامی است.

* کلاف قائم بایه در گوشه های اصلی ساختمان و در طول دیوار، در فاصله محور تا محور حداکثر ۵ متر، در موضع سوراخ ها، همچنین در محل اتصال دیوارها به یکدیگر اجرا شود. سطح مقطع کلاف بتن مسلح درجا، باید از ۴۰۰ سانتی مترمربع کمتر باشد.

* اجرای کلاف های افقی بر روی دیوارهای باربر، محل اتصال سقف به دیوار و پیرامون ساختمان به منظور تأمین یکپارچگی سازه الزامی است. هم چنین عرض و ارتفاع کلاف سقف نباید از ۲۰ سانتی متر کمتر در نظر گرفته شود.

* در تراز هر طبقه، کلاف های افقی مختلف باید، به منظور تأمین یکپارچگی و رفتار شبکه مانند، به هم متصل شوند به گونه ای که کلاف سقف نباید در هیچ جا منقطع باشد.

* لازم است دیوارهای برشی بتن مسلح توپر در هر دو امتداد اصلی و در دو محور جداگانه، جهت تأمین مقاومت برشی لازم در مقابل نیروهای جانبی طراحی و اجرا شوند.

سیستم دیوارهای توپر و سقف های با هسته توخالی بتن مسلح پیش ساخته این سیستم سازه ای، متشکل از دیوارهای توپر بتن مسلح است که بنا به ضوابط و نیازهای معماری پروژه طراحی و تولید می شود. مقطع عرضی این دیوارها ممکن است در طول ارتفاع، با توجه به نیاز به تأمین بازشو و یا طاقچه، متغیر باشد. در دو انتهای دیوارها نیمدایره های توخالی به نحوی تأمین شده است که با قرارگرفتن دو پانل دیواری در کنار یکدیگر امکان تعبیه کلاف را فراهم می کند. سقف این سیستم از نوع سقف های با هسته توخالی بتن مسلح پیش ساخته می باشد و لازم است کلیه ضوابط مربوط به طرح و اجرای آنها مد نظر قرار گیرد.

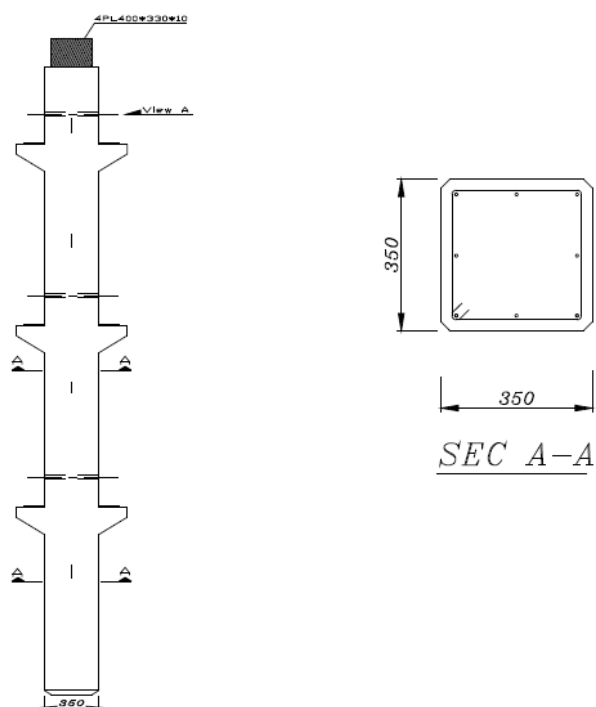
سیستم قاب ساختمانی ساده بتن مسلح پیش ساخته

در این سیستم قاب های بتن مسلح از ستون های پیش ساخته دارای نشیمن کربل و سقف های پیش ساخته تو خالی و تیر های نیمه پیش ساخته که در کارخانه تولید می شوند تشکیل شده است. دیوار های برشی بتن مسلح نیز با توجه به محل هایی که در طراحی پیش بینی شده اند به صورت بتن درجا اجرا می شوند.



