

انتخاب سازه مناسب برای یک مرکز تجاری، تفریحی و اقامتی (گزارش فاز صفر)

۳	۲-آیین نامه های مورد استفاده
۳	۳-مشخصات خاک و ساختگاه پروژه
۳	۴-بار گذاری ثقلی
۴	۵-بارهای جانبی
۶	۶-عوامل موثر دیگر در طراحی ساختمان های بلند
۶	۶-۱- بارهای اجرایی
۶	۶-۲- بارهای تدریجی
۶	۶-۳- معیار آسایش
۷	۶-۴- خزش، آبرفتگی و اثرات حرارت
۷	۶-۵- آتش سوزی
۸	۶-۶- نشست پی و اثرات متقابل خاک و پی
۸	۶-۷- محدودیت سختی و جابجایی
۸	۷-طراحی سازه
۸	۷-۱- سیستم های سازه ای متداول در ساختمان بلند فولادی
۹	۷-۱-۱- قاب صلب
۹	۷-۱-۲- قابهای مهاربندی شده
۱۰	۷-۱-۳- قاب صلب با مهاربندی
۱۱	۷-۲- سیستم های سازه ای متداول در ساختمان های بلند بتنی
۱۱	۷-۲-۱- سازه هایی با دیوار برشی
۱۲	۷-۲-۲- سازه هایی مرکب از قاب و دیوار برشی
۱۲	۷-۲-۳- سازه هایی با دیوار برشی به همراه تیر رابط
۱۲	۷-۳- سیستم قاب لوله ای
۱۳	۷-۴- مقایسه سیستم های سازه ای
۱۵	۷-۵- نظام پوشش سقف
۱۵	۷-۵-۱- نظام پوشش تیرچه - بلوک
۱۶	۷-۵-۲- نظام پوشش دال بتنی در جا
۱۶	۷-۵-۳- نظام پوشش پیش ساخته بتنی
۱۶	۷-۵-۴- نظام پوشش کامپوزیت
۱۶	۷-۵-۵- نظام پوشش قطعات پیش تنیده
۱۷	۷-۵-۶- نظام پوشش سقف (Composite Deck Slab) CDS
۱۷	۷-۶- نظام پوشش دیوارها
۲۱	۸-انتخاب سیستم سازه ای
۲۱	۸-۱- مقدمه
۲۲	۸-۲- ارزیابی سیستم های سازه ای برای این پروژه
۲۲	۸-۲-۱- قاب خمشی فلزی

۲۲	.....	۲-۲-۱- قاب خمشی بتنی
۲۲	.....	۳-۲-۱- قاب خمشی فلزی به همراه بادبند
۲۳	.....	۴-۲-۱- سیستم قاب بتنی لوله ای
۲۳	.....	۳-۸- ارزیابی سیستم سقف
۲۳	.....	۱-۳-۱- سقف کامپوزیت
۲۳	.....	۲-۳-۱- سقف بتنی پیش تنیده
۲۳	.....	۳-۳-۱- CDS سقف
۲۳	.....	۴-۸- ارزیابی سیستم دیوار
۲۳	.....	۱-۴-۱- سیستم 3DWall
۲۴	.....	۲-۴-۱- سیستم دیوار خشک

۱- معرفی پروژه

پروژه مرکز تجاری، تفریحی و اقامتی شامل چند مجموعه ساختمانی با کاربری های مختلف می باشد. در این پروژه یک مجموعه تجاری شامل هایپرمارکت و مرکز خرید؛ یک مجموعه فرهنگی، تفریحی، ورزشی و مذهبی؛ یک هتل ۳۰ طبقه و یک ساختمان اداری ۲۰ طبقه وجود دارد. مساحت مجموعه فرهنگی-ورزشی حدود ۳۹۰۰۰ متر مربع بوده و مساحت مجموعه تجاری در گزینه های مختلف معماری از ۱۴۷۰۰۰ تا ۲۷۷۰۰۰ متغیر می باشد.

۲- آیین نامه های مورد استفاده

- ۱- آیین نامه بارگذاری ایران (مبحث ۶)
- ۲- آیین نامه طراحی ساختمان در برابر زلزله (استاندارد ۲۸۰۰)
- ۳- آیین نامه فولاد ایران (مبحث ۱۰ مقررات ملی ساختمان) و تفسیر آیین نامه فولاد ایران
- ۴- آیین نامه طراحی ساختمان های بتنی (مبحث ۹ مقررات ملی ساختمان)
- ۵- آیین نامه بارهای وارد بر ساختمان آمریکا ASCE
- ۶- آیین نامه طراحی ساختمان های بتنی آمریکا ACI-318-08
- ۷- آیین نامه طراحی ساختمان های فولادی آمریکا AISC

۳- مشخصات خاک و ساختگاه پروژه

برای طراحی سازه ساختمان های این پروژه یکی از اطلاعات مهم مورد نیاز که باید توسط مطالعات ژئوتکنیک در محل بدست آید مشخصات خاک و ساختگاه پروژه می باشد، تا بتوان بر اساس آن خطرهای تهدید کننده پروژه را پیش بینی نمود و از ابتدا راهکارهای مناسب را برای جلوگیری از این مخاطرات در نظر گرفت. از جمله خطرات احتمالی ساختگاه می توان به خطر لرزه ای، شیب ساختگاه، لایه های سست زمین، زمین لغزش، نشست زیاد و روانگرایی اشاره نمود. همچنین مشخصات مکانیکی خاک اعم از چسبندگی، ضریب اصطکاک و ضریب بستر برای طراحی روش مناسب گودبرداری و طراحی فونداسیون ضروری می باشد. این اطلاعات باید توسط آزمایشات ژئوتکنیک در محل بدست آید تا در طراحی سازه مورد استفاده قرار گیرد.

۴- بار گذاری ثقلی

ساختمان باید برای تحمل بیشینه بارهای مرده و زنده محتمل طراحی گردد. بارهای مرده بارهایی می باشند که در طول عمر سازه تقریباً ثابت می باشند مانند وزن اسکلت، کف سازی و دیوارهای جدا کننده. بارهای زنده بارهایی هستند که مقدار و محل اعمال آن در طول عمر سازه تغییر می نماید مانند وزن ساکنین و وسایل داخل ساختمان و وزن برف.

بارهای مرده باید از روی طرح معماری و وزن اسکلت ساختمان بدست آید، که بر حسب انتخاب نوع سقف از ۴۰۰ تا ۶۰۰ کیلوگرم بر متر مربع متغیر می باشد، اما بارهای زنده بر اساس مقادیر حداقلی بدست می آید که در آیین نامه بارگذاری ایران (مبحث ۶) ارائه شده است.

۵- بارهای جانبی

الف- بار باد

بارهای افقی که ناشی از اثرات باد و زلزله می باشند که بطور جانبی بر سازه اعمال می گردد. بار باد مطابق مقررات ملی ساختمان مبحث ششم جهت مقاومت در برابر فشار و مکش باد در سطوح و بام ساختمان نیز کنترل می گردد میزان سرعت باد جهت طراحی و فشار مبنای حاصل از آن در جدول بعد آمده است.

فشار مینا 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 مینا به میزان ۱۲/۵ کیلوگرم بر مترمربع افزوده می گردد

مقدار فشار حاصل از باد بریک سطح تابع سرعت باد، شیب سطح بادگیر شکل هندسی سطح بادگیر، مقدار حفاظتی که از سطوح و ساختمانهای مجاور برای سطح بارگیر ایجاد می شود و بالاخره تابع چگالی هواست که با افزایش ارتفاع و درجه حرارت نقصان می یابد.

ب- بار زلزله

همانطور که می دانیم کشور ما از شمار کشورهای زلزله خیز دنیا به شمار می رود و 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. برای همین منظور برای بارگذاری زلزله از آئین نامه زلزله یعنی نشریه شماره ۸۲ مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن (استاندارد ۲۸۰۰) استفاده خواهد شد. نیروی لرزه ای وارد بر سازه بستگی به طیف شتاب ساختمانهای پروژه دارد که از روی آیین نامه طراحی ساختمان ها (استاندارد ۲۸۰۰) بدست می آید.

برای سازه ساختمانهای کوتاه مرتبه این پروژه مانند مراکز تجاری و فرهنگی، می توان از شرایط مندرج در آئین نامه ۲۸۰۰، برای ساختمانهای منظم جهت محاسبه آنها در مقابل زلزله و از روش تحلیل استاتیکی معادل استفاده نمود و حتی در موارد خاصی سعی می گردد که با تعبیه درز انقطاع بی نظمی در پلان تا حدودی رفع و در نتیجه نیروها و تنشهای ناشی از انبساط و انقباض طولی ساختمان و نیز زلزله را تقلیل و متعادل نمود عرض این درزها باید حداقل برابر ۱/۱۰۰ ارتفاع ساختمان باشد.

برای ساختمان های بلند مرتبه این پروژه که شامل ساختمان هتل و اداری می باشد، بارگذاری لرزه ای بصورت دینامیکی طیفی اعمال می گردد.

یکی از عواملی که بر روی ضریب بازتاب ساختمان و در نتیجه ضریب زلزله تاثیر دارد طبقه بندی نوع زمین می باشد که باید بوسیله مطالعات ژئوتکنیک مشخص گردد.

