



کد پروژه: ۹۹۰۲۰۲

تاریخ: ۱۳۹۹/۰۲/۳۱



پارت سازه

PART SAZE STRUCTURAL ENGINEERING

تایید مدیریت	تایید مدیریت مالی	تایید مسئول فنی
حجت کارگر	علی عصارى	هادی قمرى

شرکت مهندسی پارت سازه ساینار

پیشنهادیه

استفاده از میراگرهای فلزی تدس در

پروژه تجاری – اقامتی هوم لند مشهد

اردیبهشت ماه ۱۳۹۹

فهرست مطالب

بخش اول: مقدمه ۶

الف) فواید استفاده از میراگر در طراحی سازه ها ۶

ب) معرفی مختصر فنی میراگرهای تدس ۷

پ) مزایای استفاده از میراگرهای تدس پارت سازه در ساختمان ۱۱

بخش دوم: معرفی پروژه حاضر ۱۱

بخش سوم: طراحی با میراگر تدس ۱۶

۱- مقدمه و بیان جانمایی پیشنهادی میراگرها ۱۶

۲- بارگذاری ۱۹

الف) بار مرده ۱۹

ب) بار زنده ۱۹

پ) بار خطاهای ناشی از ساخت ۱۹

ت) بار زلزله افقی و قائم ۱۹

ث) بار فشار خاک ۲۰

۳- ترکیبات بارگذاری طراحی ۲۱

۴ - تحلیل و طراحی سازه با میراگر و بیان مختصر نتایج و خروجی های تحلیل	۲۲
۵ - بررسی وزن اسکلت فلزی در سازه مسلح به میراگر	۲۶
بخش پنجم : جمع بندی، بررسی اقتصادی و خلاصه نتایج.....	۲۹
پیوست ۱ : تاییدیه ها و گواهینامه ها	Error! Bookmark not defined.
پیوست ۲ : مزایای میراگرهای تدس پارت سازه در یک نگاه	Error! Bookmark not defined.
پیوست ۳ : میراگر تدس در جهان و ایران	Error! Bookmark not defined.
مراجع	۳۴

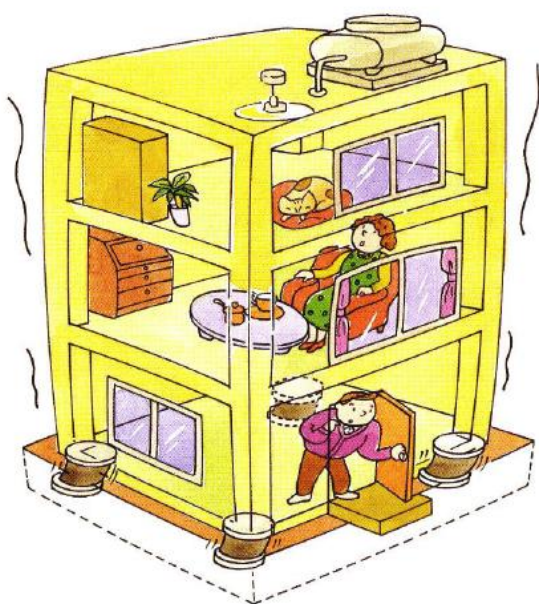
بخش اول: مقدمه

الف) فواید استفاده از میراگر در طراحی سازه ها

میراگرها وسایل اتلاف کننده انرژی زلزله می باشند که در نواحی مشخصی از سازه نصب شده و با مکانیزم های خاصی نظیر تسلیم هسته فولادی، اصطکاک، برش سیال و ... منجر به بهبود رفتار سازه در حین زلزله می شوند. در دنیا در دهه های اخیر از میراگرها که از آن به عنوان سیستم های کنترل غیرفعال نام برده میشود به وفور استفاده شده است. تجهیزاتی که استفاده از آنها در صنعت ساخت و ساز ایران آرام آرام در حال رونق گرفتن می باشد.

در حین وقوع زلزله بخشی از انرژی زلزله توسط میراگرها مستهلک شده و بدین ترتیب اعضای اصلی سازه نظیر تیرها، ستون ها و ... از آسیب های شدید در امان می مانند.

