

۱

۱-۲-۱

مبانی انتخاب سازه



۱-۲-۱ - مبانی انتخاب سازه

مقدمه

۲

سازه عبارت است از سیستم باربری که بارها و نیروهای ناشی از وزن و وسایل و تاسیسات و سایر بارهای زنده را جذب نموده و به زمین انتقال دهد. بطور کلی این سازه باید قادر باشد که بار مرده و سربارهای زنده و همچنین نشستهای مجاز پی را در حد الاستیک و بدون ایجاد تغییر شکلها تحمل نماید.

بارهایی که در طراحی باید مورد نظر قرار گیرند شامل بارها یا عوامل زیر می باشند:

الف- عوامل مستقیم مانند بارهای مرده، بارهای زنده، فشار ناشی از خاک یا مایعات، اثر باد و نظایر این دارد.

ب- عوامل غیر مستقیم مانند اثر زلزله، ارتعاشات، تغییرات دما، نشست تکیه گاهها

ج- عوامل حین ساخت مانند وزن داربست، قالب بندی و بتن ریزی طبقات

در مورد بارهایی مانند زلزله و باد لازم است، سازه مورد نظر زلزله های با شدت کم را بدون خسارت تحمل کند و انتظار می رود که تنشهای ایجاد شده در چنین زلزله هایی مکرر ولی کوچک و در حد ارتجاعی باقی بماند. در زلزله های با شدت متوسط، خسارتی سازه ای کم اهمیت بوده و مقدار خسارت وارده مختصر و قابل تعمیر است ولی سازه، در زلزله های بزرگ و ویران کننده را می بایست بدون فرو ریختن ساختمان لرزش ها را تحمل نماید. عبارت دیگر هیچگونه خطر جانی نباید برای ساکنین ساختمان بوجود آورد اما در این مرحله ایجاد تغییر شکلها و ترکهای بزرگ قابل پیش بینی می باشد و سازه در محدوده پلاستیک مواد مقاومت خواهد کرد. معیارهای فوق برای رفتار سازه ها فقط آثار ناشی از حرکت و ارتعاش زمین را در نظر می گیرد و اثرهای منفی ناشی از لغزش و نشست خاک و گسلهای فعال در مجاورت سازه را که ممکن است همراه یک زلزله باشد در نظر نمی گیرد، بدیهی است که در یک طرح صحیح و منطقی هدف باید به حداقل رساندن اثرهای ناشی از همه عوامل فوق باشد.

لحاظ نمودن شاخص خرابی لرزه ای در ساختمانهای با اهمیت زیاد باعث در نظر گرفتن نحوه خرابی و راهکارهای علاج بخشی آن می-گردد. شاخص خرابی در دهه اخیر مورد توجه محققین قرار گرفته است. این شاخص در دو حالت کیفی و کمی راهگشای مسائل لرزه ای میباشد. با انتخاب مناسبترین رابطه برای تعیین شاخص خرابی در پروژه های اینچینی می توان مدل دقیقی از نحوه تخریب و آسیب دیدن سازه برای مجریان و پیمانکاران ترسیم نمود. از این طریق راهکار مناسبی جهت طراحی صحیح این گونه سازه ها بر اساس ظرفیت عملکرد آنها حاصل می شود.

اصولاً سازه در نظر گرفته شده در طرح بایستی همراه با حصول ایمنی کافی در امر ایستادگی در مقابل بارهای عادی و فوق العاده بوده و شرایط اقلیمی و دیدگاههای اقتصادی در انتخاب سازه مناسب از اهمیت بالایی برخوردار است. که در این راستا باید به موارد زیر توجه گردد.

الف- امکان بهره برداری در رابطه با طرح اصلی

ب- اقتصادی بودن اجرای سازه چه از نظر مصالح مصرفی و امکانات تهیه آنها و چه از نظر کاربرد نیروهای فنی در رابطه با اجرای سازه

ج- سرعت اجرا بدین معنی که نوع سازه انتخاب شده با توجه به امکانات محلی چه از نظر نوع مصالح و چه از نظر تخصصهای اجرایی و همچنین نحوه و سیستم اجرا از حداقل زمان اجرا برخوردار باشد.

د- هماهنگی با تاسیسات و عدم اختلال در اجرای تاسیسات حرارتی، برودتی و الکتریکی.

ه- ایمنی که یکی از ارکان اصلی انتخاب نوع سازه می باشد باید در گزینه نوع آن از حداکثر درجه برخوردار باشد.

و- امکان حداکثر استفاده از مصالح موجود در محل و سهل الوصول بودن آنها

ز- هماهنگی لازم با طرح و هدف اصلی بنا در حد بهینه آن

۱-۲-۱-۱ - انواع سازه ها

انواع سازه بطور کلی شامل موارد ذیل می باشند :

الف- مصالح بنایی: که شامل دیوارهای باربر اعم از سنگ و آجر و بلوک سیمانی و غیره هستند.

ب- فلزی: که شامل اجرای درجا و همچنین بصورت پیش ساخته می باشد.

ج- بتنی: که شامل اجرای درجا و پیش ساخته و نیمه پیش ساخته می باشد و در هر سه نوع آنها فولاد و بصورت مسلح اجرا شوند.

۱-۲-۱-۲ - سیستم سازه از نظر عملکرد

در این رابطه سازه به انواع زیر مشخص می گردد:

الف- دیوار باربر که می تواند بصورت دیوار بتنی و برشی با مصالح بنایی مسلح باشد.

ب- قاب فضایی ساده که توسط دیوار برشی بتن آرمه و یا سیستمهای بادبندی شده و یا اینکه دیوارهای برشی از مصالح بنایی مسلح در مقابل نیروهای افقی مانند باد و زلزله مقاوم می گردد.

ج- قاب فضایی خمشی که می تواند بصورت فولادی و یا بتن آرمه طرح گردد.

د- سیستمهای مختلط قاب خمشی و دیوار برشی یا بادبند که در این سیستم قاب خمشی می تواند با دیوار برشی بتن آرمه و یا بادبند همراه باشد.

۲-۲-۱

مراجع و آئین نامه ها

۱-۲-۲- مراجع و آئین نامه ها

الف- کلیه بارهای وارده به سازه بجز بارهای ناشی از زلزله بر اساس ضوابط مقررات ملی ساختمان مبحث ششم تعیین می شوند. در این مبحث حداقل بارهایی را که باید در طراحی ساختمانها و سازهها مورد استفاده قرار گیرند تعیین می‌گردد. این بارها شامل بارهای ثقلی مرده ، زنده ، بارهای ناشی از برف و بارهای ناشی از فشار خاک و آب می‌باشند.

ب- بارهای ناشی از زلزله براساس ضوابط استاندارد شماره (۲۸۰۰) ایران تحت عنوان آئین نامه طرح ساختمانها در برابر زلزله تعیین می شوند. هدف این آیین‌نامه، تعیین حداقل ضوابط و مقررات برای طرح و اجرای ساختمانها در برابر اثرهای ناشی از زلزله است به طوریکه با رعایت آن با حفظ ایستایی ساختمان در زلزله‌های شدید، تلفات جانی به حداقل برسد و نیز ساختمانها در برابر زلزله‌های خفیف و متوسط بدون وارد شدن آسیب عمده سازه‌ای قادر به مقاومت باشد.

ج- طراحی سازه (با توجه به فلزی بودن اسکلت سازه مورد بحث) بر اساس آیین‌نامه مقررات ملی ساختمان مبحث دهم (طرح و اجرای ساختمانهای فولادی (۱۳۸۷)) و آیین‌نامه (۲۰۰۵) AISC صورت می‌گیرد. در این آیین‌نامه‌ها روش طراحی براساس روش تنشهای مجاز می‌باشد. در دتایل جزئیات از آیین‌نامه IPS استفاده می‌گردد.

د- طراحی فونداسیون براساس آیین‌نامه مقررات ملی ساختمان مبحث نهم (طرح و اجرای ساختمانهای بتن آرمه (۱۳۸۵)) و آیین‌نامه (۹۹) ACI صورت می‌گیرد. و موارد اجرایی از مشخصات فنی عمومی کارهای ساختمانی نشریه (۵۵) استخراج می‌گردد که در آن مبنای طراحی سازه‌ها برای حصول ایمنی و قابلیت بهره‌برداری، بررسی و کنترل آنها در حالت‌های حدی می‌باشد. روش کلی طراحی مبتنی بر جنبه‌های احتمالاتی است که با اعمال ضرایب جزئی ایمنی به مقادیر مشخصه بارها و آثار موثر بر سازه طبق مبحث ششم مقررات ملی ساختمان و مقادیر مشخصه مقاومت‌های بتن و فولاد در محاسبه منظور می‌شوند.