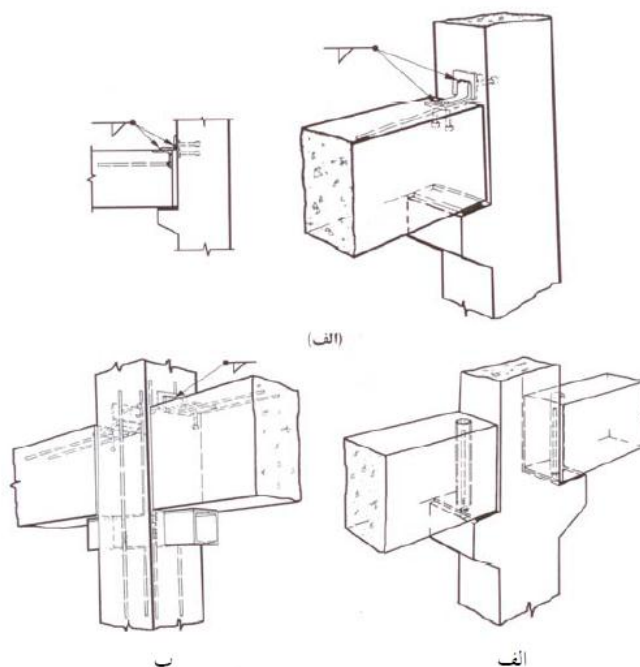
شکل ۱ قاب ساختمانی ساده بتن مسلح پیش ساخته با دیوار برشی بتن مسلح درجا

حداکثر طول ستون بتن مسلح پیش ساخته 12 متر می باشد



شکل ۲ ستون‌های بتن مسلح پیش ساخته دارای نشیمن کربل

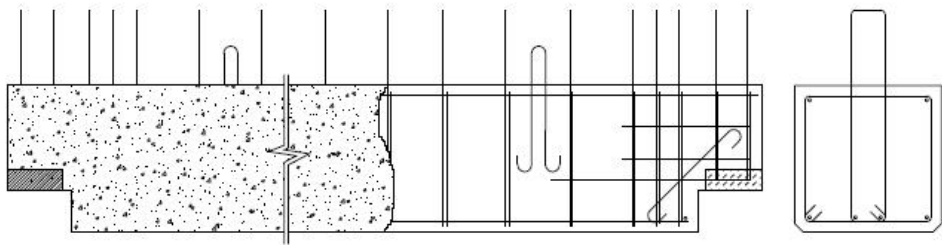
اتصالات ساده تیر به ستون به طور معمول از یک صفحه دارای شاخک فولادی مهار شده در بتن اتصال استفاده می شود



شکل ۷ نمونه‌هایی از انواع اتصالات ساده تیر به ستون پیش ساخته الف- کربل بتنی ب- کربل فولادی