ضریب اهمیت ساختمان های مختلف این پروژه با توجه به تقسیم بندی آئین نامه انتخاب می گردد. بر این اساس

ضریب اهمیت ساختمان استادیوم ها، سینما، تئاتر، سالن اجتماعات و فروشگاه های بزرگ برابر با ۱/۲ و ضریب اهمیت ساختمان اداری، هتل ها و پارکینگ های طبقاتی برابر با ۱ در نظر گرفته می شود.
برای تعیین برش پایه زلزله وارد بر ساختمان ضریب رفتار ساختمان باید بر حسب نوع سیستم سازه ای انتخاب گردد.
ضریب رفتار سیستم های مختلف سازه ای بر اساس استاندارد ۲۸۰۰ در جدول زیر ارائه شده است.

Hm (متر)	R	سیستم مقاوم در برابر نیروهای جانبی	سیستم سازه
۵۰	۷	۱- دیوارهای برشی بتن مسلح ویژه	الف- سیستم
۵۰	۶	۲- دیوارهای برشی بتن مسلح متوسط	دیوارهای باربر
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
۵۰	۷	۲- دیوارهای برشی بتن مسلح متوسط	قاب ساختمانی
۳۰	۵	۳- دیوارهای برشی بتن مسلح معمولی	ساده
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
۵۰	۷	۲- قاب خمشی بتن مسلح متوسط [۲]	قاب خمشی
-	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	

۶- عوامل موثر دیگر در طراحی ساختمان های بلند

در ساختمان بلند مرتبه اقامتی و اداری این پروژه عوامل بر مسائلی که در بخش های پیشین مطرح گردید، عوامل دیگری نیز در انتخاب و طراحی سیستم سازه ای موثر می باشند که در این قسمت به بررسی آنان پرداخته می شود.

۶-۱- بارهای اجرایی

معمولاً بارهای اجرایی بحرانی ترین بارهایی هستند که سازه تحمل می کند. آمار نشان می دهد که ساختمانهای منهدم شده بیشتر در مرحله اجرا بوده اند. با این وصف به ندرت محدودیتهای ویژه ای را برای بارهای اجرایی در طرح سازه های بلند در نظر می گیرند. به هر حال اگر در ساختمانی با سازه ای غیرمتعارف، عدم لحاظ بارهای اجرایی باعث افزایش هزینه پروژه گردد، ایجاد یک هماهنگی قبلی بین طرح و مجری پروژه مطمئناً ضروری خواهد بود. بارهای اجرایی که شامل وزن قابها و بتن تازه کفها است معمولاً حدود دو برابر بار مرده کف خواهد شد. این بارها توسط شمعها به سه یا چهار طبقه زیرین منتقل می شوند. در حال حاضر با فراهم آمدن امکانات ساخت هر طبقه جدید به فاصله زمانی دو یا سه روز، و استفاده از بتن رقیق برای پمپ کردن، این موضوع نیاز به توجه بیشتری یافته است زیرا کفهای ساخته شده قبلی به جای این که بارهای اجرایی طبقات بالاتر را تحمل کنند، خود احتیاج به تکیه گاه خواهند داشت.

۶-۲- بارهای تدریجی

در مورد ساختمان های بلند مرتبه این پروژه که شامل هتل و ساختمان اداری می شود، در صورت انتخاب اسکلت بتنی، بارهای تدریجی که در حین اجرا به سازه وارد می شود باید در مرحله طراحی مورد توجه قرار گیرد. آنالیز بارهای زنده، باد و زلزله که پس از اتمام ساختمان بر آن وارد می گردند به ترتیب مراحل اجرایی بستگی ندارد. در مورد بارهای مرده ای که در ضمن ساخت به سازه اعمال می گردند باید برای تعیین بحرانی ترین شرایط هر عضو اثرات بارگذاری تدریجی در نظر گرفته شود و رفتار حقیقی سازه تحت اثر این بارها نیز مشخص گردد. روش متداول در اجرای ساختمانهای چند طبقه بتن آرمه این است که بتن تازه را بر روی قالبهای از پیش بسته شده کفها می ریزند. بارهای اعمالی بر کفهای زیرین که شامل مجموع وزن بتن تازه و قالب بندی می باشد، احتمالاً از بارهای وضعیت بهره برداری بیشتر خواهد بود. مقدار این بارها تابعی از مرحله و سرعت اجراست. چنانچه تغییر شکلهای محوری ستونها در اثر بارهای مرده تدریجی ساخت تا پایان اجرای سازه را محاسبه کنیم، خواهیم دید که کوتاه شدگی نسبی ستونها باعث ایجاد لنگرهایی در اعضای افقی سازه می شوند. و به دلیل اثرات تصاعدی این کوتاه شدگیها، در طبقات بالا و ارتفاع زیاد، لنگر بیشتری ایجاد می گردد. ولی باید دانست که در حقیقت لنگرهای ایجاد شده بسیار کمتر از مقادیر محاسباتی است زیرا در عمل و در جریان ساخت، اعضای افقی در هر تراز به اعضای قائم وصل می شوند و در آن تراز ستونها تحت اثر بارهای مرده تغییر شکل داده و کفها و تیرها به ستونهای کوتاه شده متصل می گردند، بنابراین تغییر شکل کف و تیر در هر تراز تابعی از اجرای مراحل بعد است. بنابراین چنانچه بخواهیم تخمین دقیقی از رفتار سازه داشته باشیم، لازم است که این اثرات تدریجی را در محاسبات منظور نماییم.

۶-۳- معیار آسایش

چنانچه یک سازه بلند انعطاف پذیر، تحت تاثیر تغییر مکانهای جانبی یا پیچشی ناشی از اثرات رفت و برگشتی نیروی باد قرارگیرد، حرکت تناوبی ایجاد شده باعث احساس ناراحتی استفاده کنندگان از سازه خواهد شد. این ناراحتی می تواند

در حد جزئی و یا سرگیجه و احساس عدم تعادل باشد. بنابراین، حرکاتی که از نظر فیزیولوژیک یا روانی بر افراد اثر می گذارند، ساختمانی را که حتی از نظر سازه ای قابل قبول و بدون نقص است، غیر قابل استفاده و بهره برداری خواهند ساخت. این امر باید در مورد ساختمان اداری و هتل این مجموعه مورد توجه قرار گیرد. در حال حاضر استاندارد قابل قبول همگانی برای معیار آسایش وجود دارد و این در حالی است که مهندسین ملزمنند ضوابط طراحی خود را بر اساس اطلاعات و ارقام مشخصی پایه گذاری کنند. برای کنترل این معیار باید جابجایی نسبی طبقات در تحلیل دینامیکی ساختمان به $\frac{1}{500}$ محدود گردد.

۴-۶- خزش، آبرفتگی و اثرات حرارت

در ساختمانهای بتنی بلند ممکن است مجموع تغییر مکانهای ناشی از خزش و آبرفتگی، بخصوص در قسمتهای بالای ساختمان، تنشهایی در اعضای غیرسازه ای ایجاد نموده و به اعضای سازه ای افقی نیروهای قابل توجهی اعمال کند. برای تعیین این تغییر شکلهای بلند مدت باید اثرات عوامل مهم متعددی نظیر خواص بتن، تاریخچه بارگذاری و عمر بتن در مرحله اعمال بار، نسبت حجم به سطح بتن و میزان فولاد عضو مورد نظر، در محاسبات دخالت داده شوند. سپس می توان نیروهای ایجاد شده در اعضای افقی را که ناشی از تغییر شکلهای نسبی قائم تکیه گاهها می باشند را تخمین زد. در صورت انتخاب اسکلت بتنی در مورد ساختمان اداری و هتل این مجموعه، باید جابجایی ها نسبی ناشی از خزش و آبرفتگی باید در مراحل طراحی معماری و محاسبه در نظر گرفته شوند. به هر حال، با توزیع یکنواخت تنشها در اعضای قائم، تا حدود زیادی می توان جابجایی های نسبی قائم ناشی از خزش را کاهش داد.

در مراحل اجرایی، اضافه بر خزش و آبرفتگی، وزن طبقات بالا باعث کوتاه شدگی الاستیکی طبقات پایین می گردند. مجموع جابجایی های نسبی، تنشهایی در اعضای سازه بخصوص در ساختمانهایی که مجموعه ای ترکیبی از بتن در جا و پیش ساخته هستند، پدید می آورند.

در ساختمانهای با ستونهای خارجی نما و یا نیمه نما، امکان بروز تغییرات قابل توجهی بین ستونهای داخلی و خارجی وجود دارد. لذا هر گونه قیدی برای جلوگیری از تغییر شکل نسبی ستونها باعث ایجاد تنش در اعضا می گردد. آنالیز این نیروها به اطلاعات کافی در مورد تغییرات احتمالی حرارت بین داخل ساختمان و خارج آن و تغییرات حرارت درونی اعضا دارد. با این اطلاعات می توان تغییر طول ناشی از حرارت اعضای آزاد را تعیین و سپس با استفاده از روشهای استاندارد آنالیز الاستیک، تنشها و تغییر شکلهای محاسبه کرد.