۱-۲-۳

بارگذاری

۱-۲-۳- بارگذاری

سازه ای که بتواند در مقابل بارهای وارده در طول عمر خود به گونه ای مطمئن ایستا بوده و تغییر شکلهای آن نیز تحت بارهای مذکور در حدود مطلوبی باقی بماند یک سازه مطلوب می باشد. نخست باید بارهای وارده به آن را با توجه به ویژگیهای بهره برداری و مشخصات معماری تعیین نمود. بارگذاریهای انتخابی در این طرح به نحو زیر انتخاب و استفاده شده اند:

۷

۱-۲-۳-۱- بارگذاری ثقلی:

الف) بارهای مرده: عبارتست از وزن اجزای دائمی ساختمان که اثرات آنها ثابت بوده مانند وزن تیرها، ستونها، کفها، دیوارها، بامها، راه پله، تیغهها و وزن تجهیزات و تأسیسات که در محاسبات سازه ای، وزن واحد حجم مصالح بکاررفته در ساختمان از جداول آئین نامه مقررات ملی ساختمان مبحث ششم استخراج می گردد.

ب) بارهای زنده: عبارتند از بارهای غیردائمی که در حین استفاده و بهره برداری از ساختمان به آن وارد می شوند. این بارها شامل بار ناشی از برف، باد یا زلزله نمی شوند. بارهای زنده با توجه به نوع کاربری ساختمان و یا هر بخش از آن، و مقداری که احتمال دارد در طول عمر ساختمان به آن وارد گردد، تعیین می شوند.

۱-۲-۳-۲- بار زلزله:

همانطور که می دانیم کشور ما در شمار کشورهای زلزله خیز دنیا به شمار می رود و در آن زلزله، ویرانیهای بسیاری بدنبال خود داشته است. بنابراین همواره احتمال بروز زلزله در قسمتهای مختلف کشور وجود دارد. لذا طراحی سازه ها جهت مقابله در برابر نیروی زلزله از اهمیت خاصی برخوردار است. به همین منظور برای بارگذاری زلزله از آئین نامه طراحی ساختمانها در برابر زلزله یعنی نشریه شماره ۲۵۳ مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن (استاندارد ۲۸۰۰) استفاده خواهد شد.

برای محاسبه نیروی زلزله در ساختمانها می توان از شرایط مندرج در آئین نامه ۲۸۰۰ استفاده نمود. ساختمانهای منظم با ارتفاع کمتر از ۵۰ متر، ساختمان های نامنظم تا ارتفاع ۱۸ متر، ساختمان هایی که در آنها سختی جانبی قسمت فوقانی به طور قابل ملاحظه ای کمتر از سختی جانبی قسمت تحتانی نباشد و ... می توان جهت محاسبه نیروی زلزله از روش های استاتیک معادل استفاده نمود. روش های تحلیل دینامیکی را می توان در مورد کلیه ساختمان ها بکار برد، ولی به کار گیری آنها برای سازه هایی که مشمول بند های فوق نمی باشند الزامی است. در موارد خاصی سعی می گردد که با تعبیه درز انقطاع بی نظمی در پلان ساختمان تا حدودی رفع شود و در نتیجه نیروها و تنشهای ناشی از انبساط و انقباض طولی ساختمان و نیز نیروی زلزله را تقلیل و متعادل نماید. عرض این درزها باید حداقل برابر ۱/۱۰۰ ارتفاع ساختمان باشد.

جهت تحلیل سازه این ساختمان از روش تحلیل استاتیکی معادل استفاده خواهد شد که در آن نیروی جانبی زلزله به صورت استاتیکی رفت و برگشتی به سازه اعمال می شود. حداقل نیروی برشی پایه به پارامترهایی چون وزن کل ساختمان و (شامل بار مرده و وزن تأسیسات و درصدی از بار زنده و برف)، شتاب مبنای طرح، ضریب بازتاب ساختمان (که با استفاده از طیف بازتاب طرح بدست می آید)، ضریب اهمیت ساختمان و ضریب رفتار ساختمان وابسته می باشد.

شتاب مبنای طرح: نسبت شتاب مبنای طرح در مناطق مختلف کشور، براساس میزان خطر لرزه خیزی آنها تعیین می شود که سازه مورد نظر با توجه به قرارگیری در پهنه با خطر نسبی متوسط برابر با ۰.۲۵g می باشد.

ضریب بازتاب ساختمان: که بیانگر نحوه پاسخ ساختمان به حرکت زمین می باشد و وابسته به نوع زمین و میزان خطر لرزه خیزی منطقه می باشند. نوع زمین باید بوسیله انجام آزمایش ژئوتکنیک تعیین گردد.

ضریب اهمیت ساختمان: این ضریب با توجه به طبقه بندی ساختمان از نظر اهمیت با توجه به موارد مندرج در آئین نامه ۲۸۰۰ تعیین می گردد. ضریب اهمیت سازه ساختمان مورد بحث با توجه به تقسیم بندی آئین نامه (۲۸۰۰)، معادل ۱ در نظر گرفته می شود.

ضریب رفتار: ضریب رفتار ساختمان در بر گیرنده آثار عواملی از قبیل شکل پذیری، درجه نامعینی و اضافه مقاومت موجود در سازه است. این ضریب با توجه به نوع سیستم باربر سازه طبق جدول (۳-۱) تعیین می گردد. مقادیر این جدول برای سازه هایی که با روش های تنش های مجاز طراحی می شوند، تنظیم شده است. برای سازه هایی که با روش های حدی یا مقاومت طراحی می شوند، مقادیر نیروهای حاصل از این جدول باید مطابق الزامات آن روش افزایش داده شوند.

جدول (۲-۱). مقادیر ضریب رفتار ساختمان، R، با حداکثر ارتفاع مجاز ساختمان H_m

Hm (متر)	R	سیستم مقاوم در برابر نیروهای جانبی	سیستم سازه
۵۰	۷	۱- دیوارهای برشی بتن مسلح ویژه	الف- سیستم دیوارهای باربر
۵۰	۶	۲- دیوارهای برشی بتن مسلح متوسط	
۳۰	۵	۳- دیوارهای برشی بتن مسلح معمولی	
۱۵	۴	۴- دیوارهای برشی با مصالح بنایی مسلح	
۵۰	۸	۱- دیوارهای برشی بتن مسلح ویژه	ب- سیستم قاب ساختمانی ساده
۵۰	۷	۲- دیوارهای برشی بتن مسلح متوسط	
۳۰	۵	۳- دیوارهای برشی بتن مسلح معمولی	
۱۵	۴	۴- دیوارهای برشی با مصالح بنایی مسلح	
۵۰	۷	۵- مهاربندی برون محور فولادی [۵]	
۵۰	۶	۶- مهاربندی هم محور فولادی [۱]	
۱۵۰	۱۰	۱- قاب خمشی بتن مسلح ویژه [۲]	پ- سیستم قاب خمشی
۵۰	۷	۲- قاب خمشی بتن مسلح متوسط [۲]	
-	۴	۳- قاب خمشی بتن مسلح معمولی [۲] و [۳]	
۱۵۰	۱۰	۴- قاب خمشی فولادی ویژه [۱]	
۵۰	۷	۵- قاب خمشی بتن فولادی متوسط [۵]	
-	۵	۶- قاب خمشی فولادی معمولی [۳] و [۴]	
۲۰۰	۱۱	۱- قاب خمشی ویژه (فولادی یا بتنی) + دیوارهای برشی بتن مسلح ویژه	ت- سیستم دوگانه یا ترکیبی

۷۰	۸	۲- قاب خمشی بتنی متوسط + دیوارهای برشی بتن مسلح متوسط
۷۰	۸	۳- قاب خمشی فولادی متوسط + دیوارهای برشی بتن مسلح متوسط
۱۵۰	۱۰	۴- قاب خمشی فولادی ویژه + مهاربندی برون محور فولادی
۱۵۰	۹	۵- قاب خمشی فولادی ویژه + مهاربندی هم محور فولادی
۷۰	۷	۶- قاب خمشی فولادی متوسط + مهاربندی برون محور فولادی
۷۰	۷	۷- قاب خمشی فولادی متوسط + مهاربندی هم محور فولادی

۱- ۲-۳-۳- بار باد:

ساختمان ها و سازه ها و کلیه اجزاء و پوشش های آن ها باید برای اثر ناشی از باد ، بر اساس ضوابط مندرج در مبحث ششم مقررات ملی ساختمان (بار های وارد بر ساختمان ها) طراحی و ساخته شوند. مقدار فشار حاصل از باد باید با توجه به حداکثر سرعت باد در منطقه جدول (۲-۳) ، ارتفاع و شکل هندسی ساختمان ها، شیب سطح بادگیر و میزان حفاظتی که موانع مجاور برای آن ها در مقابل باد ایجاد می کنند و بالاخره تابع چگالی هواست، که با افزایش ارتفاع و درجه حرارت نقصان می یابد.