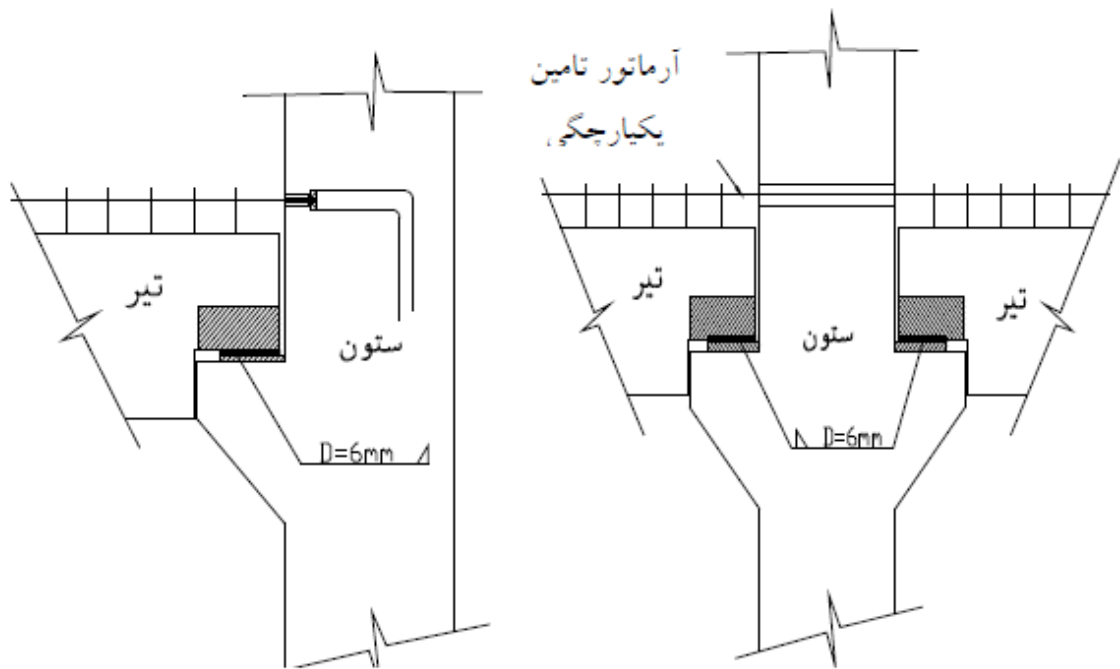


شکل ۸ اتصال ساده تیر نیمه پیش ساخته به کربل در ستون بتن مسلح پیش ساخته



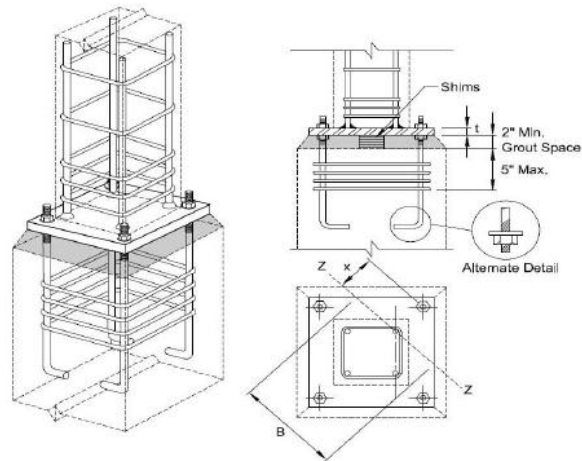
شکل ۹ میل گرد گذاری، نبشی اتصال و قلاب های لازم برای بر پا نمودن تیر نیمه پیش ساخته

شکل شماره ۸ اتصال تیر نیمه پیش ساخته به کربل نشیمن و شکل ۹ نیز نحوه میلگرد گذاری ورق فولادی اتصال و قلاب های را برای بلند نمودن قطعه تیر نیمه پیش ساخته نشان میدهد.

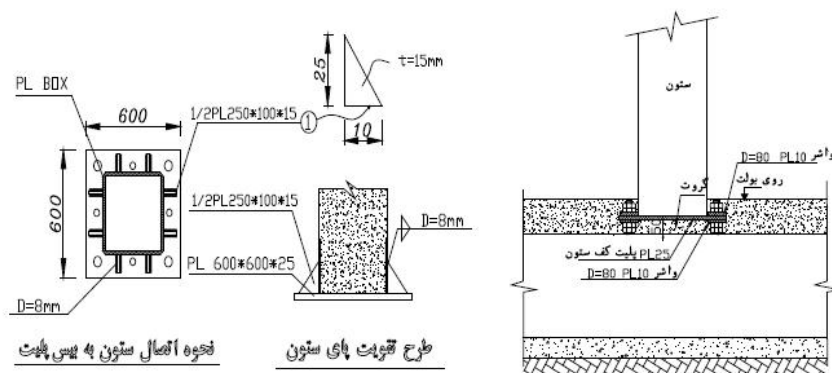


شکل ۱۰ اتصال جوشی تیر نیمه پیش ساخته به کربل در ستون میانی و کناری

اتصال ستون به شالوده:



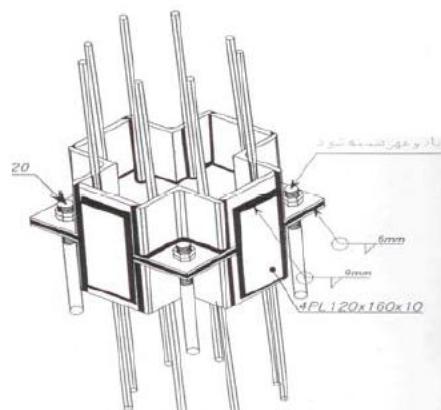
شکل ۱۱ صفحه پای ستون با ابعاد بزرگ تر از ستون پیش ساخته



وصله دو ستون پیش ساخته:

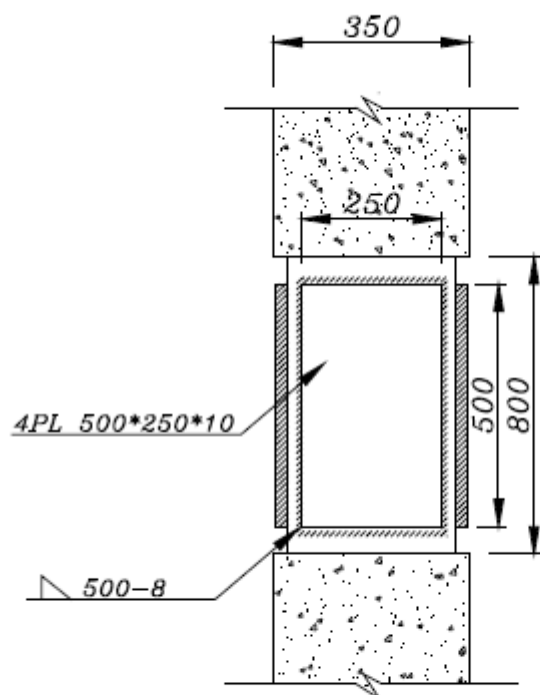
وصله از طریق کفشک فولادی

برای این منظور با اتصال جوشی میلگرد های اصلی ستون پیش ساخته به صفحه ستون در بالا و پایین محل وصله و اتصال دو صفحه ستون تحتانی و فوقانی از طریق پیچ و مهره می باشد.



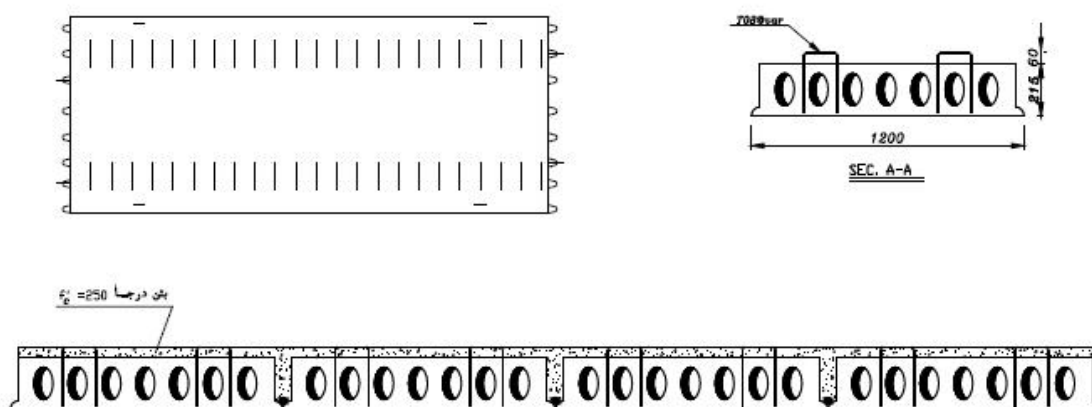
شکل ۱۶ وصله دو ستون از طریق جوش میلگردهای ستون به صفحه زیر ستون . اتصال پیچ و مهره دو

وصله از طریق ستون فولادی با مقطع قوطی: در این روش با ادامه دادن میلگرد های اصلی ستون در داخل قطعه فولادی و جوش دادن آن به جداره داخلی قوطی فولادی و در نهایت پر کردن آن با بتن می باشد.

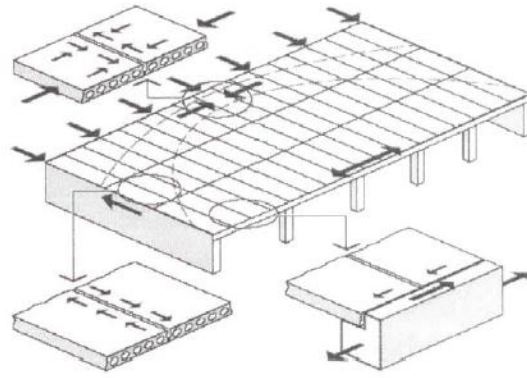


شکل ۱۷ جزییات وصله دو ستون با استفاده از قوطی و ورق فولادی

نمونه ای از سقف پیش ساخته بتنی



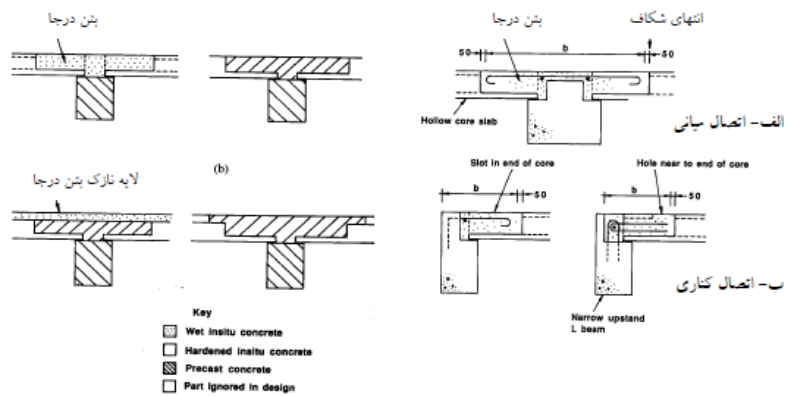
شکل ۴ سقف بتن مسلح نیمه پیش ساخته سوراخدار