سازه دارای سیستم کنترلی



سازه بدون سیستم کنترلی



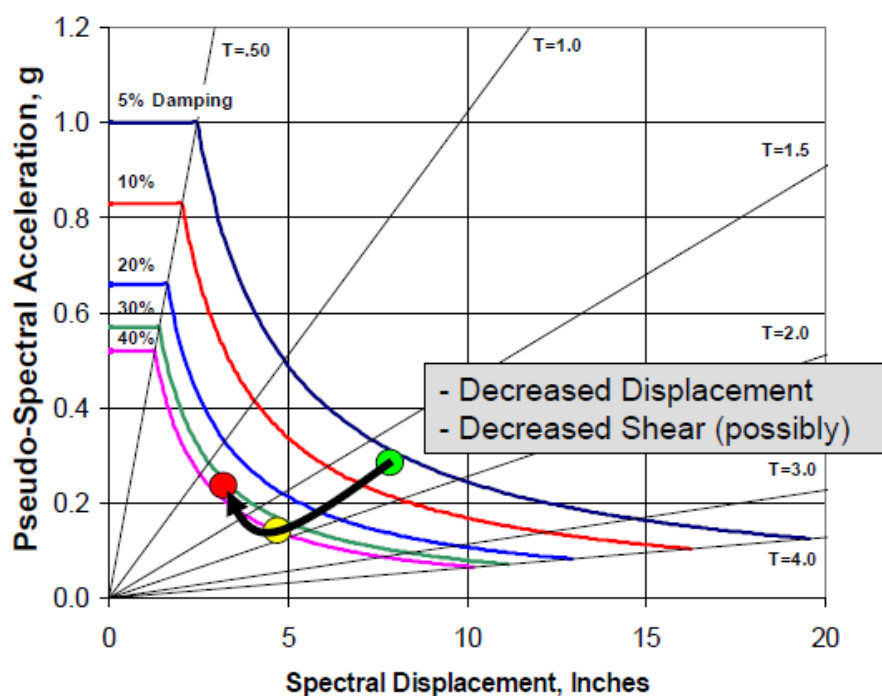
ب) معرفی مختصر فنی میراگرهای تدس

میراگر تدس نوعی از انواع میراگرهای فلزی غیرفعال اتلاف انرژی و ابزاری برای کنترل ارتعاشات سازه‌ها می‌باشد. جهت دریافت اطلاعات بیشتر در مورد کنترل سازه‌ها، ابزار و روش‌های مختلف آن، کتابچه میراگر تدس پیوست می‌باشد. روش اتلاف انرژی در این میراگر بدین صورت است که پره‌های مثلی شکل این میراگر معمولاً بسیار زودتر از المان‌های سازه تسلیم و وارد محدوده غیرخطی خود می‌شوند و بدین ترتیب در طی چرخه‌های هیسترتیک خود انرژی تحریک خارجی مخصوصاً زلزله را به صورت گرما اتلاف و از چرخه باربری سازه خارج می‌نمایند. بر این اساس به طور کلی این میراگرها میرایی سازه را افزایش می‌دهند و در عین حال مقداری سختی نیز به سازه اضافه می‌نمایند. اگر چه سختی اضافه‌شده توسط این میراگرها به سازه در برابر سختی سازه مقدار بسیار کوچکی می‌باشد.



شکل شماره ۱ - تصویر میراگر فلزی پره مثلی یا تدس که یکی از انواع میراگرهای غیرفعال اتلاف انرژی زلزله می‌باشد

در **Error! Reference source not found.** می توان اثر افزودن همزمان سختی و میرایی به سازه را ملاحظه نمود. با توجه به آنکه سختی میراگر در مقایسه با سختی سازه عدد بسیار کوچکی می باشد بنابر در نهایت در اثر اضافه کردن میراگرها، کاهش در برش پایه و ارتعاشات سازه به دلیل افزایش میرایی سازه ملاحظه خواهد گردید. در میراگرهای تدس پارت سازه با توجه به حرکت قائم آزادانه پین در داخل شیار (رجوع کنید به **Error! Reference source not found.**) در هنگام زلزله سختی محوری پره ها تاثیری در سختی سیستم باربر جانبی نخواهد داشت و از طرف دیگر این میراگرها متحمل بار ثقلی نخواهند شد. این مسئله منجر به مشخص بودن و قابل پیش بینی بودن عملکرد این میراگر در حین زلزله خواهد شد و از طرف دیگر باعث خواهد شد تا در صورت نیاز به تعویض این میراگر پس از زلزله، این امر به سادگی و با صرف هزینه ی بسیار پایین صورت پذیرد.