برای تعیین اثر ناشی از باد، باید فرض شود که باد به صورت افقی و در هر یک از امتدادها به ساختمان اثر می نماید. در طراحی کافی است اثر باد در دو امتداد عمود بر هم ، ترجیحاً در امتداد محور های اصلی ساختمان ، و به طور غیر همزمان بررسی شود.

در طراحی اعضای سازه اثر ناشی از بار باد با بار زلزله جمع نمی شود. کلیه اعضای سازه باید برای اثر هر یک از این دو که بیشتر باشد طراحی شوند. نظر به اینکه سازه ساختمان مورد نظر سازه ای سبک می باشد ، بار باد نسبت به بار زلزله از اهمیت بیشتری برخوردار است

جدول (۲-۲). فشار باد بر حسب ارتفاع ترازهای مختلف

فشار مبنا بر حسب کیلوگرم بر مترمربع	سرعت باد			ارتفاع از سطح زمین
	بر حسب کیلومتر در ساعت	بر حسب متر در ثانیه	بر حسب گره دریایی در ساعت	
۷۵	۳۴/۷	۱۲۵	۶۷/۵	تا ارتفاع ۱۰ متر
۱۰۰	۴۱/۱	۱۴۸	۸۰	از ارتفاع ۱۰ تا ۲۰ متر
۱۳۵	۴۶/۳	۱۶۷	۹۰	از ارتفاع ۲۰ تا ۱۰۰ متر

از ۱۰۰ متر به بالا هر ۳۰ متر ارتفاع مازاد بر ۱۰۰ متر، فشار مبنا به میزان ۱۲/۵ کیلوگرم بر مترمربع افزوده می گردد

۱۰

۴-۲-۱

انتخاب سیستم سازه باربر

۱-۲-۴- انتخاب سیستم سازه باربر

انتخاب بهترین و مناسبترین سیستم سازه باربر یکی از اساسی ترین مراحل مطالعات و محاسبات سازه ساختمان می باشد. سازه یک ساختمان باید دارای آنچنان خصوصیات فنی باشد که جوابگوی کلیه نیازهای پروژه به قرار ذیل باشد:

۱۱

- مقاومت کافی در مقابل نیروهای ثقلی و جانبی ناشی از باد و زلزله
- ایمنی
- محدود بودن تغییر شکلها و حرکت جانبی و کارآیی مطلوب تحت تاثیر بارهای عادی
- حفظ معماری و فضاهای مورد نیاز متناسب و هماهنگ با سازه در حد امکان
- حفظ جنبه های اقتصادی پروژه
- لحاظ نمودن امکانات اجرایی، سهولت و سرعت کار

همچنین سختی ، یکی از فاکتورهای مهم طرح می باشد، سختی سازه اساساً به نوع سیستم و هندسه ساختمان بستگی دارد. بعلاوه بازده اقتصادی هر سیستم به مقدار مصالح مصرف شده و کیفیت آن ارتباط تنگاتنگ دارد. بنابراین بهینه کردن سیستم سازه برای شرایط هندسی و فضایی یعنی با حداقل وزن و تامین سختی متناسب با ساختمان در کنار ایمنی سازه جزء اصول و اساس طراحی سازه می باشد و در واقع هنر اصلی طراحی تامین همه جانبه نیازهای فوق الذکر است زیرا از طرفی سخت کردن بیش از حد سازه باعث بالا رفتن ضریب زلزله و در نتیجه افزایش نیروهای جانبی و از طرف دیگر نرم کردن بیش از حد سازه باعث افزایش ناپایداری دینامیکی ساختمان می گردد.

۱-۲-۴-۱- سیستم متشکل از قاب مفصلی و خرپا

خرپاها از جمله ساده ترین اعضای باربر سازه ها هستند که در کل به عنوان اعضاء خمشی عمل نموده و در سقف ها ، پل ها ، و سازه های هوا فضا مورد استفاده قرار می گیرند. در این گونه سازه ها به علت عدم وجود نیروی برشی و لنگر خمشی در تک تک اعضاء، سطح مقطع هر یک از اعضاء کاهش یافته و در مجموع وزن کل سازه کاهش می یابد. نکته دیگر اینکه خرپاها جهت باربری، بارهای خمشی و برشی را به نیروهای محوری تبدیل می نمایند و بدین منظور ، افزایش ارتفاع سازه جهت تامین بازوی مقاوم در برابر نیرو های خمشی و برشی الزامی است .



شکل (۱-۲). سیستم قاب مفصلی و خرپا

امروزه خرپاها به صورت گسترده ای در انواع سازه ها کاربرد دارند. از دلایل استفاده گسترده خرپاها در امر ساخت وساز می توان به موارد ذیل اشاره نمود.

- ایجاد استحکام متناسب با نیاز طراحی
- امکان پرهیز از عیوب ذاتی سازه های تیرورقی در خرپاها
- امکان طراحی و اجرای سازه هایی با ابعاد بزرگ و بسیار قابل توجه
- فونداسیون سبک تر در قیاس با سازه هایی مشابه تیرورق
- سبکی قابل توجه سازه
- ایمنی زیاد در برابر عوامل مخرب محیطی همچون زلزله (به دلیل نسبت استحکام به وزن بالا)
- انعطاف پذیری زیاد
- توانایی اجرای سازه هایی با اشکال متنوع
- امکان استفاده از پرفیل های متنوع در ساخت خرپا

۱۲



شکل (۲-۲). سیستم قاب مفصلی و خرپا

انواع خرپا را در یک تقسیم بندی ساده می توان به گونه های زیر تقسیم نمود:

۱- خرپای دوبعدی: در این دسته خرپاها تمامی اعضای خرپا را می توان در یک صفحه جای داد . این بدان جهت است که از لحاظ هندسی اختلاف بعدی در نحوه قرارگیری و جهت گیری اعضا وجود ندارد. بسیاری از طرح های کلاسیک خرپا در این دسته جای می گیرند.

۲- خرپای سه بعدی (فضایی): این دسته از خرپاها همانطور که در بخش بعد اشاره می شود برخلاف خرپای دو بعدی شامل شبکه ای از اعضا و اتصالات اند که روی حجمی را در برگرفته و در امتداد هر سه محور مختصات امتداد یافته اند.

۳- خرپای چندگانه (ساندویچی): در این گونه از خرپاها معمولاً لینک های وسط به صورت تکی و لینک های بالا و پایین به صورت دو گانه یا چند گانه طراحی می گردند.

۱-۲-۴-۲- سیستمهای سازه فضا کار (خرپای سه بعدی)

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 اتصالیاتی که هر روز بر انواع آنها افزوده می شود تشکیل می شود.

۱۳

جنس المانهای طولی متنوع بوده و بسته به نوع مصرف آنها متغیر خواهد بود ولی معمولاً از نوع پلاستیک و پروفیل فولاد و آلومینیوم استفاده می شود. به عنوان نمونه هایی از این نوع سازه ها در ایران، پوشش مرقد مطهر امام و سقف چند غرفه نمایشگاه بین المللی تهران را می توان نام برد.

این سازه ها اصولاً رفتار سه بعدی دارند، به طوریکه به هیچ ترتیبی نمی توان رفتار کلی آن را با استفاده از یک یا چند مجموعه مستقل دوبعدی تقریب زد. سازه های فضاکار در اشکال بسیار متنوعی ساخته می شوند که مهمترین آنها عبارتند از: شبکه های مسطح دو یا چند لایه، چلیک ها، گنبد ها و قوس .

الف) 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 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 دو لایه از دو صفحه موازی که به وسیله عناصری به هم متصل گردیده اند تشکیل می شوند.

زمانی که اعضاء در شبکه دو لایه طویل شوند برای جلوگیری از خطر کمانش کردن از شبکه های سه لایه استفاده می شود. شبکه های دو و چند لایه برای دهانه های ۲۰ متری الی ۱۲۰ متری بطور معمول مورد استفاده قرار می گیرد. با این شبکه ها می توان فضای زیادی را بدون قرار دادن ستونهای میانی پوشش داد؛ ولیکن باید سعی نمود که ستونها کمتر حذف گردند زیرا با حذف ستونها هزینه سازه بیشتر می گردد و سازه طراحی شده غیر اقتصادی می گردد و با توجه به اینکه نیمی از هزینه های سازه های فضاکار را پیوندها تشکیل می دهند این نوع سازه ها اغلب غیر اقتصادی است. نکته دیگری که در طراحی شبکه های دو لایه و اکثر سازه های فضاکار باید در نظر گرفت این است که برای توزیع بهتر نیرو و کششی شدن آن، ستون ها در داخل شبکه قرار گیرند و ستون به چند گره متصل شود و بهتر است برای توزیع منظم نیرو در سازه، در اطراف کنسول داشته باشیم.