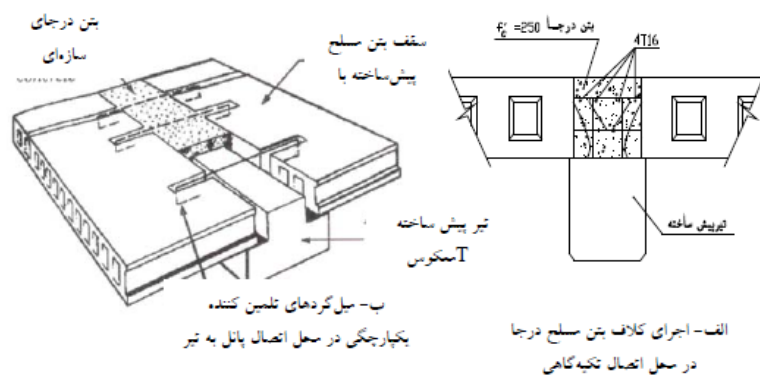
شکل ۱۸ چگونگی توزیع نیرو جانبی در دیافراگم سقف متشکل از پانل‌های بتن مسلح پیش ساخته با هسته



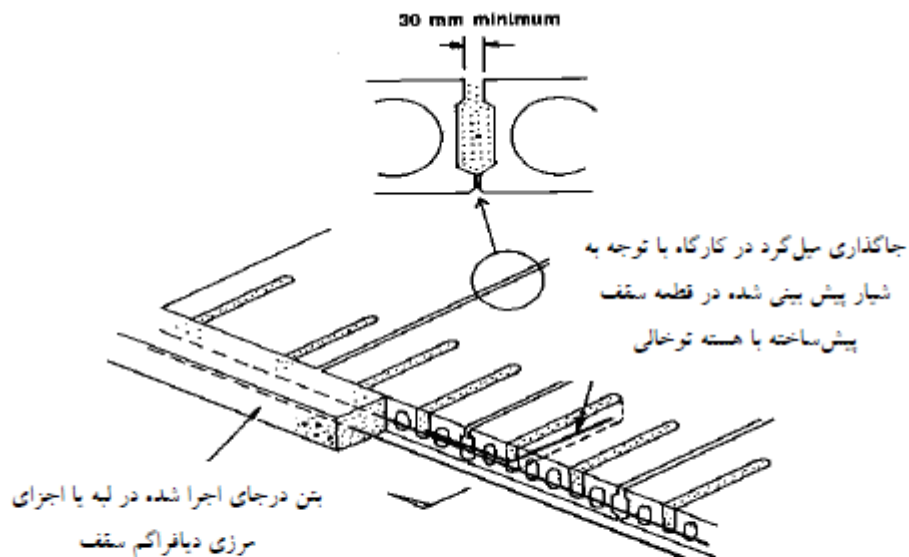
شکل ۱۹ نمونه‌ای از تعبیه فلاپ‌های حلقه‌ای شکل و کلید برشی در پانل‌های سقفی با هسته



شکل ۲۱ جزئیات مربوط به اتصال تکیه‌گاهی سقف با هسته تو خالی به تیر پیش ساخته



شکل ۲۲ جزئیات مربوط به اتصال تکیه‌گاهی (اتصال میانی) سقف با هسته تو خالی به تیر پیش ساخته



شکل ۲۰ جزئیات مربوط به چگونگی ایجاد شیار و میل گرد گذاری لازم جهت تامین یکپارچگی در محل اتصال تکیه گاهی سقف با هسته توخالی به تیر بتن مسلح پیش ساخته

مزایا: قاب ساختمانی هر طبقه در عرض 3 الی 4 روز به اتمام میرسد
 معایب: استفاده از این سیستم سازه ای به عنوان قاب ساختمانی ساده بتن مسلح پیش ساخته در کلیه پهنه های لرزه خیز کشور مطابق استاندارد 2800 ایران مجاز می باشند استفاده از این سیستم در فقط در مناطق با پهنه بندی لرزه خیزی کم و متوسط کشور مجاز است