شکل شماره ۲- اثر افزودن همزمان سختی و میرایی به سازه (اثر حضور میراگرهای فلزی در سازه)

دیگر مزیت بزرگ این میراگر در شکل هندسی آن است؛ با توجه به اینکه میراگرها در راستای افق همانند تیر کنسول عمل می کنند و نیروی ناشی از زلزله در پایین این ورق ها وارد می شود، لنگر به صورت خطی در ارتفاع ورق افزایش می یابد تا به مقدار بیشینه ی خود در بالای ورق ها که به ورق فوقانی میراگر متصل هستند برسد. از طرفی شکل مثلی این پره ها بدان معناست که ممان اینرسی مقطع عرضی به صورت خطی از کمترین مقدار خود در پایین ورق تا بیشترین مقدار در بالای ورق افزایش می یابد؛ بنابر تنش عمودی ناشی از خمش $\sigma = \frac{Mc}{I}$ در ارتفاع مقطع تقریباً عدد ثابتی است؛ بر این اساس تمام مقطع همزمان تسلیم شده و از ظرفیت تمام فلز به کار رفته در هر پره استفاده می شود. بنابر این میراگر تدس به نسبت کارایی خود هزینه ی مناسب تری به نسبت سایر میراگرهای فلزی خواهد داشت.

امروزه میراگرهای فلزی در پروژه های مختلفی در دنیا از جمله ژاپن به کار گرفته می شوند و برخی از شرکت های بزرگ تولید کننده میراگر به سمت تولید و استفاده از این نوع میراگرها در پروژه های حرکت نموده اند.

با توجه به رتبه ششم ایران در بین کشورهای لرزه خیز دنیا، شرکت پارت سازه در راستای ارتقای مقاومت، عملکرد و قابلیت بهره برداری سازه ها در هنگام تحریکات شدید دینامیکی همانند زلزله این میراگر را تولید نموده است و با اخذ تاییدیه ها و مجوزهای لازم از مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی که در ادامه این گزارش قرار داده شده است از این میراگرها در ساخت سازه های جدید و نیز مقاوم سازی سازه های موجود استفاده می نماید. در ادامه

تصاویری از نحوه ی نصب میراگر تدس در قاب های ساختمانی فلزی و بتنی در **Error! Reference source**

not found. آورده شده است.

همچنین این محصول مورد تایید کامل مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی قرار گرفته است. تاییدیه محصول که بر اساس ضوابط استاندارد ASCE/SEI41-13 و FEMA – P 1050 – 1 ایالات متحده آمریکا اخذ شده است و تصویر آن در انتهای گزارش در **Error! Reference source not found.** قرار داده شده است. علاوه بر تاییدیه‌های فوق این محصول مورد تایید بانک مسکن نیز می‌باشد که تصاویر نامه‌ی تاییدیه و بخشنامه‌ی استفاده از آن در ساختمان به ترتیب در **Error! Reference source not found.** و **Error! Reference source not found.** آورده شده است.