شکل (۲-۳). شبکه های تخت

ب) چلیک: 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 بعضاً 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 ها باید در نظر گرفت این است که انتهای چلیک باید قوی باشد و این تقویت را می شود به وسیله تیر، تیر و ستون و شکل خورشید مانند انجام داد.

۱۴



شکل (۲-۴). چلیک

ج) گنبد ها: اگر شبکه ای در دو جهت دارای انحنا باشد، گنبد نامیده می شود. شاید رویه یک گنبد بخشی از یک کره یا یک مخروط یا اتصال چندین رویه باشد. گنبدها سازه هایی با صلبیت بالا می باشند و برای دهانه های بزرگ تا ۲۵۰ متر مورد استفاده قرار می گیرند. ارتفاع گنبد باید بزرگتر از ۱۵٪ قطر پایه گنبد باشد.



شکل (۲-۵). گنبد

۱-۲-۴-۳- سیستم قابهای صنعتی با مقطع متغیر

از قابهای صنعتی به صورت یک یا چند دهانه و عموماً یک طبقه با سقفهای شیبدار برای پوشش دهانه‌های بزرگ در کارخانجات صنعتی، کشاورزی، انبارها، تعمیرگاهها، پارکینگ، آشیانه‌های هواپیما و سالنهای ورزشی استفاده می‌شود. در سالهای نه چندان دور برای پوشش دهانه‌های بزرگ در ساختمانهای مورد اشاره از سازه‌هایی به صورت خرپا استفاده می‌شد، لیکن امروزه استفاده از قابهایی با مقطع متغیر و اتصالات ممان‌گیر در ساخت این چنین سازه‌هایی بسیار متداول است.

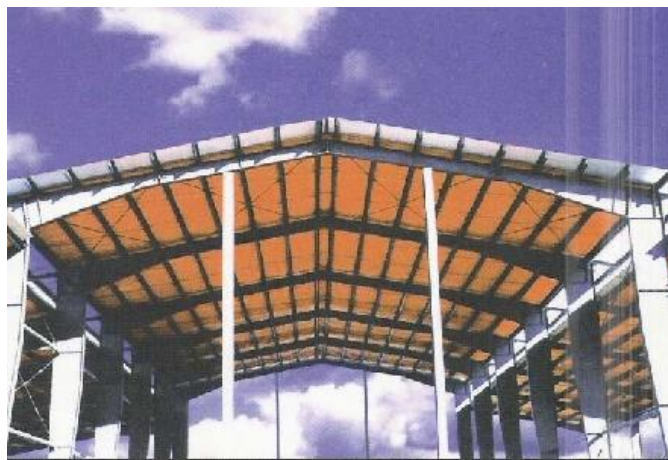
۱۵

استفاده از اعضاء با مقطع متغیر در قابهای صنعتی شیبدار این امکان را فراهم می‌کند که در محل‌هایی که دارای لنگرهای خمشی زیادتری هستند، ممان اینرسی بیشتر و در نتیجه اساس مقطع بزرگتری وجود داشته باشد. هرچند برای قابهای صنعتی می‌توان از نیمرخهای نورد شده موجود در بازار استفاده کرد، لیکن ساخت این قابها به کمک ورق‌های فولادی امکان داشتن اعضایی با مقطع متغیر را بهتر فراهم می‌آورد. سطح مقطع قابهای صنعتی عموماً به شکل A هستند که در آنها ابعاد بال در طول عضو ثابت ولی ارتفاع جان بسته به اندازه لنگر خمشی عضو متغیر در نظر گرفته می‌شود.



شکل (۲-۶). سیستم قابهای صنعتی با مقطع متغیر

سقف قابهای صنعتی می‌تواند به صورت مستقیم و شیبدار و یا به صورت قوسی اجرا شود. گوشه‌های قابهای صنعتی در محل اتصال تیرها به ستون و نیز رأس قابها می‌توانند دارای اتصالاتی بصورت ماهیچه‌های خطی یا ماهیچه‌های منحنی شکل با مقطع متغیر باشند. در این سیستم قاب فولادی معمولاً از اعضایی با مقطع متغیر و دارای اتصالات صلب خمشی تشکیل می‌شود. این اعضا به صورت توأم تحت تأثیر نیروی محوری، نیروی برشی و لنگر خمشی قرار دارند.



شکل (۲-۷). سیستم قابهای صنعتی با مقطع متغیر

به قابهای صنعتی با مقطع متغیر سوله نیز گفته می شود. فاصله قاب های صنعتی متناسب با طول ساختمان ، میزان بار وارده بر آن با توجه به تغییرات درجه حرارت محیط، وجود درزهای انبساط و نیز لایه های موجود و طول دهانه آن تعیین می شود. در ساختمان های صنعتی که طول دهانه آن بیش از ۳۰ متر است فاصله قاب ها را ۱/۵ تا ۱/۶ طول دهانه در نظر می گیرند. معمولاً با توجه به طول ۶ متری لایه ها فاصله قاب ها از یکدیگر در طول ساختمان ۶ متر در نظر گرفته می شود. محاسبه و طراحی قاب های انتهایی در یک ساختمان صنعتی معمولاً به گونه ای انجام می گیرد که امکان توسعه و گسترش ساختمان در جهت طولی وجود داشته باشد.

در ادامه به ارزیابی سازه های فوق الذکر و بررسی بر روی مزایا و معایب آنها جهت استفاده در پروژه حاضر می پردازیم.

۱-۲-۴-۴- ارزیابی فنی

سازه های فضا کار :

سازه های فضایی بعلت پخش نیرو در جهات مختلف از استحکام توام با سبکی استثنایی برخوردار می باشد. بعلت استفاده حداکثر از سیستم های پیش ساخته ، از سرعت ساخت و نصب بیشتری برخوردار می باشد و به علت یکپارچگی ، می توان کلیه سازه و تاسیسات مربوط را در تراز زمین سوار کرده و سپس سقف را بالا برده و نصب کرد. سازه فضاکار با گسترش فضای باز بدون ستون ها مترادف است که این امر راندوان فضا را بسیار بالا می برد (تا ۲۵%) و این گسترش در هر دو بعد براحی میسر است. در ساختمان مذکور با توجه به طرح های معماری استفاده از سیستم های چلیک و گنبدی میسر نمی باشد. در صورت استفاده از سیستم سازه فضاکار تخت با توجه به وجود دهانه های بلند و طرح معماری امکان افزایش ارتفاع سقف وجود دارد. این افزایش ارتفاع در کمترین حالت ۲ متر می باشد. که این موضوع فارغ از زوایای معماری باعث غیر اقتصادی شدن طرح می گردد.

سازه های خریایی :

الف) خریای دو بعدی (ساده): توانایی تحمل تنش ها و بارهای صفحه ای از مشخصه های این دست از خریاها شمرده می شود. آزمایای این روش می توان به سبکی ، حجم و ابعاد متناسب به همراه مقاومت مناسب و قابل قبول سازه و هزینه های اجرایی پایین اشاره کرد. سختی نسبتاً پایین ، ملاحظات کمانشی برخی از اعضا و عدم قابلیت تحمل نیرو در هر سه جهت مختصاتی از جمله نقاط ضعف نسبی آنها به شمار می رود.

ب) خریای چند گانه : این روش در حقیقت تلفیق کننده مزایای روش سازه فضاکار و خریای دوبعدی در عین حذف نقاط ضعف آنها است. در این روش اعضای باربر اصلی خریا به صورت دو گانه و یا چند گانه طراحی می شوند . این امر سبب بالا رفتن سطح تحمل بار ، افزایش گشتاور دوم مقطع خریا ، مقاومت کمانشی بسیار افزوده شده و سرانجام سختی قابل ملاحظه سازه خواهد گردید.

سیستم قاب های صنعتی با مقطع متغیر:

تجربه زلزله های گذشته نشان می دهد که قاب های شیبدار فولادی اغلب رفتار مناسبی را از خود نشان می دهند. سبکی و سختی بالای این سازه ها از جمله عواملی است که موجب بهبود رفتار لرزه ای این گونه سازه ها می گردد.