۵-۶- آتش سوزی

ویژگیهای آتش، نظیر حرارت و مدت زمان را می توان از طریق کسب اطلاعات در مورد عوامل مهم و مؤثر، بویژه کمیت و نوع مواد قابل اشتعال، امکان و میزان تهویه و خواص هندسی و حرارتی محل آتش سوزی تخمین زد. پس از تعیین درجه حرارت در سطوح مختلف، می توان با استفاده از منحنیهای حرارتی، میزان نفوذ و جریان حرارت در عایقها و اعضای سازه را محاسبه نمود. با داشتن اطلاعات کافی درباره تغییرات درجه حرارت در داخل عضو و میزان مقاومت و تحمل تکیه گاهها و سازه های مجاور، تنشهای ایجاد شده در اعضا قابل آنالیز است. با افزایش درجه حرارت، خواص مکانیکی مواد سازه ای نظیر مدول الاستیسیته، سختی و مقاومت آنها به سرعت کاهش یافته و قابلیت تحمل بار سازه کم می شود. به عنوان مثال تنش جاری شدن در درجه حرارت معمولی است. این میزان تغییر درجه حرارت، مدول الاستیسیته فولاد را حدود ۴۰ تا ۵۰ درصد کاهش می دهد. درجه حرارتی که موجب تغییر مکانهای زیاد و یا انهدام می گردد به مواد مورد استفاده، نوع سازه و بارگذاری بستگی دارد.

۶-۶- نشست پی و اثرات متقابل خاک و پی

بارهای انتقالی از ستونهای ساختمانهای بلند به پی و زمین، به لحاظ ارتفاع زیاد می توانند بسیار سنگین باشند. اگر خاک زیر پی سخت و پایدار نباشد، نیروها را می توان از طریق شمعهای معمولی و قطور و یا پی های عمیق، به لایه های مقاوم و سخت منتقل کرد. از آن جا که مسائل مربوط به بارهای سنگین و فواصل زیاد ستونها را می توان با در نظر گرفتن مقداری نشست نامتقارن و قابل چشم پوشی حل کرد، معمولاً نیازی به استفاده از پی های خاص نیست. در مناطقی که شرایط نامناسب است، باید بارگذاری بر پی ها را به حدی کاهش داد که شکستهای برشی و یا نشستهای نامتقارن زیاد ایجاد نشود.

۶-۷- محدودیت سختی و جابجایی

در مورد ساختمان های بلند مرتبه هتل و ساختمان اداری این مجموعه، تأمین سختی مناسب و بخصوص سختی جانبی سازه به دلایل بسیار مهمی از عوامل اساسی طراحی می باشد. در حد نهایی مقاومت، تغییر شکل های جانبی باید به طریقی محدود گردند که اثرات ثانویه ناشی از بارگذاری قائم، باعث شکست و انهدام سازه نگردند. در حد بهره برداری اولاً تغییر شکلها باید به مقادیری محدود شوند که اعضای غیر سازه ای نظیر درها و آسانسورها بخوبی عمل نمایند. ثانیاً باید برای جلوگیری از ترک خوردگی و افت سختی، از ازدیاد و تشدید تنش در سازه جلوگیری نمود و از توزیع بار بر روی اعضای غیرسازه ای نظیر میانقاب ها و یا نماها خودداری کرد. ثالثاً سختی سازه باید به اندازه ای باشد که حرکت های دینامیکی آن محدود شده و باعث اختلال ایمنی و آرامش استفاده کنندگان و ایجاد مشکل در تأسیسات حساس ساختمان نگردند. همچنین توزیع سختی در ارتفاع ساختمان باید بگونه ای باشد که ساختمان تحت زلزله با طیف طرح آیین نامه دچار ناپایداری دینامیکی نگردد. در حقیقت، توجه ویژه به سختی جانبی است که طراحی سازه های بلند را از سازه های کوتاه متمایز می سازد.

۷- طراحی سازه

سیستم سازه انتخاب شده برای ساختمان باید دارای مقاومت و شکل پذیری کافی برای مقابله با بارگذاری های مختلف باشد. انتخاب سیستم سازه ای مناسب و اقتصادی بستگی به معماری ساختمان و ارتفاع آن دارد. در این قسمت ابتدا سیستم های مختلف سازه ای معرفی می گردند و سپس برای ساختمان های مختلف این پروژه چند گزینه سازه مناسب پیشنهاد می گردد.

۷-۱- سیستم های سازه ای متداول در ساختمان بلند فولادی

سازه های فولادی مورد استفاده زیادی در ساختمانهای بلند دارند و استفاده از آن به عنوان مصالحی اقتصادی و مقاوم در حال افزایش است. محدوده وسیعتری از اشکال سازه ای با استفاده از فولاد با مقاومت بالا قابل دستیابی است. فولادهای خاص مقاوم در مقابل خوردگی مناسبی دارند به طور فزاینده ای در قسمتهای بدون پوشش به کار می روند. روشهای بهبود یافته محافظت در مقابل آتش سوزی و روش های جدید ساخت و اجرا از جمله دلایل استفاده از فولاد در سازه هایی با تعداد طبقات اندک تا آسمانخراشهای بلندتر از ۱۰۰ طبقه است.

سیستمهای متداول مقاوم در سازه های بلند فولادی عبارتند از:

- قاب صلب

- قاب مهاربندی شده
- قاب صلب با مهاربندی

۷-۱-۱- قاب صلب

اتصالات صلب دارای چنان سختی می باشند که زاویه میان اعضا بدون تغییر تحت اثر بار باقی می ماند. قاب صلب شامل تیرهای افقی با مقطع پیرامونی مستطیلی و ستونهای قائم که با اتصالات صلب به یکدیگر متصل شده باشند، می باشد، بار جانبی با توجه به سراسری بودن اعضا در گره ها که با اتصالات صلب متصل شده اند بوسیله خمش اصلی تیرها و ستونها تحمل می گردد.

حمل نیروهای قائم و افقی در قاب های صلب دو مزیت عمده را در بر دارد:

۱- فواصل میانی ستونها به صورت آزاد در اختیار عملکرد معماری مجموعه قرار می گیرد.

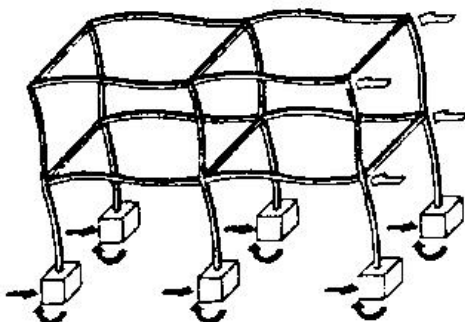
۲- قابهای صلب به محض اجرا، قابلیت تحمل نیروها را دارا می باشند.

و البته دارای اشکالات زیر نیز می باشد:

الف- قابهای صلب اغلب از انواع دیگر مهاربندیها گرانتر می باشند. این امر بخصوص در ساختمانهای نیمه مرتفع بیشتر مشهود است.

ب- ستونهای قابهای صلب اغلب دارای مقاطع بسیار بزرگی بوده، بالطبع جای بزرگتری را می طلبند که یک حسن عمده قابهای فولادی را زیر سؤال قرار می دهند. مقایسه اقتصادی سیستم ها خاطر نشان می سازد که قابهای صلب اغلب برای ساختمانهای کوتاه، که نیروهای افقی کوچک می باشند، بکار می روند. البته در ساختمانهای مرتفع و نیمه مرتفع نیز قابها صلب بوده و اتصالات قابلیت تحمل و انتقال لنگرهای خمشی را دارا می باشد تا ارتعاشات و تغییر مکان ساختمان را تا حد امکان محدود سازند.

در این پروژه این نوع سیستم سازه ای برای ساختمان های کوتاه مرتبه تجاری و فرهنگی مناسب می باشد ولی برای ساختمان ۲۰ طبقه اداری و ۳۰ طبقه هتل، این نوع سیستم غیر اقتصادی می باشد.



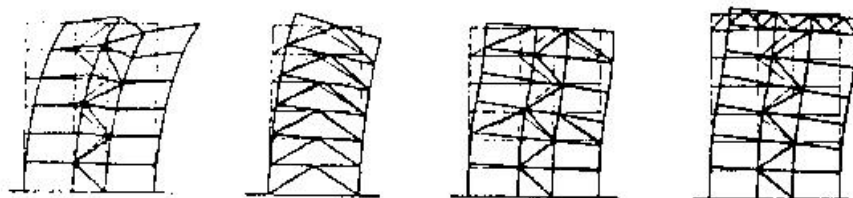
شکل ۱: عملکرد یک قاب تحت اثر نیروهای جانبی

۷-۱-۲- قابهای مهاربندی شده

قاب مهاربندی شده سیستمی برای بهبود قاب خمشی بوسیله حذف عملکرد خمشی و اضافه کردن یک سیستم خرپایی طره ای می باشد. در این حالت، برش وارده در ابتدا توسط اعضای قطری جذب می شود و نه تیرها. این اعضای قطری، برش را مستقیماً بصورت نیروی فشاری و یا کششی تبدیل کرده و به سیستم قائم انتقال می دهند. محاسن و معایب عمده این سیستم عبارتست از:

۱- برای ساختمانهای کوتاه، یک یا دو مهاربندی درون دیوارها محدودیت کمی را موجب می گردند، اما در ساختمانهای نیمه مرتفع این مهارها بصورت چشمگیری افزایش می یابند.