شکل شماره ۳ - نحوه ی نصب میراگر تدس در قاب ساختمانی در آزمایشگاه مرکز تحقیقات راه مسکن و شهرسازی

پ) مزایای استفاده از میراگرهای تدس پارت سازه در ساختمان

- مقاوم تر شدن ساختمان در برابر زلزله های شدید.
- کاهش ارتعاشات ساختمان، جابه جایی ها، تخریب دیوارها و سایر المان های سازه ای و غیرسازه ای در هنگام بروز زلزله های شدید.
- کاهش حس ترس و اضطراب ساکنین در هنگام بروز زلزله های شدید به دلیل کاهش جابجایی و شتاب طبقات.
- ساخت ایران و پشتیبانی نصب و خدمات پس از فروش در داخل ایران و عدم تاثیرپذیری از تحریم
- دستاوردی تبلیغاتی و موثر در مرحله فروش پروژه به دلیل استفاده از فناوری نوین میراگرهای لرزه ای.
- شاخص شدن پروژه در دیدگاه عموم به عنوان پروژه ای دارای فناوری نوین مقاوم در برابر زلزله.
- مورد تایید بانک مسکن جمهوری اسلامی ایران به عنوان فناوری نوین ساختمانی و در نتیجه افزایش حدود ۵۰ درصدی وام ساخت مسکن پروژه های دارای میراگر تدس پارت سازه.
- مورد تایید مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی جمهوری اسلامی ایران برای استفاده در ساخت ساختمان های جدید.
- مورد تایید مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی جمهوری اسلامی ایران برای استفاده در مقاوم سازی ساختمان های موجود.
- آزمایش شده و تایید شده در مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی مطابق با استاندارد *ASCE/SEI 41-13* ایالات متحده.
- آزمایش شده و تایید شده در مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی مطابق با استاندارد *NEHRP2015* ایالات متحده آمریکا.
- برآورده نمودن شرایط مطلوب استاندارد *ASCE/SEI 41-13* ایالات متحده آمریکا برای عملکرد مناسب در حین زلزله.
- برآورده نمودن شرایط مطلوب استاندارد *FEMA P-1050-1* ایالات متحده آمریکا برای عملکرد مناسب در حین زلزله.

- انجام فرآیند کنترل کیفیت (Quality Control) میراگرها توسط مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی جمهوری اسلامی ایران پیرو قرارداد فی‌مابین شرکت مهندسی پارت سازه و آن مرکز محترم به شماره ۱۳۴۱۳۹۶ن تاریخ ۱۴ تیرماه ۱۳۹۶.

- عدم نیاز به دوره‌های تعمیر و نگهداری نسبت به انواع دیگر میراگرها

بخش دوم: معرفی پروژه حاضر

این پروژه مربوط به پروژه تجاری - اقامتی نوزده طبقه می‌باشد که در طرح اولیه با اسکلت فلزی طراحی گردیده است. در گزارش پیش‌رو گزارش بازطراحی سازه با استفاده از میراگر تدس ارایه می‌شود. این سازه در بلوار مصلی شهر مشهد مقدس واقع شده است. پروژه شامل ۶ طبقه زیر زمین و ۱۳ طبقه روی زمین می‌باشد؛ همچنین بالاترین کف نیز بام و خرپشته سازه می‌باشند. بر اساس فایل AutoCAD در اختیار این مشاور، این پروژه دارای متراژ تقریبی ۴۰۷۶۰ متر مربع می‌باشد که شامل جمع متراژ تمام کف‌های سازه از جمله کف بام و خرپشته است. شکل پلان در

طبقات تیپ مسکونی در **Error! Reference source not found.** و **Error! Reference source not found.**

Error! Reference source not found. قرار داده شده است. شکل سه بعدی ساختمان که در نرم‌افزار Etabs مدل شده است در **Error!**

Error! Reference source not found. قرار داده شده است. مساحت کف‌های مختلف ساختمان در جدول ۱

آورده شده است. سیستم سقف طبقات از نوع عرشه فولادی با ورق‌های دوزنقه‌ای گالوانیزه در نظر گرفته شده است.