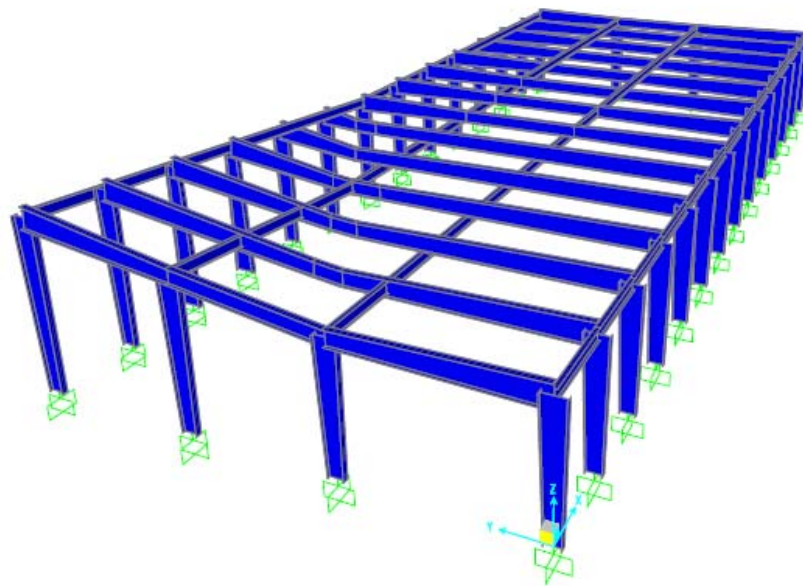
۱-۲-۴-۵- تحلیل سازه و ارزیابی اقتصادی انواع سیستم های سازه ای:

به منظور مقایسه اقتصادی انواع سیستم های سازه ای مدل ریاضی این سیستم ها توسط برنامه تحلیل سازه SAP vr.10 ایجاد شده و نتایج زیر مورد بررسی قرار گرفته است.

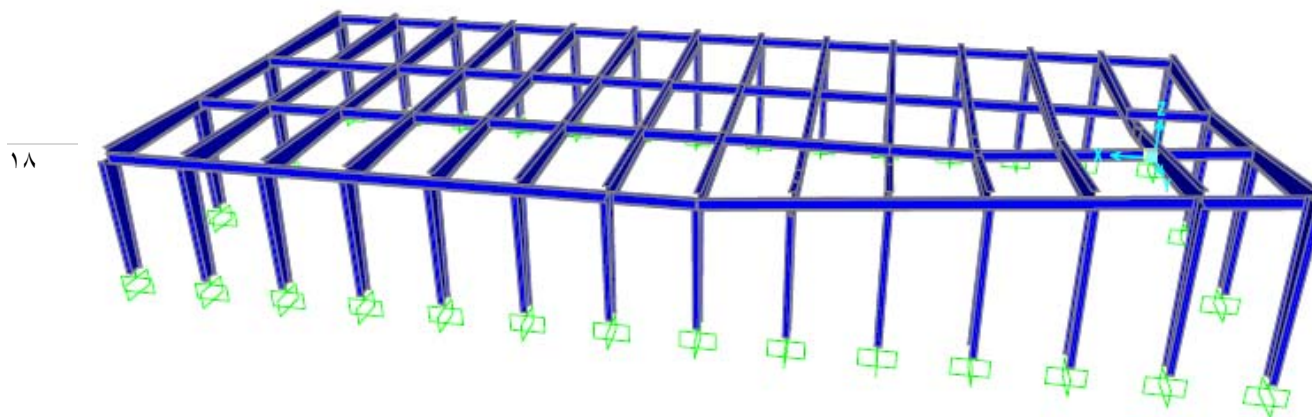
۱۷ مدل ریاضی سازه طبق ضوابط مقررات ملی ساختمان مبحث ششم و آئین نامه ۲۸۰۰ بارگذاری شده . در این پروژه با توجه به تحلیل های صورت گرفته نیروی باد در طراحی قالب می باشد. سرعت مبنای باد ۱۰۰ کیلومتر بر ساعت با فشار مبنای ۵۰ کیلوگرم بر متر مربع در نظر گرفته شده است. بار برف ۲۵ کیلوگرم بر مترمربع ، بار زنده ۱۵۰ کیلوگرم بر مترمربع و بار مرده ۱۰۰ کیلوگرم بر متر مربع (شامل وزن سقف ساندویچ پنل ، پرلین ها و...) می باشد. به منظور تحلیل سازه از تحلیل استاتیکی خطی استفاده شده است. طراحی سازه طبق ضوابط آئین نامه (89) ASCI و مقررات ملی ساختمان مبحث دهم براساس روش تنش مجاز ، صورت گرفته است.

سیستم قاب های صنعتی با مقطع متغییر:

در شکل (۸-۲) مدل این سازه نشان داده شده است. در ادامه نتایج طراحی برای یک قاب از این سازه آورده شده .میزان فولاد مصرفی در این سازه ۷۵ کیلوگرم بر متر مربع می باشد.



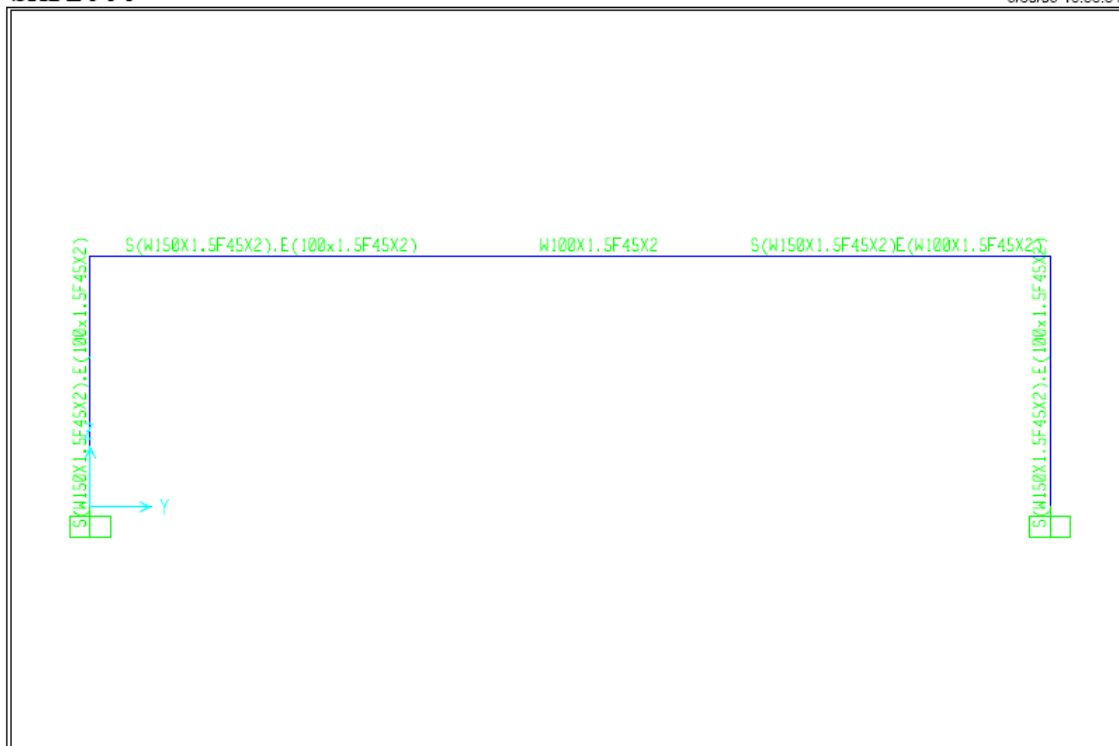
شکل (۸-۲). مدل گرافیکی قاب صنعتی در نرم افزار SAP