- ۲- مانع عمده ای در قبال عبور کانالهای هوارسانی و شبکه تأسیسات ساختمان نیستند.
 - ۳- با تغییر شکل مهاربندی، می توان حتی در پانلهای مهاربندی شده به بازشویی دست یافت.
 - ۴- بخصوص هنگامی که مهارها به صورت کششی طرح می شوند سطح مقطع آنها کوچک بوده و درون دیوارها پنهان می گردند.
 - ۵- به محض اجراء سیستم پایدار خواهد بود.
 - ۶- امروزه سیستمهای مهاربندی نمایان در داخل یا خارج ساختمان، یک فرم معماری را تشکیل می دهند.
 - ۷- دیوارهای درون مهاربندی ها نمی توانند بصورت پیش ساخته باشند.
 - ۸- اعضاء قطری برای ساختمانهای نیمه مرتفع، سطح مقطع بسیار زیادی را دارا می باشند.
- در مهاربندی قابها باید توجه نمود که با افزایش دهانه مهارشده، می توان طرح اقتصادی تر و سازه صلب تری را بدست آورد. همچنین می توان با استفاده از اتصالات صلب-تیر ستونی کلاً سازه صلب تری را بدست آورد که نهایتاً یک سیستم مرکب قاب مهاربندی شده را نتیجه می دهد. این سیستم می تواند در ساختمان اداری و هتل این پروژه مورد استفاده قرار گیرد.



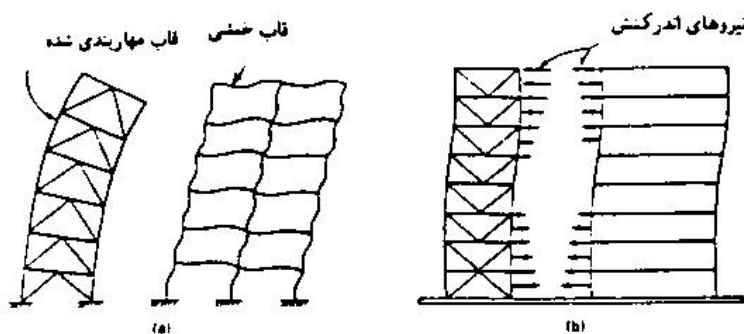
شکل ۲: انواع مهاربندیها و تغییر شکل آنها

۱-۷- ۳- قاب صلب با مهاربندی

ترکیب سیستم قاب صلب با مهاربندی روشی مناسب برای افزایش سختی و در نتیجه کاهش جابجایی جانبی ساختمان ۲۰ طبقه اداری می باشد.

اندرکنش سیستم مهاربندی و قابهای صلب

به لحاظ رفتار فیزیکی اگر تغییر مکان قاب صلب و سیستم مهاربندی یکسان باشد، نیروی جانبی بین دو سیستم به نسبت سختی تقسیم می شود. بهر حال، در حالات عادی سیستم مهاربندی و قاب صلب هر کدام با توجه به ویژگیهای خودشان تغییر شکل می دهند ولی در اینجا اثر آنها بصورت کلی در نظر گرفته شده است.

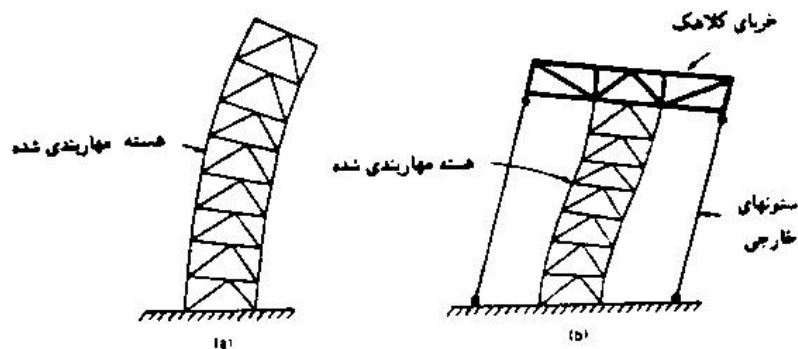


شکل ۳: عملکرد متقابل میان قاب مهار شده و قاب صلب. a. تغییر شکل هر کدام از سیستمهای مجزا، b. تغییر نیروی برشی عامل متوجه اثر متقابل

سیستم قاب با مهار کمربندی

روش عمومی برای مهاربندی سازه های نیمه مرتفع، مهاربندی اطراف هسته مرکزی می باشد. ولی برای سازه هایی با محدودیت مهاربندی در اطراف هسته و یا سازه هایی بلندتر از حدوداً ۱۵۰ متر اگر هسته مرکزی تنها سیستم باربر جانبی سازه باشد، سختی سازه کاهش یافته و تغییر مکان جانبی به شدت افزایش می یابد. یک مفهوم اساسی در طی دو دهه گذشته تکنیک استفاده از یک خرپای کلاهدک جهت اتصال هسته مرکزی و سیستم قاب خارجی می باشد. در این سیستم ستونها توسط یک سری خرپای واسط به خرپای کلاهدک متصل می گردند، در این صورت ستونهای خارجی بغیر از نیروهای ثقلی، قسمت عمده ای از نیروهای جانبی را تحمل می نمایند.

عملکرد خرپای کمربندی به عنوان یک سخت کننده افقی، وابسته کردن دیگر ستونها به قسمت باربر جانبی می باشد. حدوداً ۲۵ تا ۳۰٪ سختی کل قاب با افزودن این خرپای کمربندی افزایش می یابد، زیرا که باعث درگیری کل ستونهای بیرونی در عملکرد پایداری جانبی می گردد. کلاهدک و کمربندی در شکل زیر نشان داده شده است.



شکل ۴: رفتار مهاربندها، a. رفتار طره ای مهاربند، b. رفتار انحناء برگشتی خرپای کلاهدک

۲-۷- سیستم های سازه ای متداول در ساختمان های بلند بتنی

بطور کلی سیستم های سازه ای متداول بتنی بدلائل معایبی که در قسمت های آینده خواهد شد برای هیچ کدام از ساختمان های این پروژه پیشنهاد نمی گردد، اما در این بخش به تعریف و توضیح این روش های پرداخته می شود.

بتن از بسیاری جهات از جمله ترکیب اقتصادی، راحتی در شکل دادن، مقاومت در برابر آتش سوزی ایده آل است. بتن در شکلهای سازه ای بلند بصورت لوله و دیوار برشی مناسب است. در سازه های بلند بهتر است از بتن با مقاومت بالا، با وزن سبک و روان سازها استفاده گردد تا طرح اقتصادی شود.

در بسیاری از ساختمانهای بلند مناسب بودن یک یا چند سیستم و یا بکارگیری ترکیب آنها بستگی به شرایط خاص سازمان و پروژه دارد. سازه هایی که در این قسمت مورد بررسی قرار گرفته اند، عبارتند از:

الف- سازه هایی با دیوار برشی.

ب- سازه هایی مرکب از قاب و دیوار برشی.

۱-۲-۷- سازه هایی با دیوار برشی

یکی از مهمترین مزایای دیوار برشی استفاده از هسته های مستطیلی شکل توخالی در اطراف راه پله ها، آسانسورها و بازشوهای تأسیساتی است. ترکیب هسته های داخلی مخصوصاً در ساختمانهای اداری مناسب است، زیرا فضای خارج هسته به المانهای قائم نیازی ندارد. دیوارهای اطراف هسته را می توان در انتقال

هر دو بار قائم و جانبی به فونداسیون مؤثر در نظر گرفت. سازه های دارای هسته، مشخصات سازه های سه بعدی را دارا بوده و برای مقاومت در برابر تمامی بارها شامل نیروهای قائم، نیروهای برشی و لنگرهای خمشی در تمامی امتدادها به علاوه پیچش مناسب هستند.

۷-۲-۲- سازه های مرکب از قاب و دیوار برشی

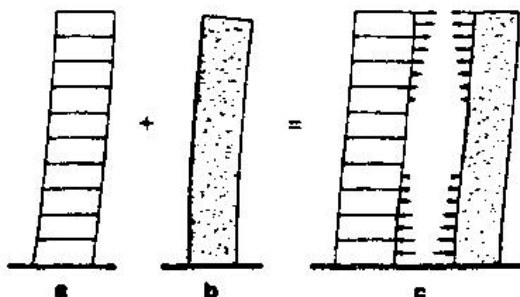
معمولاً از دیوار برشی به همراه قاب، توأم با عنوان سیستم پایدار کننده ساختمان بهره گرفته می شود. در هنگام استفاده از دیوار برشی در قاب، قابها می توانند مفصلی یا صلب باشند. در این صورت دو حالت مورد توجه است که در ادامه بحث عنوان می گردد.

سیستم های مرکب از قاب مفصلی و دیوار برشی

در این سیستم چون اتصال تیرهای اصلی قاب به ستون ها مفصلی می باشد، قاب فقط می تواند بارهای ثقلی را تحمل کند و دیوار برشی تمام بار جانبی را تحمل می کند.

سیستم مرکب از قاب صلب و دیوار برشی

استفاده از دیوار برشی تنها، منظور جذب نیروهای جانبی و پایداری ساختمان برای ساختمانهای با ارتفاع بیش از ۲۰ متر غیر اقتصادی و نتیجتاً غیر عملی است. به علاوه تغییر شکل جانبی ممکن است چنان زیاد باشد که در دیوارهای جدا کننده و پنجره ها ترک ایجاد کند و یا حتی در ساکنین ساختمان واکنشهای روانی ناگوار بوجود آورد. با بکار بردن قاب صلب به همراه دیوار برشی بر صلبیت جانبی ساختمان بطور قابل ملاحظه ای افزوده می گردد و در نتیجه تغییر شکل کل سیستم تحت تأثیر رفتارهای اجزاء (دیوار برشی و قاب صلب) قرار خواهند گرفت.