ضخامت دال بتنی از روی ورق عرشه برابر با ۵۵ میلی‌متر و ارتفاع کنگره‌ها برابر با ۷۰ میلی‌متر می‌باشند. عرض متوسط

کنگره (تیرچه) برابر با ۱۷۰ میلی‌متر و یک گام کامل کنگره ۳۲۰ میلی‌متر می‌باشد؛ به عبارت دیگر در هر ۹۶ سانتی‌متر

۳ تیرچه وجود دارد. وزن ورق گالوانیزه به همراه مش حرارتی در هر متر مربع تقریباً برابر با ۱۱ کیلوگرم است. با

توجه به جدول و نیز با توجه به آنکه سازه در طبقات زیر زمین دارای دیوار حایل می‌باشد ارتفاعی که لازم است برای

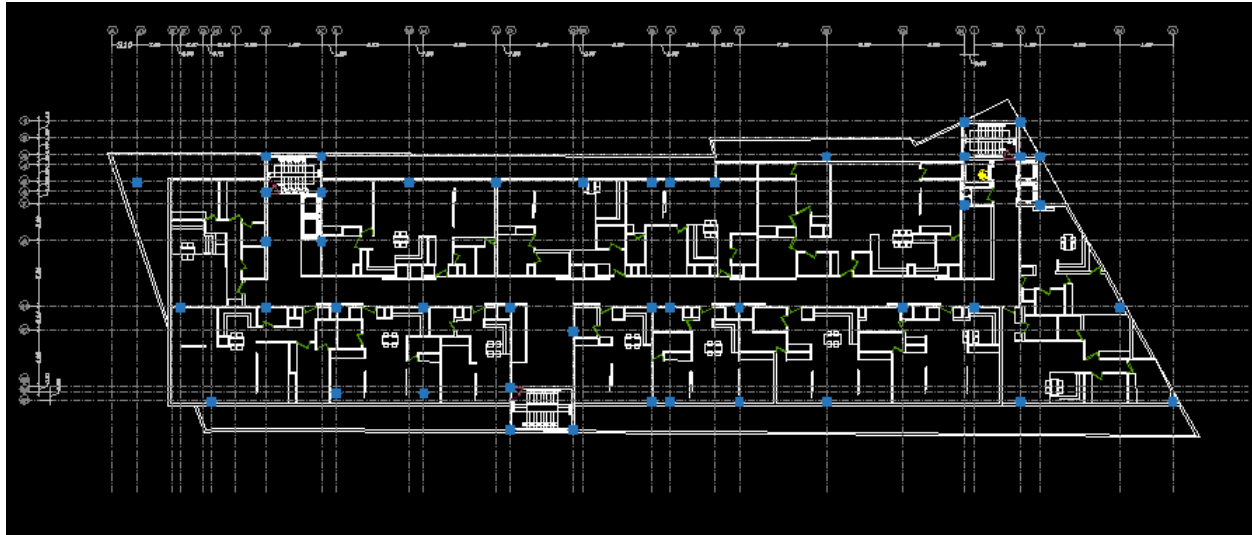
محاسبات لرزه‌ای سازه در نظر گرفته شود معادل ۱۴ طبقه خواهد بود. علیرغم آنکه تراز پایه تا تراز +۱ متر بالا آورده

شده است اما با توجه با آنکه بر اساس استاندارد ۲۸۰۰ ویرایش چهارم تراز پایه حداکثر می تواند بالاترین سقف از سقف های در زیر تراز زمین لحاظ شود که در اینجا تراز ۴- متر است. بنابر این تراز پایه ۴- متر و تعداد طبقات روی تراز پایه برابر با ۱۴ طبقه به ارتفاع کل ۶۳ متر می باشد. از آنجایی که دیوارهای حایل به سازه متصل شده اند و در واقع نقش دیوارهای برشی را نیز بازی می کنند و از طرفی به دلیل آنکه تمام محیط زیرزمین را پوشانیده اند این مسئله قابل قبول می باشد. بنابر این در طرح با میراگر نیز تراز پایه از روی کف طبقه زیرزمین اول در نظر گرفته خواهد شد.