شکل (۲-۹). مدل گرافیکی قاب صنعتی

SAP2000

9/30/09 16:58:34

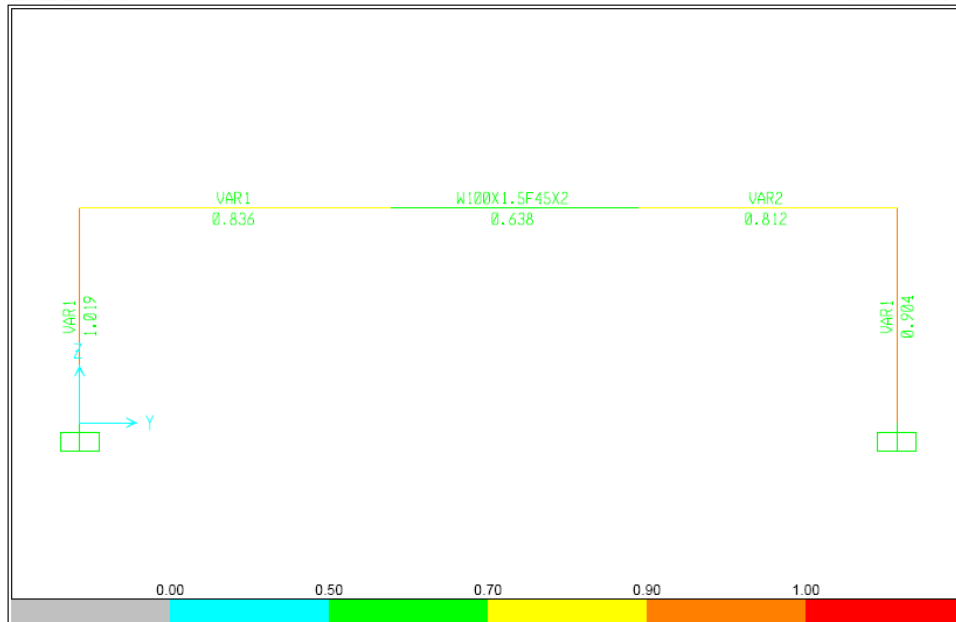


SAP2000 v10.0.1 - File:khark(frame2) - Y-Z Plane @ X=78 - Ton, m, C Units

شکل (۲-۱۰). مقاطع مورد استفاده در مدل سازه

SAP2000

9/30/09 16:50:24



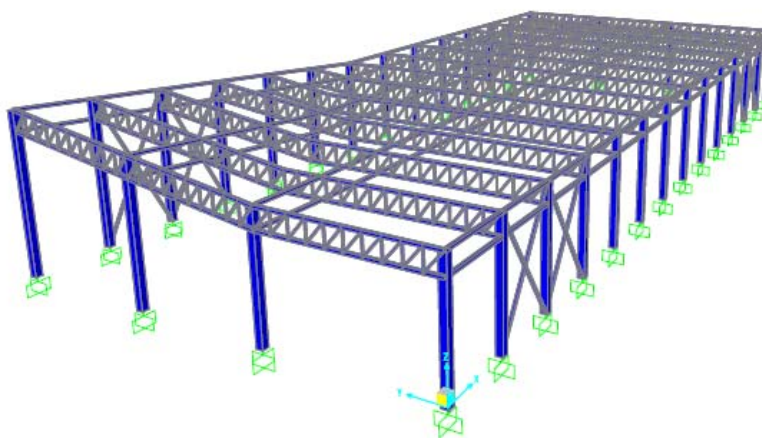
SAP2000 v10.0.1 - File:khark(frame2) - Steel P-M Interaction Ratios (AISC-ASD89) - Ton, m, C Units

۱۹

شکل (۱۱-۲). نتایج طراحی سازه. نسبت تنش تیرها و ستون ها

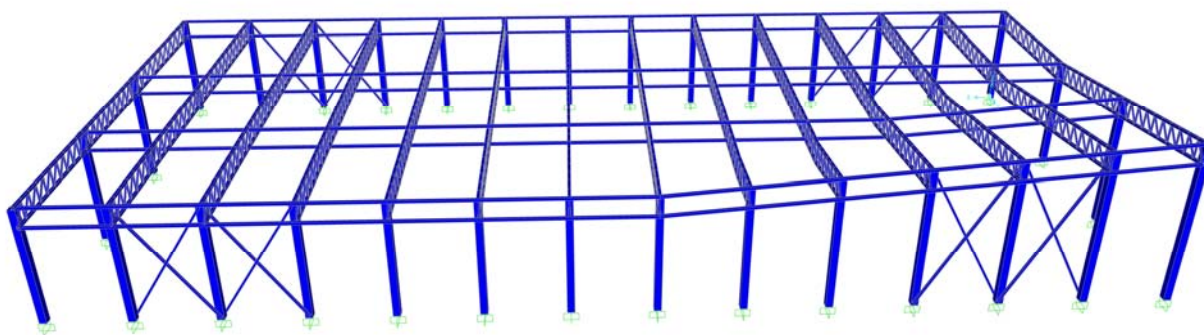
سیستم متشکل از قاب مفصلی و خرپا:

در شکل (۱۲-۲) مدل این سازه نشان داده شده است. در ادامه نتایج طراحی برای یک قاب از این سازه آورده شده. میزان فولاد مصرفی در این سازه ۷۳ کیلوگرم بر متر مربع می باشد.



شکل (۱۲-۲). مدل گرافیکی قاب مفصلی و خرپا

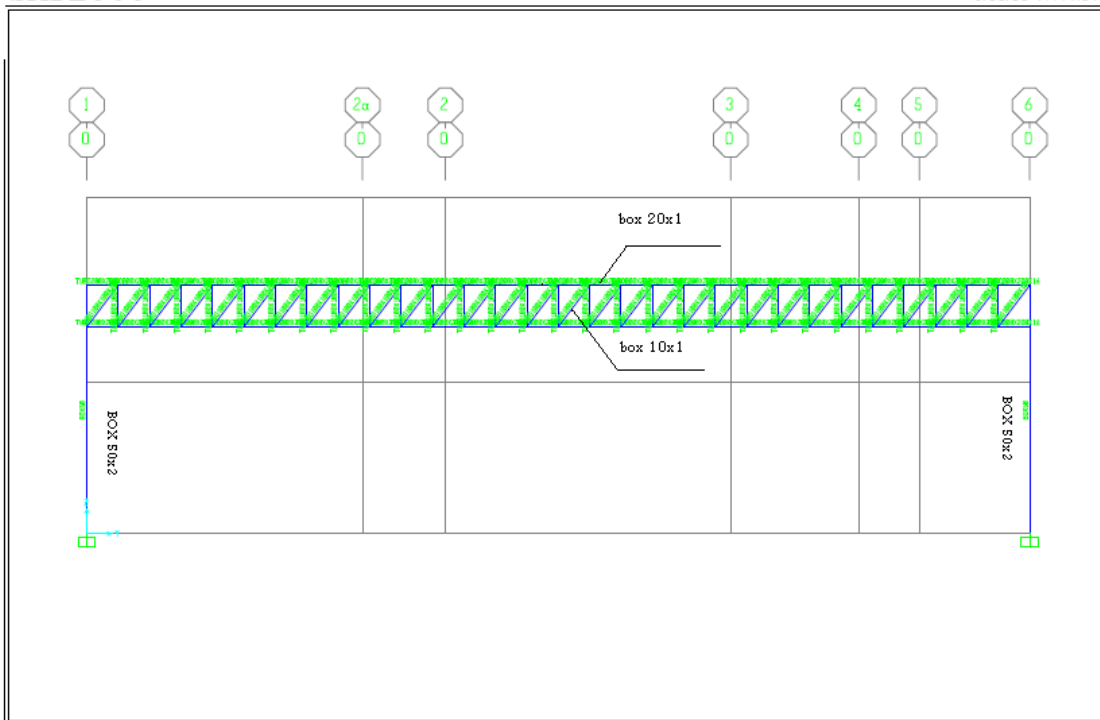
۲۰



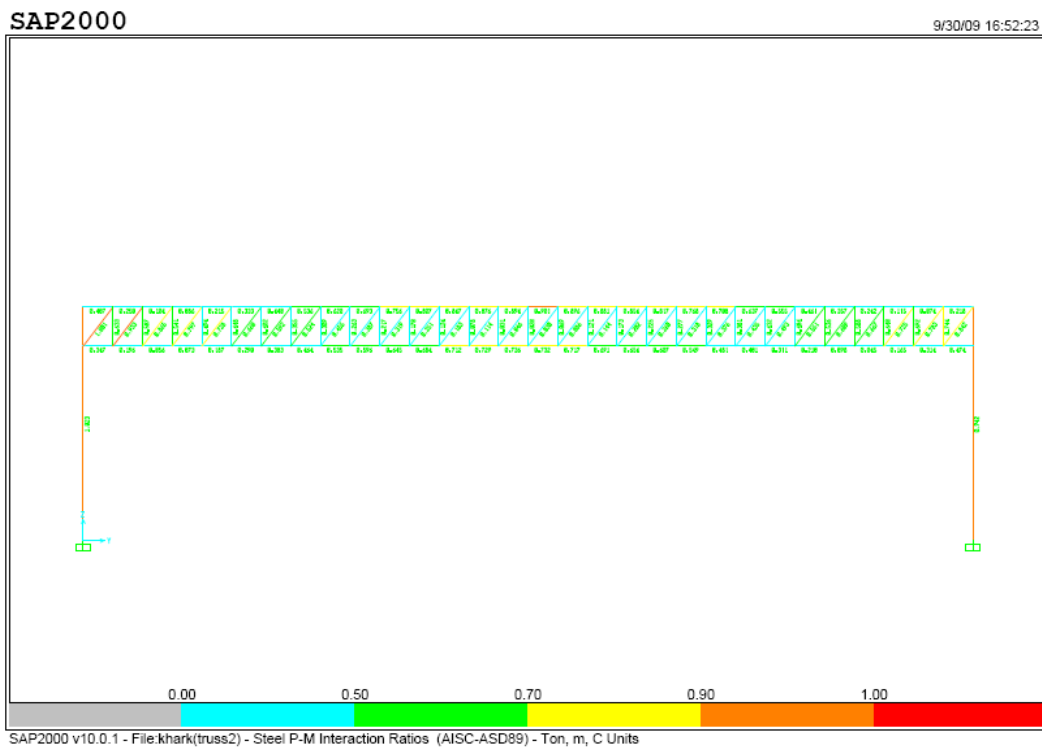
شکل (۲-۱۳). مدل گرافیکی قاب مفصلی و خرپا