شکل ۵: تغییر شکل کل سیستم مرکب از قاب خمشی و دیوار برشی

۷-۲-۳- سازه های با دیوار برشی به همراه تیر رابط

دیوارهای برشی که دارای تعدادی باز شو می باشند، عمدتاً در ساختمانهای ۳۰ الی ۳۵ طبقه مورد استفاده قرار می گیرند. وقتی تعداد دو یا چند دیوار برشی بوسیله سیستم تیر به یکدیگر متصل می گردند، سختی مجموعه سیستم از مجموع سختی دیوارها بصورت مجزا بیشتر است. زیرا اتصال تیر از اینکه دیوار به تنهایی بصورت طره عمل کند جلوگیری کرده و سیستم مانند مقطع مرکب عمل می کند.

۷-۳- سیستم قاب لوله ای

بر خلاف سیستم های متداول بتنی، قاب لوله ای بتنی به همراه سقف پیش تنیده سیستمی مناسب برای ساختمان بلند مرتبه اداری و هتل می باشد، زیرا ضمن تامین سختی و مقاومت جانبی کافی نسبتاً مقدار

کمی از فضای داخلی ساختمان را اشغال می نماید، که این امر فضای بیشتری را برای طراحی و تغییرات معماری در اختیار قرار می دهد. بازده سازه ای سیستم های لوله ای به قدری زیاد می باشد که در اکثر موارد مقدار مصالح سازه ای مصرف شده برای هر متر 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.

در سیستم لوله ای فلزی، سختی دیوار نما را می توان با افزودن مهار بندی های مورب (قطری) که اثر خر پامانند 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.

تا کنون با ترکیب های مختلفی از المان های سازه ای سیستم های لوله ای مختلف ابداع شده اند که از آن جمله می توان به لوله قابی، لوله خرپایی و لوله خرپایی مشبک اشاره نمود.

۷-۴- مقایسه سیستم های سازه ای

الف- عملکرد در مقابل بارهای افقی

انعطاف فولاد در مقابل بتن، باعث می شود که تحمل بارهای افقی توسط فولاد بخصوص در ساختمانهای بلند مطلوبتر انجام شود. بدیهی است در سیستم بتنی نیز با طرح صحیح، این نقطه ضعف را می توان از بین برد.

ب- تحمل بارهای حرارتی

بار حرارتی در اسکلت با اتصالات گیردار عملاً تولید کشش، خمش و فشار می نماید. با بالا رفتن حرارت در موارد بحرانی مثل آتش سوزی بتن آسیب پذیری کمتری دارد ولی فولاد شکل اولیه خود را از دست می دهد. با بالا رفتن حرارت ظرفیت تحمل بارها در اسکلت فولادی نقصان یافته و در حرارت های زیاد اساساً شکل خود را از دست داده و باعث انهدام ساختمان می گردد.

ج- عملکرد در مقابل رطوبت

بعلت آسیب پذیری و فرسایش فولاد حساسیت بیشتری نسبت به بتن در مقابل رطوبت داشته و بایستی از آن در مقابل رطوبت محافظت شود.

د- زمان اجرا

زمان اجرای اسکلت فولادی بدلیل نیمه پیش ساخته بودن آن و امکانات اجرای کار نسبت به اسکلت بتنی و مرکب به مقدار چشمگیری کمتر است. اسکلت بتنی بدلیل مراحل بیشتر عملیات اجرائی نظیر قالب بندی، آرماتوربندی، بتن ریزی، زمان گیرائی، قالب برداری و مراقبتهای ضروری که می بایست صورت گیرد نظیر مرطوب نگهداشتن سطح و جلوگیری از تابش مستقیم آفتاب و غیره، مدت زمان بیشتری در اجراء لازم دارد.

ز-حجم و وزن اسکلت

تفاوت عمده اسکلت فولادی و بتنی حجم و وزن آنست که بخصوص در مورد زمینهای با مقاومت پائین حساسیت ویژه ای ایجاد خواهد کرد. هم چنین حجم زیاد بتن امکانات بهره گیری کامل از حجم بنا را محدود و در تغییرات آتی نیز محدودیتهایی بوجود می آورد.

در مورد دالها، تیرها و قابهای با دهانه بزرگ، وزن تیر بتنی با بارهایی که می بایست تحمل کند کاملاً قابل مقایسه و در مواردی بیشتر خواهد بود. در چنین حالتی سطح مقطع تسلیح مورد نیاز در مقایسه با سطح مقطع اسکلت فولادی مشابه نیز برابری می کند.

ط-شرایط و امکانات اجرای کار

اجرای اسکلت فولادی احتیاج به کارگر کمتری دارد در حالیکه در اسکلت بتنی، کارگر مورد نیاز به نسبت بیشتر و در نتیجه لزوم برنامه ریزی دقیق و امکان اخلاص در نحوه و زمان اجرای پروژه نیز بیشتر می شود. بعلاوه در اجرای اسکلت بتنی کنترل و نظارت دقیق در حین اجرای کار لازم است. در صورتیکه مقاطع فولادی چون در کارخانه ساخته می شود از یکنواختی و کیفیت بهتری برخوردار است و کنترل های کارگاهی تنها در مورد اتصالات در محل کارگاه بایستی صورت گیرد.

ن-جبران خسارت

در موارد بروز حوادث طبیعی مانند زلزله در صورتیکه آسیبی به اسکلت وارد شود، در اسکلت های بتنی ترمیم اعضا، آسیب دیده مسئله بفرنجی می باشد. حال آنکه در مورد فولاد امکانات تعمیر و ترمیم به میزان قابل توجهی فراهم است. بجز حوادث طبیعی در مواردی از قبیل جنگ و بمباران ابنیه در ساختمانهای نظامی این نکته حائز اهمیت است.

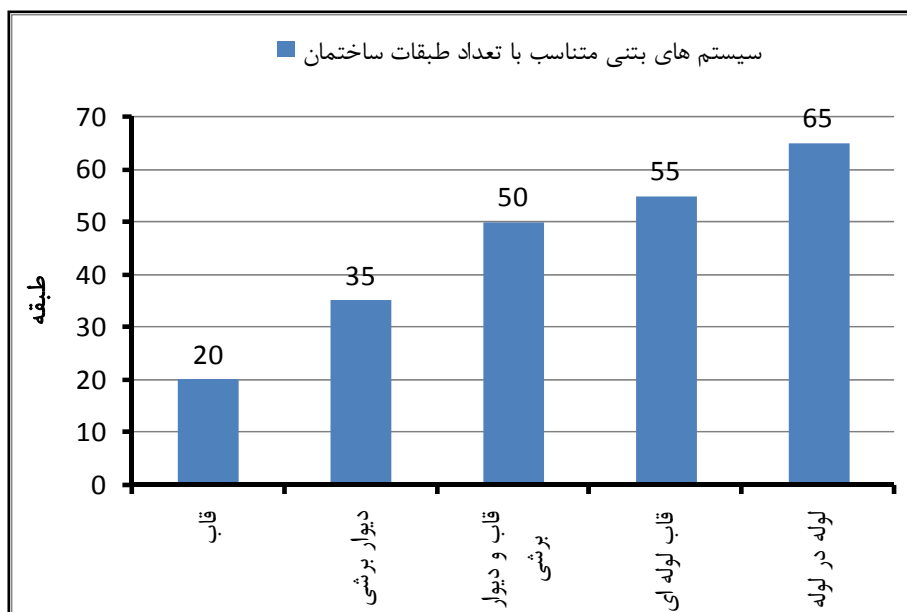
و-عمر سیستم

عمر سیستم بتنی با توجه به مقاومت بتن در مقابل فرسایش نسبت به اسکلت فولادی بیشتر است.

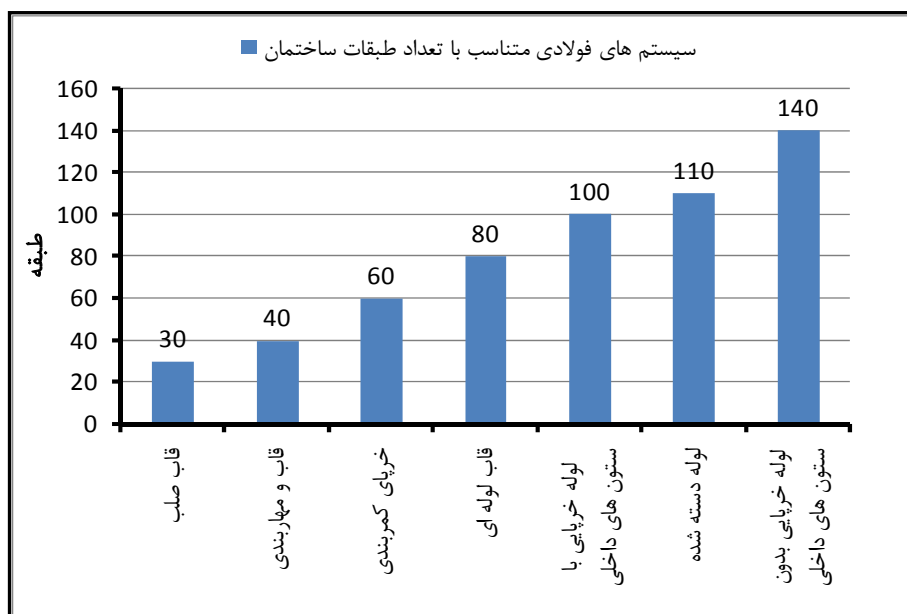
ه-اقتصاد

از نقطه نظر قیمت اسکلت بتنی بستگی زیادی به مصالح موجود در محل دارد. ولی بطور کلی در اکثر مناطق اسکلت بتنی ارزانتر تمام می شود. با توجه به مراتب فوق، در صورت احتساب امتیاز ۲۰ برای شرایط ایده آل هر کدام از ردیفهای ارائه شده و همچنین احتساب ضریب ۲، برای بعضی از ردیفهای با اهمیت تر از قبیل تحمل در مقابل بارهای افقی، مدت اجراء، امکانات تأمین مصالح در داخل و هم چنین عمر سیستم، جدول مقایسه ای صفحه بعد در این رابطه تهیه گردیده است.