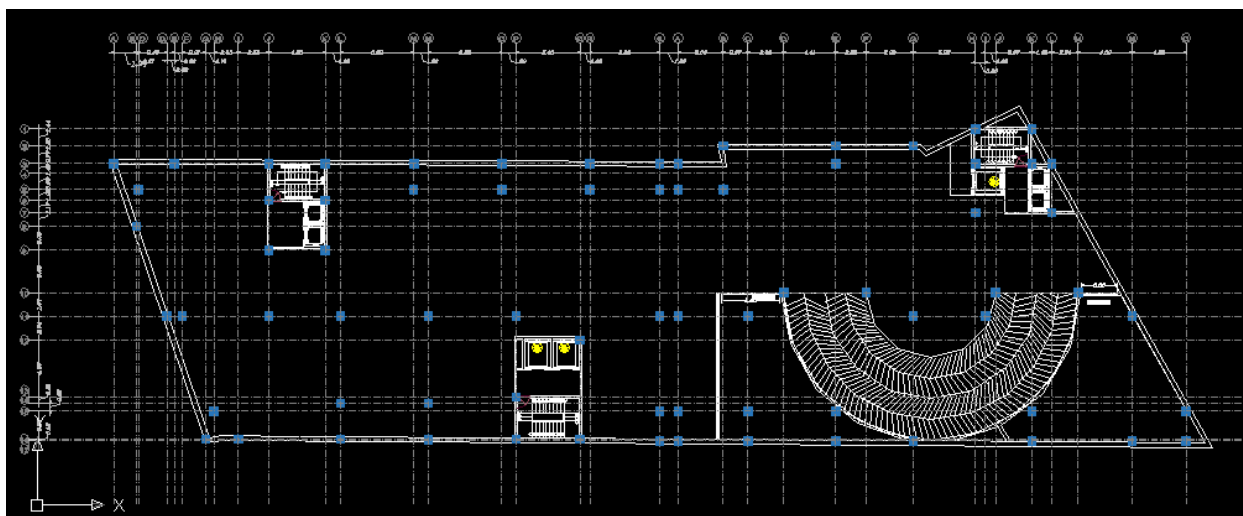
جدول ۱- مشخصات طبقات مختلف پروژه تجاری - اقامتی هوم لند مشهد (واحد ها متر هستند)

شماره طبقه	مساحت کل
تراز خر پشته	۹۶
تراز بام	۲۰۴۴,۱۶
تراز دوازدهم	۲۰۴۴,۱۶
تراز یازدهم	۲۰۴۴,۱۶
تراز دهم	۲۰۴۴,۱۶
تراز نهم	۲۰۴۴,۱۶
تراز هشتم	۲۰۴۴,۱۶
تراز هفتم	۲۰۴۴,۱۶
تراز ششم	۲۰۴۴,۱۶
تراز پنجم	۲۰۴۴,۱۶
تراز چهارم	۲۰۴۴,۱۶
تراز سوم	۲۰۴۴,۱۶
تراز دوم	۲۰۳۶,۶۹
تراز اول	۱۸۸۴,۰۷
همکف	۲۰۳۶,۶۹
زیرزمین ۱-	۲۰۳۶,۶۹
زیرزمین ۲-	۲۰۳۶,۶۹
زیرزمین ۳-	۲۰۳۶,۶۹
زیرزمین ۴-	۲۰۳۶,۶۹