SAP2000

9/30/09 17:44:01



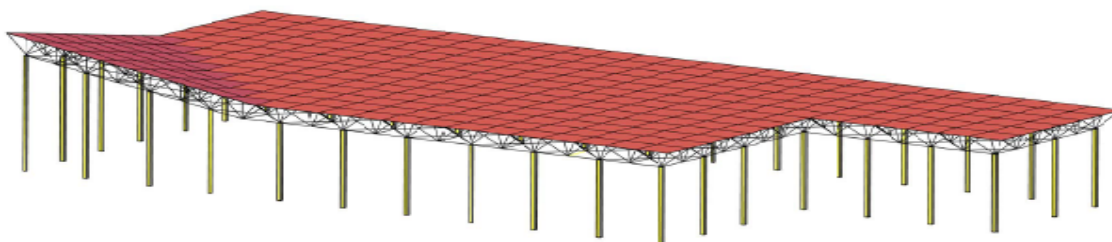
شکل (۲-۱۴). مقاطع مورد استفاده در سیستم قاب مفصلی و خرپا



شکل (۲-۱۵). نتایج طراحی سازه (نسبت تنش ها)

سیستمهای سازه فضا کار:

نوع سیستم مناسب سازه فضا کار برای سقف سازه این پروژه ، فرم تخت می باشد. نوع پیوندها گوی توپر (مرو) است. ضخامت سیستم سازه فضا کار تخت در این پروژه ۲.۱ متر می باشد. با توجه به شرایط اقلیمی و کاربری پروژه از لوله های گالوانیزه به عنوان هموند ها استفاده شده است.



شکل (۲-۱۶). مدل گرافیکی سازه فضا کار

جدول (۲-۳). ارزیابی اقتصادی انواع سیستم های سازه ای

قاب صنعتی (سوله)	قاب مفصلی وخرپا	سازه های فضاکار	
۷۲۵۸۰۰	۷۱۶۲۵۰	۸۰۹۵۰۰	هزینه اسکلت سازه (ریال/م ²)

۲۲

با توجه به مطالعات صورت گرفته و تحلیل های انجام شده در این پروژه سیستم مناسب سازه ای باید در کنار تامین پایداری، هماهنگ با شرایط جوی ومحیطی منطقه باشد . در واقع شرایط جوی منطقه یکی از عوامل مهم و تاثیر گذاردر انتخاب نوع سیستم سازه ای برای این پروژه می باشد.

۵-۲-۱

تکنیک های ساخت



۱-۲-۵- تکنیکهای ساخت

برای بررسی تکنیکهای ساخت، نیازمند به شناخت تکنیکهای اجرایی موجود ساختمانی هستیم. بطور کلی نظامهای اجرایی ساخت در کشور ما به صورت زیر قابل تفکیک هستند:

۱-۲-۵-۱- تکنیک سنتی

منظور از تکنیک سنتی، همان شیوه مرسوم گذشته است که عمده ساختمانهای قدیمی شهرها و روستاهای کشورمان با همین روش بنا شده‌اند. مراحل ساخت این نوع ساختمانها به ترتیب زیر است:

اول، پیریزی با شفته آهک.

دوم، اجرای جرزها و دیوارهای باربر بر روی پی.

سوم، اجرای طاق و یا هرگونه سقف نیمه صنعتی بر روی دیوارها.

۱-۲-۵-۲- تکنیکهای جدید

تکنیکهای جدید عبارتند از: شیوههایی که در دوران معاصر مورد استفاده قرار گرفته و با بهره‌گیری از تکنولوژی مدرن، ساختمان‌سازی را از ویژگیهای: سرعت، اقتصادی بودن و انطباق با معیارهای فنی - تخصصی برخوردار ساخته است. از جمله تکنیکهای جدید می‌توان به نظامهای نیمه صنعتی اشاره نمود. نظامهای نیمه صنعتی با تکامل شیوه سنتی پدید آمده و در برگیرنده مجموعه اسکلت‌های چوبی، فلزی و بتنی می‌باشد. در این شیوه‌ها، تکنولوژی مدرن با استفاده از ماشین‌آلات و تولید کارخانجات صنعتی به کار ساختمان‌سازی سهولت و سرعت می‌بخشد. بالا بردن میزان کارایی، کاستن هزینه‌ها (از طریق کنترل کیفیت مطلوب و انطباق با معیارهای فنی) از ویژگیهای مورد توجه شیوه مذکور است. نظامهای نیمه صنعتی به نسبت استفاده از قطعات پیش ساخته در جریان طرح و اجرا، درجه بالاتری را از نظر خصوصیت صنعتی دارا می‌باشد.

بنابراین، استفاده از هرگونه عناصر کلان ساختمانی (نظیر پانلهای دیواری و سقفی) که به صورت آماده در داخل کارگاه و کارخانه تولید شود، بنا را از حالت نیمه صنعتی به حالت صنعتی نزدیک می‌کند.

۶-۲-۱

نظام پوشش سقف

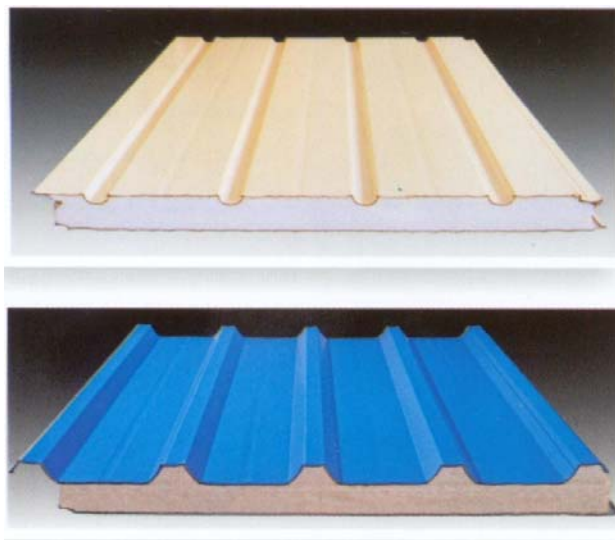
۱-۲-۶-نظام پوشش سقف

با توجه به اسکلت سازه ساختمان ، کاربری و شرایط اقلیمی ، انواع نظام پوششی مناسب در ادامه آورده شده و مورد ارزیابی قرار می گیرد.

۲۶

۱-۲-۶-۱-پوشش سقف به وسیله ساندویچ پنل:

ساندویچ پنل از یک لایه ورق فوم پلی استایرن EPS که میان دو ورق فلزی گالوانیزه پیش رنگ محصور شده ، تشکیل شده است. فوم میانی موجب افزایش مقاومت فیزیکی پانل و در نتیجه کاهش مصرف سازه های فلزی و افزایش مقاومت در برابر حرارت می گردد.



شکل (۲-۱۷). پوشش ساندویچ پنل

از جمله مزایای آن می توان به موارد زیر اشاره کرد

- سبکی سازه
- سرعت در نصب
- دوام و عمر طولانی
- کاهش وزن ساختمان
- عایق صوتی و حرارتی بسیار بالا
- کاربرد در انواع شرایط محیطی اعم از خشک ، کویری، معتدل، شرجی و کوهستانی
- مقاوم در برابر زلزله

این پوشش ها در صنعت ساختمان سازی کاربرد گسترده دارند و مزایای زیاد آن ها باعث استفاده روزافزون طراحان از این پوشش ها در امر ساخت و ساز شده است.

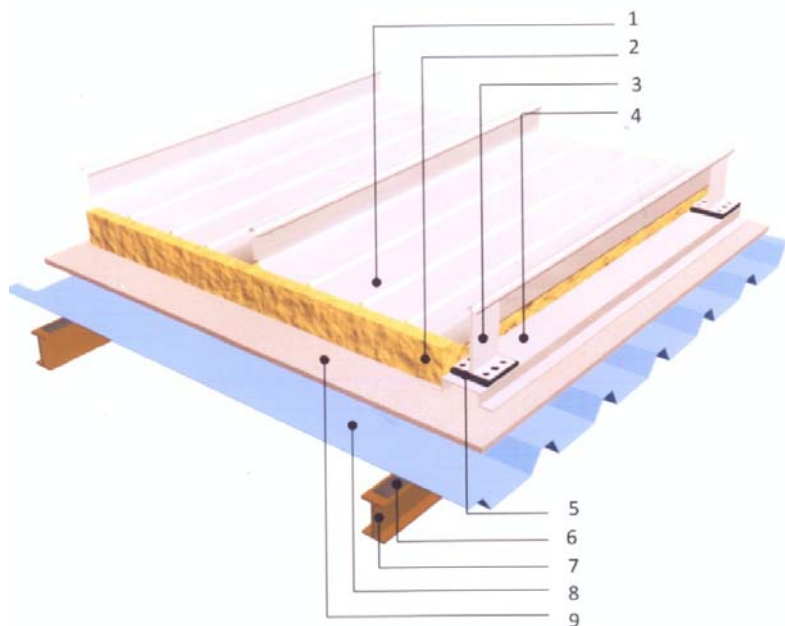


شکل (۱۸-۲). پوشش ساندویچ پنل در صنعت ساختمان سازی

۱-۲-۶-۲- پوشش سقف به وسیله زیپ تچ (ziptech)

زیپ تچ نوع جدیدی از پوشش های سقف است که با توجه به طبیعت انعطاف پذیر مواد مورد استفاده در آن قابل استفاده در انواع سقف های صاف ، شیبدار و انواع اشکال منحنی و قوسدار هستند. در شکل (۳-۶) ، جزئیات سیستم سقف زیپ تچ نشان داده شده است.