در شکل های زیر سیستم های مناسب سازه ای بر حسب تعداد طبقات ساختمان نشان داده شده است.



شکل ۶: سیستم های بتنی متناسب با تعداد طبقات ساختمان (پیشنهاد شده توسط R. Khan)



شکل ۷: سیستم های فلزی متناسب با تعداد طبقات ساختمان (پیشنهاد شده توسط R. Khan)

با توجه به پارامترهای موثر در طراحی ساختمان ها که در بالا به آنها اشاره شد، ساختمان های این مجموعه باید بر اساس طرح معماری آنها با سازه های مختلف مورد تحلیل قرار گرفته و سپس نتایج تحلیل و پارامترهای مختلف موثر بر انتخاب سازه توسط روش AHP (Analytical Hierarchy Process) مورد بررسی قرار گرفته و بهترین گزینه انتخاب گردد. همچنین در مورد ساختمان های بلند مرتبه طراحی سازه و معماری باید بصورت توأمان و با همکاری نزدیک مهندسين آرشیتکت و سازه صورت پذیرد چرا که مسائل سازه ای در این نوع ساختمان ها می تواند تا حد زیادی بر روی طرح معماری موثر باشد.

۷-۵-نظام پوشش سقف

۷-۵-۱-نظام پوشش تیرچه - بلوک

که اجرای آن در دو مرحله مشخص صورت می گیرد: ابتدا پوشاندن سقف با تیرچه (انواع تیرچه های فوندوله دار یا

پیش‌تنیده) و بلوک (بلوک سفالی یا سیمانی) و سپس، عملیات بتن‌ریزی روی سقف. این نوع سقف در ساختمان های بلند مرتبه دارای مقاومت کافی برای تحمل برش های داخل صفحه را تحت نیروهای زلزله ندارد و نمی تواند به عنوان دیافراگم عمل کند.

۷-۵-۲-نظام پوشش دال بتنی در جا

که مرکب از مراحل قالب‌بندی کامل سقف آرماتوربندی و بتن‌ریزی می‌باشد. در صورت انتخاب اسکلت بتنی برای ساختمان اداری و هتل، این نوع سقف برای پوشش کف های ساختمان مناسب می باشد زیرا دارای مقاومت درون صفحه کافی برای انتقال نیرو های برشی ناشی از زلزله می باشد، اما با افزایش وزن سازه نیروهای اینرسی وارده ناشی از زلزله را افزایش می دهد.

۷-۵-۳-نظام پوشش پیش‌ساخته بتنی

که در انواع مختلف مورد استفاده قرار می‌گیرد و رایج‌ترین آن در ساختمان‌های مسکونی سالهای اخیر، دال‌های مجوف (اسپایرول) می‌باشد. در این نظام، پانلهای سقف که قبلاً در کارخانه آماده شده‌اند در محل‌های مربوطه توسط عناصر واسطه پیش‌بینی شده و به تیرهای اصلی اتصال می‌یابند.

۷-۵-۴-نظام پوشش کامپوزیت

که اجرای آن در دو مرحله صورت می‌گیرد: ابتدا پوشاندن سقف با تیرهای فرعی فلزی و سپس قالب‌بندی کامل سقف آرماتوربندی و بتن‌ریزی می‌باشد. این نظام در سازه‌های فلزی قابل اجرا می‌باشد. در ساختمانهایی که دارای دهانه‌های بزرگتر از حد معمول می‌باشد جهت کنترل تغییر مکان سازه از این روش می‌توان استفاده نمود. این نوع سقف برای پوشش ساختمان های کوتاه مرتبه تجاری و فرهنگی و ساختمان های بلند مرتبه هتل و اداری این پروژه گزینه مناسبی می باشد.

۷-۵-۵-نظام پوشش قطعات پیش‌تنیده

در این نظام فولادهای ویژه با تاب کششی بالا پیش‌تنیده شده و در موقعیت طراحی، فیکس می شوند. جهت تولید این محصولات، بتن بسیار ویژه ای با تکنولوژی پیشرفته متراکم و شکل دهی می شود. در این سیستم بجای آرماتور از کابلهای فولادی پر مقاومت استفاده می شود که از داخل محل دال بتنی عبور کرده و از دو طرف تحت کشش قرار می گیرد. در این مرحله بتن ریزی دال صورت گرفته و سپس کابلهای تحت کشش رها می گردند. در انتهای کابل ها غلاف هایی وجود دارند که تنش کششی کابل ها را به دال بتنی منتقل می کند، در نتیجه دال بتنی تحت تنش فشاری اولیه و کابل ها تحت تنش کششی اولیه قرار دارند.

استفاده از این سقف سبب حذف تیرهای میانی، کمتر شدن ارتفاع غیر مفید در سازه و در نهایت سبکتر شدن سازه و اقتصادی تر شدن طرح می گردد. این نوع سقف قابلیت پوشش فضاهایی تا دهانه ۱۲ متری را دارد. حذف تعداد تقریباً زیادی از تیرها، ستون ها و قالب بندی تیپ و سازه زیر سقف، همچنین امکان باز کردن قالب سقفها در زمان کوتاهتر (۳ تا ۷ روز) سبب کاهش زمان اجرای سازه می گردد. عدم وجود آویز تیرها در فضای داخلی پلان ها از جمله نکات مثبتی است که بطور میانگین سبب کاهش ارتفاع هر طبقه در حدود ۴۰ سانتی متر می شود. از طرفی به سبب داشتن سطحی کاملاً صاف در زیر سقف نیازی به اجرای سقف کاذب نبوده (بجز در مواردی که بنابر نیاز معماری اجرای سقف

کاذب لازم است) و عملیات تاسیساتی نیز بصورت ساده تر اجرا می گردد. در این پروژه استفاده از سیستم سقف پیش تنیده امکان افزایش مدول طرح را از ۵ متر به ۱۰ متر فراهم می نماید، این امر سبب افزایش تعداد پارکینگ ها و حذف ستون های مزاحم در مسیرهای عبور و در نتیجه سهولت گردش ماشین ها می شود.

۷-۵-۶- نظام پوشش سقف CDS (Composite Deck Slab)

اجرای سیستم سقف های دال عرشه مرکب مشخصاً در مواردی که عملکرد تیرهای فلزی و بتن مدنظر باشد یا در دالهای مرکب (کامپوزیت) سقف ساختمانها، کاربرد دارند. دال - عرشه مرکب (کامپوزیت) از یک عرشه فلزی فرم دار به عنوان قالب دائمی و دال بتنی روی آن تشکیل شده است که در یک دهانه بین دو تیر مهار می شوند. عرشه فلزی با دال بتنی بطور مرکب تحت بارهای نهایی عمل می کنند و تمامی بارهای وارده را در حین اجرا قبل از مقاومت نهایی بتن تحمل می کنند. یک شبکه سبک از آرماتور نیز در بتن جای می گیرد. اتصالات برشی نیز جهت تأمین عملکرد مرکب بین بتن و تیر فلزی مورد استفاده قرار می گیرد.

در سیستم سازه ای این نوع سقفهای کامپوزیت به دلیل وجود یک یا دو تیر فرعی در بین قابهای اصلی بار به صورت شطرنجی توزیع شده و این موضوع باعث می گردد تعداد تیرچه ها در مقایسه با انواع دیگر سقفهای کامپوزیت کمتر گردد. این گزینه نیز برای ساختمان های ۲۰ و ۳۰ طبقه این پروژه توصیه می شود.

۷-۶- نظام پوشش دیوارها

۱- نظام پوشش بلوک سفالی.

در این روش جهت دیوار چینی از بلوک سفالی استفاده می شود.

ب) 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 تأمین ویژگی های مورد نیاز می باشد. شبکه های مفتولی تقویت کننده برای اطمینان از استحکام مکانیکی بالای پانل ها توسط خرپاهای قطری به طور مناسبی بهم جوش شده اند.

۲- دیوار خشک

یکی از سیستم های نوین که از حدود ۵۰ سال پیش تاکنون پیشرفت های قابل ملاحظه ای نموده است، درای وال ها می باشد. این سیستم ها قابلیت استفاده از طیف گسترده ای از صفحات، مانند صفحات مقاوم در برابر صدا، رطوبت و حریرق را دارند. این صفحات بر روی مقاطع فلزی با وزن بسیار کم که مقطع آنها به شکل C یا U فرم داده شده اند، نصب می شوند و در واقع ساده ترین نوع دیوار جدا کننده می باشند. صفحاتی که بر روی این قاب های فلزی نصب می شود، دارای لبه ای با پخ ملایم بوده و به وسیله نوار و خمیر درزگیر، درزگیری و مسلح می شود. این صفحات علاوه بر زیبایی، سبک بودن، آکوستیک بودن و سهولت و سرعت در نصب، در فضاهای مختلف قابل نصب و اجراست و تاثیر بسزایی در جلوگیری از هدر رفتن انرژی دارد.