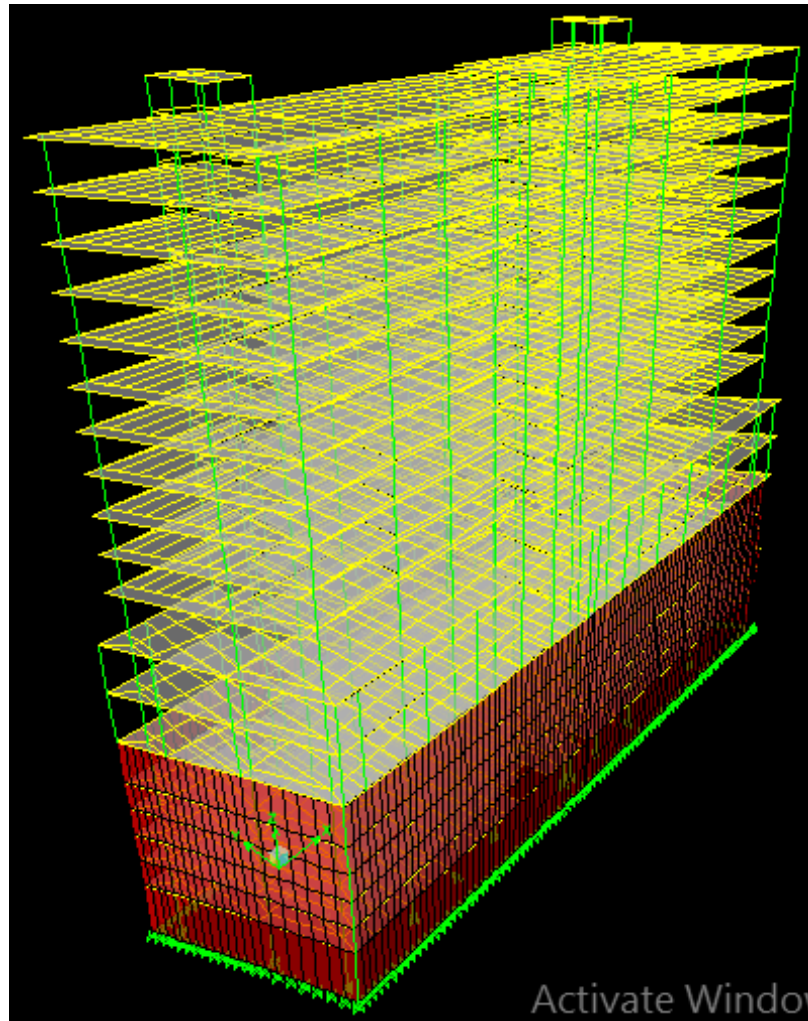
۲۰۳۶,۶۹	زیرزمین ۵-
۲۰۳۶,۶۹	بی
۴۰۷۶۰	مجموع



شکل شماره ۴ - پلان تیپ طبقات پروژه تجاری - اقامتی هوم لند مشهد



شکل شماره ۵ - پلان طبقات پارکینگ پروژه تجاری - اقامتی هوم لند



شکل شماره ۶ - شکل سه بعدی پروژه نوزده طبقه تجاری - اقامتی هوم لند که در Etabs ساخته شده است.