شکل (۳-۶)



۱	پروفیل زیپ تچ
۲	عایقکاری
۳	بست آلومینیومی
۴	جداگر
۵	پد حامل حرارتی
۶	pvc
۷	پرلین
۸	ورق آلومینیومی
۹	لایه کنترل کننده بخار آب

شکل (۱۹-۲). پوشش زیپ تچ

از جمله مزایای سیستم سقف زیپ تچ می توان به موارد زیر اشاره کرد

- مقاوم در برابر خوردگی
- سازگار با محیط زیست
- سبک و انعطاف پذیر
- سریع النصب
- قابل ساخت در محل
- بدون سوراخ های نگهدارنده
- عمر سرویس دهی بالا
- مقاوم در برابر آتش سوزی
- مقاوم در برابر نفوذ آب باران
- عایق صوتی و حرارتی بالا

۲۸



شکل (۲-۲۰). نمایی از پوشش سقف به وسیله زیپ تچ در ورزشگاهی در اردبیل

۱-۲-۶-۳- پوشش سقف به وسیله ورق های گالوانیزه:

ورق های گالوانیزه از انواع متداول پوشش سقف به شمار می روند . این نوع از پوشش ها عایق صوتی و حرارتی مناسبی نمی باشند و از مقاومت بالایی برخوردار نیستند.

در ادامه به ارزیابی انواع پوشش های سقف می پردازیم.

۱-۲-۶-۴- ارزیابی اقتصادی انواع پوشش های سقف

جدول (۲-۴). ارزیابی اقتصادی انواع سیستم های پوشش سقف

۲۹

زیپ تچ	ساندویچ پنل	ورق گالوانیزه	
۱۱۰۰۰۰۰	۴۱۰۰۰۰	۲۰۰۰۰۰	هزینه پوشش سقف (ریال/m ²)
۱۱۲۰۰	۱۱۲۰۰	۱۱۲۰۰	هزینه نصب پوشش (ریال/m ²)
۱۱۱۱۲۰۰	۴۲۱۲۰۰	۲۱۱۲۰۰	جمع کل (ریال/m ²)

۱-۲-۶-۵- ارزیابی فنی انواع پوشش های سقف

با توجه به شرایط اقلیمی پروژه و کاربری سازه موجود ، پوشش سقف باید عایق حرارتی بالایی باشد و در برابر خوردگی مقاوم باشد. ورق های گالوانیزه به تنهایی نمی توانند به عنوان پوشش سقف در این پروژه مورد استفاده قرار بگیرند و استفاده از آنها تنها به همراه دیگر عایق های حرارتی ممکن می باشد.

۲۰

۷-۲-۱

نظام پوشش دیوار

۱-۲-۷-نظام پوشش دیوار

با توجه به اسکلت سازه ساختمان ، کاربری و شرایط اقلیمی پروژه، انواع نظام پوششی دیوار مناسب که در این پروژه امکان استفاده از آن می باشد ، در ادامه آورده شده و مورد ارزیابی قرار میگیرد.

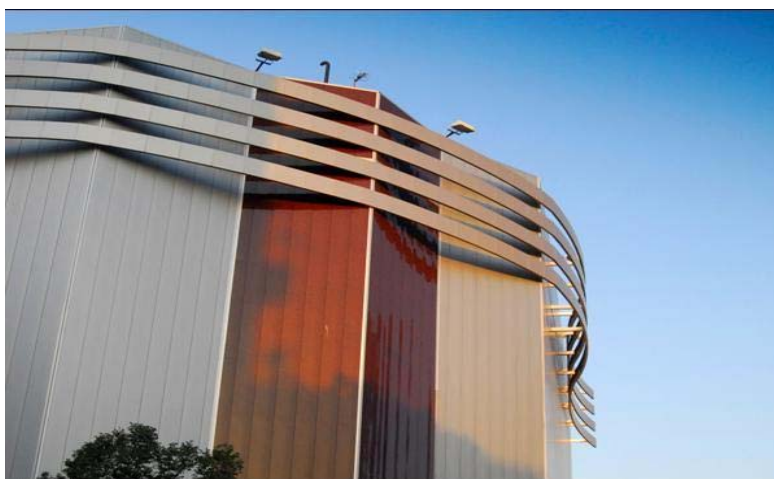
۳۱

۱-۲-۷-۱-نظام پوشش ساندویچ پنل

پانل های غیرباربر می‌توانند به عنوان اجزاء جداکننده ساختمان (تیغه‌ها) بکار برده شوند این قطعات که با بتن پوشیده می‌شوند باید بار ثقلی خود و همچنین بار جانبی زلزله را بر اساس بند ۲-۶ استاندارد ملی ۲۸۰۰ و دیوارهای خارجی بار ناشی از باد ملحوظ در مبحث ششم مقررات ملی ساختمان را تحمل نمایند. همچنین این تیغه‌ها هرگاه بعنوان دیوارهای جدا کننده پیرامونی مورد استفاده قرار گیرند باید شرایط ذکر شده در مبحث هفدهم و نوزدهم مقررات ملی ساختمان را رعایت کنند.

مزایای استفاده از دیوار های ساندویچ پنل:

- سبکی سازه
- سرعت در نصب
- دوام و عمر طولانی
- کاهش وزن ساختمان
- عایق صوتی و حرارتی بالا
- کاربرد در انواع شرایط محیطی
- مقاوم در برابر زلزله



شکل (۲-۲۱). پوشش دیوار با ساندویچ پنل

۱-۲-۷-۲- نظام پوشش بلوک سفالی.

در این روش جهت دیوار چینی از بلوک سفالی استفاده می‌شود.

۳۲

۱-۲-۷-۳- نظام پوشش دیوارهای سبک پیش ساخته

دیوارهای سبک پیش ساخته یک المان پیش ساخته متشکل از دو لایه بتن مسلح شده یک هسته عایق پلی استایرن با ضخامت های متغییر برای تامین ویژگی‌های مورد نیاز، می باشد. شبکه های مفتولی تقویت کننده برای اطمینان از استحکام مکانیکی بالای پانل‌ها توسط خرپاهای قطری به طور مناسبی بهم جوش شده اند.



شکل (۲-۲۲). نمایشی از اجرای دیوارهای 3D در ساختمان سازی

مزایای استفاده از دیوارهای سبک پیش ساخته در مقایسه با روش های سنتی در صورت اجرای مناسب و مطابق با آیین نامه های موجود:

- ایستادگی و مقاومت در برابر زلزله و عدم ایجاد آوار
- صرفه جویی در انرژی گرمایش و سرمایشی
- صرفه جویی در ابعاد رادیاتورها و بویلرها
- عایق صوتی بسیار خوب
- میزان کم مصرف مصالح گچ کاری به دلیل سطح تمام شده صاف
- کیفیت مناسب و عدم ایجاد ترک در دیوار
- سهولت قابل ملاحظه در لجستیک مصالح
- حذف نعل درگاه در سیستم ساختمان
- کارگاه ساختمانی تمیز و عدم وجود نخاله

۱-۲-۷-۴- ارزیابی اقتصادی انواع پوشش دیوار

جدول (۲-۵). ارزیابی اقتصادی انواع پوشش دیوار

۳۳

سندویچ پنل	3D پنل	دیوار سفالی	
۵۰۰۰۰۰	۱۷۵۵۰۰	۱۷۷۸۱۰	هزینه پوشش دیوار (ریال/m ²)

۱-۲-۷-۵- ارزیابی فنی انواع پوشش های دیوار

با توجه به شرایط پروژه ، از جمله شرایط اقلیمی و کاربری سازه ، دیوار های این سازه باید به گونه ای انتخاب شوند که جوابگوی نیازهای آن باشد.