۳- مزایای استفاده از دیوارهای سبک پیش ساخته در مقایسه با روش های سنتی:

۱- ایستادگی و مقاومت در برابر زلزله وعدم ایجاد آوار

۲- کاهش وزن کلی ساختمان ودر نتیجه آن کاهش وزن سازه فونداسیون

- ۳- منطبق با مبحث ۱۹ مقررات ملی ساختمان
- ۴- صرفه جویی در انرژی گرمایش و سرمایشی
- ۵- صرفه جویی در ابعاد رادیاتورها و بویلرها
- ۶- راحت و سریع بودن حمل و بالا بردن راندمان انتقال مصالح به طبقات و در نتیجه سرعت در اجرای سیستم
- ۷- عایق صوتی بسیار خوب
- ۸- میزان کم مصرف مصالح گچ کاری بدلیل سطح تمام شده صاف
- ۹- کیفیت مناسب و عدم ایجاد ترک در دیوار
- ۱۰- سهولت قابل ملاحظه در لجستیک مصالح
- ۱۱- حذف نعل درگاه در سیستم ساختمان
- ۱۲- کارگاه ساختمانی تمیز و عدم وجود نخاله

۴- مزایای استفاده از دیوارهای سبک پیش ساخته در مقایسه با دیوار سفالی:

کاهش وزن تمام شده دیوار در یک متر مربع: یک متر مربع دیوار نازک کاری شده جدا کننده خارجی دیوارهای سبک پیش ساخته که از سمت داخل گچ رویه و از سمت خارج سیمان سفید شده باشد دارای وزن ۱۴۶/۹۶ کیلو گرم میباشد که در مقایسه با همان دیوار از نوع سفالی دو جداره که ۳۰۱/۶۳ کیلو گرم میباشد ۵۰٪ سبک تر است. این مورد در پایین آمدن وزن اسکلت ساختمان مورد نظر مهندسین محاسب می باشد.

اجرای سریع و آسان: هر اکیپ سفالچین شامل یک بنا و دو کارگر بطور متوسط و با در نظر گرفتن ۷۵٪ راندمان کار مفید روزانه تقریباً قادر به اجرای ۲۰ متر مربع دیوار سفالی دو جداره خواهند بود که در شرایط یکسان با همان راندمان کاری قادر به اجرای ۱۰۰ متر مربع دیوار دیوارهای سبک پیش ساخته میباشد. ملاحظه می کنید که سرعت اجرا تقریباً ۵ برابر می شود و در قیمت تمام شده و بالا سری پروژه بسیار حائز اهمیت است.

۵- معایب استفاده از دیوارهای سبک پیش ساخته در مقایسه با دیوار سفالی:

نیاز به نیروی انسانی با تخصص بالاتر
عدم امکان ایجاد تغییرات به سادگی در زمان اجرا و بهره برداری
تولید گاز سمی به هنگام آتش سوزی
نیاز به احداث دار بست در زمان اجرای دیوارهای خارجی ساختمان
پانل های پیش ساخته غیر باربر (دیوارهای جدا کننده):
پانل های غیر باربر می توانند به عنوان اجزاء جدا کننده ساختمان (تیغه ها) بکار برده شوند این قطعات که با بتن پوشیده می شوند 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 استاندارد ملی ۵۱۹ را تحمل نمایند. همچنین این تیغه ها 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.

۶- مقایسه قیمت دیوار پیش ساخته سبک و دیوار سفالی

آنالیز قیمت تمام شده یک مترمربع دیوار مشبک 20cm TRIDIWALL نما:

ردیف	شرح عملیات	واحد	بها واحد (ریال)	تعداد در ۱ مترمربع	مقدار	بهای کل (ریال)
۱	دیوار مشبک سبک با ضخامت ۷ سانتیمتر	m2	۸۳,۵۰۰	۱	۱	۸۳,۵۰۰
۲	حمل از کارخانه تا محل پروژه	m2	۱,۰۰۰	۱	۱	۱,۰۰۰
۳	نصب پانل مشبک	m2	۳۵,۰۰۰	۱	۱	۳۵,۰۰۰
۴	عملیات شات تا زیر مش با مصالح	m2	۲۳,۰۰۰	۱	۲	۴۶,۰۰۰
۵	گچ کاری رویه از طرف داخل	m2	۱۰,۰۰۰	۱	۱	۱۰,۰۰۰
جمع ناخالص						۱۷۵,۵۰۰

آنالیز قیمت تمام شده یک مترمربع دیوار سفالی ۲۰cm نما بدون عایق حرارتی براساس فهرست بهاء سال ۸۷

ردیف	شرح عملیات	ردیف فهرست بها	واحد	بها واحد (ریال)	تعداد در ۱ مترمربع	مقدار	بهای کل (ریال)
۱	دیوار سفالی 20 cm	۱۱۰۴۰۲	m ²	۱۳۱,۱۰۰	۱	۱	۱۳۱,۱۰۰
۲	شمشه گیری سیمان از طرف خارج	۱۸۰۳۰۲	m ²	۳,۲۵۰	۱	۱	۳,۲۵۰
۳	اندود گچ و خاک برای داخل	۱۸۰۲۰۲	m ²	۱۲,۷۰۰	۱	۱	۱۲,۷۰۰
۴	اندود سیمانکاری برای خارج	۱۸۰۳۰۵	m ²	۲۱,۱۰۰	۱	۱	۲۱,۱۰۰
۵	گچ کاری رویه از طرف داخل	۱۸۰۲۰۴	m ²	۹,۶۶۰	۱	۱	۹,۶۶۰
جمع ناخالص							۱۷۷,۸۱۰ ریال

آنالیز قیمت تمام شده یک متر مربع دیوار مشبک TRIDIWALL 10cm داخلی:

ردیف	شرح عملیات	واحد	بها واحد (ریال)	تعداد در مترمربع	مقدار	بهای کل (ریال)
۱	دیوار مشبک ۵ ساتیمتر	m ²	۷۸,۷۰۰	۱	۱	۷۴,۷۷۰
۲	حمل	m ²	۱,۰۰۰	۱	۱	۱,۰۰۰
۳	نصب	m ²	۳۵,۰۰۰	۱	۱	۳۵,۰۰۰
۴	عملیات شات تا زیر مش با مصالح	m ²	۲۳,۰۰۰	۱	۲	۴۶,۰۰۰
۵	گچ کاری از دو طرف	m ²	۱۰,۰۰۰	۱	۲	۲۰,۰۰۰
جمع ناخالص						۱۷۶,۷۷۰

آنالیز قیمت تمام شده یک مترمربع دیوار سفالی ۲۰ cm بدون عایق حرارتی براساس فهرست بهاء سال ۸۷

ردیف	شرح عملیات	ردیف فهرست بها	واحد	بها واحد (ریال)	تعداد در مترمربع	مقدار	بهای کل (ریال)
۱	دیوار سفالی 20 cm	۱۱۰۴۰۲	m ²	۱۳۱,۱۰۰	۱	۱	۱۳۱,۱۰۰
۲	اندود گچ و خاک	۱۸۰۲۰۲	m ²	۱۲,۷۰۰	۱	۲	۲۵,۴۰۰
۳	گچ کاری رویه از طرف دو طرف	۱۸۰۲۰۴	m ²	۹,۶۶۰	۱	۲	۱۹,۳۲۰
	اندود سیمانکاری جهت نصب سنگ	۱۸۰۳۰۵	m ²	۲۱,۱۰۰	۱	۰/۵	۱۰,۵۵۰
جمع ناخالص							۱۸۶,۳۷۰

محاسبه وزن یک مترمربع از پانل TRIDIWALL نسبت به دیوار سفال ۲۰ cm بدون عایق در نما :

محاسبه وزن یک مترمربع از پانل TRIDIWALL	محاسبه وزن یک مترمربع دیوار سفالی ۲۰ cm
وزن هسته میانی $1 \times 0.06 \times 12 = 0.72$ kg از نوع پلی استایرن متراکم	وزن یک مترمربع دیوار $850 \times 0.15 = 127.5$ kg سفالی به ضخامت 20cm
وزن مفتول مصرفی $1 \times 3.24 = 3.24$ kg در ساختمان پانل TRIDIWALL	وزن یک مترمربع $1 \times 0.02 \times 2100 = 42$ kg سیمان آستر نمای خارجی

وزن ملات $1 \times 0.03 \times 2100 \times 2 = 126 \text{ kg}$ ماسه و سیمان به ضخامت 3cm در هر طرف	وزن یک مترمربع $1 \times 0.02 \times 1600 = 32 \text{ kg}$ اندود گچ و خاک داخلی
وزن یک مترمربع $1 \times 0.005 \times 1300 = 6.5 \text{ kg}$ اندود گچ پرداختی رویه از سمت داخل	وزن یک مترمربع $1 \times 0.005 \times 1300 = 6.5 \text{ kg}$ اندود گچ پرداختی رویه از سمت داخل
وزن یک مترمربع $1 \times 0.03 \times 2000 = 60 \text{ kg}$ آجرکاری نما از سمت خارج	وزن یک مترمربع $1 \times 0.03 \times 2000 = 60 \text{ kg}$ آجرکاری نما
جمع کل: 196.46 kg/m^2	جمع کل: 268 kg/m^2

کاهش وزن یک متر مربع دیوار نما ۲۰ cm تمام شده با پانل TRIDIWALL نسبت به دیوار سفالی معادل 71.54 kg/m^2 میباشد

محاسبه وزن یک مترمربع از پانل TRIDIWALL نسبت به دیوار سفالی 20cm داخلی:

محاسبه وزن یک مترمربع از پانل TRIDIWALL	محاسبه وزن یک مترمربع دیوار سفالی ۲۰ cm
وزن هسته میانی $1 \times 0.06 \times 12 = 0.72 \text{ kg}$ از نوع پلی استایرن تراکم	وزن یک مترمربع دیوار $850 \times 0.15 = 127 \text{ kg}$ سفالی به ضخامت 15cm
وزن مفتول مصرفی $1 \times 3.24 = 3.24 \text{ kg}$ در ساختمان پانل TRIDIWALL	وزن یک مترمربع $2 \times 0.02 \times 1600 = 64 \text{ kg}$ اندود گچ و خاک دو طرف
وزن ملات $1 \times 0.03 \times 2100 \times 2 = 126 \text{ kg}$ ماسه و سیمان به ضخامت 3cm در هر طرف	وزن یک مترمربع $2 \times 0.005 \times 1300 = 13 \text{ kg}$ اندود گچ پرداختی رویه از دو طرف
وزن یک مترمربع $2 \times 0.005 \times 1300 = 13 \text{ kg}$ اندود گچ پرداختی رویه از دو طرف	
جمع کل: 142.96 kg/m^2	جمع کل: 204 kg/m^2

کاهش وزن یک متر مربع دیوار داخلی ۲۰ cm تمام شده با پانل TRIDIWALL نسبت به دیوار سفالی معادل 61 kg/m^2 می باشد.

همچنین با توجه به مزایای استفاده از 3D پانل از جمله مبحث عایق صوتی و حرارتی بودن آن و کاهش بار مرده ساختمان که این خود موجبات کاهش وزن اسکلت می گردد استفاده از سیستم TRIDIWALL در این پروژه مقرون به صرفه و به نوعی ضروری می باشد. البته برای ساختمان های ۲۰ طبقه و ۳۰ طبقه این پروژه دیوار خشک توصیه می گردد زیرا دارای شکل پذیری کافی تحت جابجایی های جانبی ناشی از نیروهای زلزله می باشد، حال آنکه دیوار 3Dwall تحت این جابجایی های دچار ترک خوردگی می گردد.

۸- انتخاب سیستم سازه ای

۸-۱- مقدمه

در این قسمت سعی در گردآوری خلاصه ای از بررسی های اولیه شرکت در زمینه آنالیز و ارزیابی یک مرکز تجاری، تفریحی و اقامتی شده است.

با توجه به موارد ذکر شده در بخش های پیشین انتخاب سیستم مناسب برای سازه این ساختمان باید با

در نظر گرفتن ایمنی کافی در امر ایستادگی در مقابل بارهای عادی و فوق العاده که در طول عمر طرح ساختمان به آن وارد می شود، باشد. و همچنین توجه به شرایط ساخت و اجرا، زمان ساخت و در نهایت اقتصادی بودن طرح از اصول مهم در انتخاب سیستم سازه ای می باشد.

جهت فراهم آوردن زمینه انتخاب طرح بهینه و کارآمد از لحاظ اقتصادی و اجرایی برای سازه ساختمان های این پروژه چند گزینه برای سیستم های سازه ای و سقف ارائه گردیده و مقایسه می شوند.

سیستم سازه ای:

قاب خمشی فلزی

قاب خمشی بتنی

قاب خمشی فلزی به همراه مهاربند

سیستم قاب بتنی لوله ای

سیستم سقف:

سقف کامپوزیت

سقف بتنی پیش تنیده

سقف CDS

سیستم دیوار:

سیستم 3DWall

سیستم دیوار خشک

۸-۲-۲- ارزیابی سیستم های سازه ای برای این پروژه

۸-۲-۱- قاب خمشی فلزی

این سیستم برای ساختمان های تجاری و فرهنگی، که معمولاً کوتاه مرتبه می باشند، مناسب و اقتصادی می باشد. در این سیستم اتصال صلب تیرها و ستون ها باعث ایجاد سختی و مقاومت جانبی ساختمان می شوند و در عین حال باعث ایجاد تداخل در بازشوها نمی گردد.

۸-۲-۲- قاب خمشی بتنی

با توجه به دهانه های بلندی که ممکن است در ساختمان های تجاری و فرهنگی این پروژه موجود باشد، استفاده از این سیستم در کل توصیه نمی شود. علی ایحال در دهانه های متعارف تر پروژه جهت کاهش هزینه های ساخت پروژه این سیستم به عنوان سیستم جایگزین پیشنهاد می گردد.

۸-۲-۳- قاب خمشی فلزی به همراه بادبند

این سیستم برای سازه ساختمان های ۲۰ و ۳۰ طبقه این پروژه مناسب و اقتصادی است، زیرا با وجود وزن کم، دارای مقاومت و سختی جانبی کافی برای مقابله با نیروهای لرزه ای می باشد. البته وجود بادبند در دهانه های مختلف مانع ایجاد بازشو در ساختمان بوده که این امر باید در طرح معماری مورد توجه قرار

گیرد. این سیستم برای ساختمان های کوتاه مرتبه تجاری و فرهنگی توصیه نمی گردد، زیرا دهانه های مهاربندی محل معماری داخلی ساختمان های مذکور می گردد، همچنین سختی ایجاد شده توسط مهاربندها در ساختمان های کوتاه مرتبه بسیار بیشتر از سختی مورد نیاز می باشد.

۸-۲-۴- سیستم قاب بتنی لوله ای

این سیستم برای ساختمان های بلند مرتبه اداری و هتل مناسب ترین سیستم می باشد زیرا علاوه بر ایجاد سختی و مقاومت کافی در برابر نیروهای لرزه ای، حجم کمی از فضای داخلی ساختمان را اشغال می نماید زیرا سیستم باربر جانبی در محیط ساختمان قرار دارد. البته این سیستم معایبی نیز دارد که از آن جمله می توان به سرعت پایین اجرای و وزن بالای سازه اشاره نمود. اما در مجموع سیستم مناسبی برای این دو ساختمان بلند مرتبه می باشد.

۸-۳-۳- ارزیابی سیستم سقف

۸-۳-۱- سقف کامپوزیت

این سقف برای طبقات ساختمان ها کوتاه مرتبه تجاری و فرهنگی مناسبترین سیستم پوشش می باشد زیرا دارای وزن نسبتاً کمی بوده که این امر باعث کاهش وزن سازه و اقتصادی شدن پروژه می گردد. همچنین با این سیستم می توان دهانه های بلند را پوشش داد که این امر فضای بیشتری را در اختیار معماری ساختمان قرار می دهد. برای ساختمان های بلند مرتبه این پروژه، بعد از سقف CDS، این سیستم بهترین گزینه برای ایجاد سقف ها می باشد.

۸-۳-۲- سقف بتنی پیش تنیده

در صورت انتخاب سیستم لوله ای بتنی برای ساختمان های بلند مرتبه این پروژه سقف بتنی پیش تنیده بهترین گزینه برای انتقال بارهای ثقلی به سازه می باشد زیرا این نوع سقف می تواند ضمن حفظ انسجام و سختی دیافراگم طبقات دهان های بلند را براحتی پوشش دهد که این امر منجر به کاهش تعداد ستون های داخلی و در نتیجه افزایش فضای مفید ساختمان می گردد.

۸-۳-۳- سقف CDS

این نوع سقف برای پوشش دهانه های بزرگ بخصوص در مورد ساختمان های بلند مرتبه این مجموعه توصیه می گردد، زیرا سرعت قابل اجرا بوده و همچنین نیاز به قالب بندی و جمع آوری مجدد آنها ندارد. این سیستم دهان های بلند تا ۱۰ متر را پوشش داده و قابلیت خوبی برای انتقال نیروهای لرزه ای دارد.

۸-۴-۴- ارزیابی سیستم دیوار

۸-۴-۱- سیستم 3DWall

برای ساختمان های تجاری و فرهنگی این مجموعه سیستم 3DWall توصیه می گردد زیرا سبک بوده و سرعت قابل اجرا می باشد. اما این نوع دیوارها برای ساختمان های ۲۰ و ۳۰ طبقه این پروژه مناسب نمی باشند زیرا تحت نیروهای جانبی زلزله دچار ترک خوردگی می گردند.

۸-۴-۲- سیستم دیوار خشک

برای ساختمان های بلند مرتبه این مجموعه سیستم دیوار خشک (DryWall) پیشنهاد می گردد زیرا دارای وزن کم و سرعت اجرای بالا می باشد. بدلیلی اتصالات مفصلی این سیستم، دیوار برآحتی قادر به تحمل جابجایی های جانبی ناشی از نیروهای لرزه ای می باشد. وزن کم این دیوارهای نیز باعث کاهش وزن سازه و در نتیجه اقتصادی شدن طرح سازه می گردد.