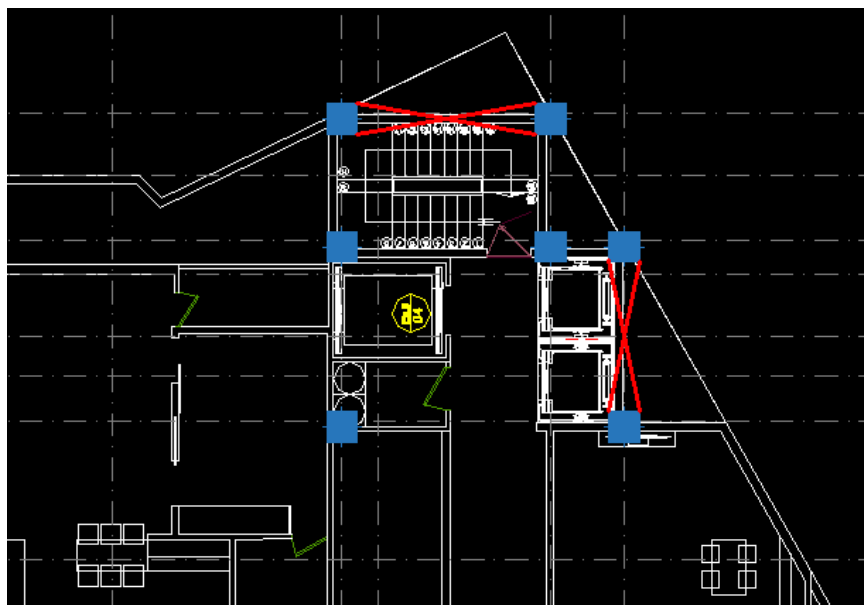
بخش سوم : طراحی با میراگر تدس

۱- مقدمه و بیان جانمایی پیشنهادی میراگرها

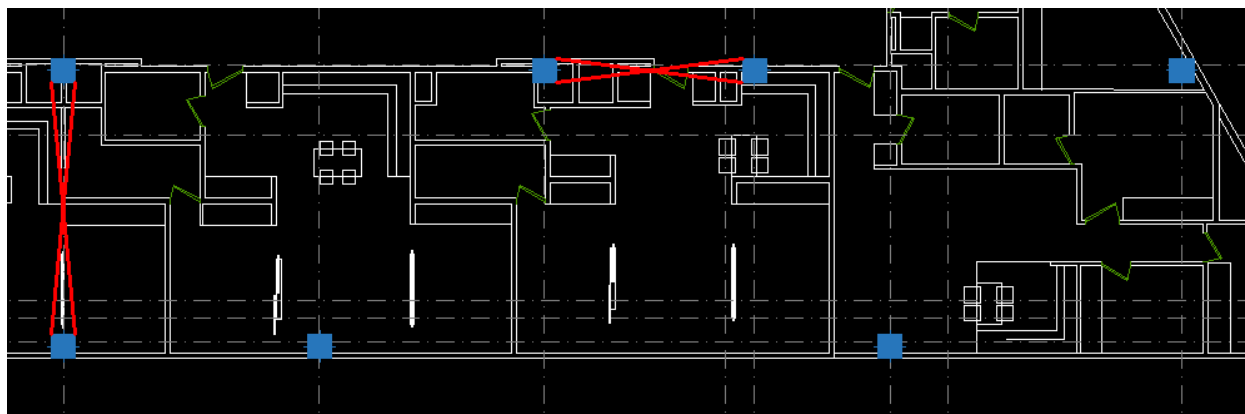
در این قسمت طرح سازه مسلح به میراگرهای تدس انجام خواهد گرفت. سیستم باربر جانبی، قاب خمشی با شکل پذیری بسیار زیاد لحاظ شده است. در واقع با توجه به ارتفاع نسبتاً بلند ۶۳ متری سازه از روی تراز پایه استفاده از سیستم قاب با شکل پذیری متوسط مجاز نمی‌باشد و لازم است از سیستم ویژه استفاده شود. لازم به ذکر است به طور کلی میزان غیرخطی شدن المان‌ها در صورت استفاده از میراگر در سیستم کاهش خواهد یافت و در واقع تقاضای شکل پذیری کمتری از سیستم باربر جانبی وجود دارد. امروزه علوم مهندسی عمران اثبات کرده است که بهترین سازه را می‌توان سازه‌ی نرم و سبکی دانست که میرایی بالایی دارد؛ زیرا از طرفی به دلیل نرمی، سازه شتاب طیفی کوچکی خواهد داشت و به دلیل سبکی و نرمی متحمل نیروهای اینرسی کوچکی در طبقات خود خواهد شد و در نتیجه برش پایه‌ی کوچکی نیز خواهد داشت و از طرف دیگر با دارا بودن میرایی بالا جابه‌جایی طیفی آن نیز کوچک و تغییر شکل‌ها در آن کنترل شده خواهد شد. با استفاده از مصالح ساختمانی سبک می‌توان وزن مرده سازه را تا حد امکان کاهش داد؛ با استفاده از سیستم باربر جانبی قاب خمشی سازه نرم خواهد شد و در نهایت با استفاده از میراگرها میرایی سازه افزایش خواهد یافت.

در این پروژه محل پیشنهادی قرارگیری میراگرها در پلان طبقات با خطوط قرمز رنگ در **Error! Reference source not found.** مشخص گردیده است. این جانمایی در تمام طبقات با هماهنگی گروه معماری انتخاب شده است و البته در طبقات مختلف ممکن است با جانمایی پیشنهادی در تصویر - که مربوط به طبقات مسکونی ۱۰ تا ۱۲ می‌باشد - اندکی متفاوت باشد. لازم است بیان گردد که این طرح، طرح اولیه به جهت تهیه‌ی پیشنهادیه‌ی حاضر

می‌باشد و طرح نهایی نتایج دقیق را مشخص خواهند نمود؛ در پایان طرح نیز به طور خلاصه و تقریبی برخی خروجی‌های فنی طرح از جمله میزان برش پایه و توزیع آن در ارتفاع به همراه دریافت طبقات در اثر زلزله‌ی طرح بیان خواهد شد.



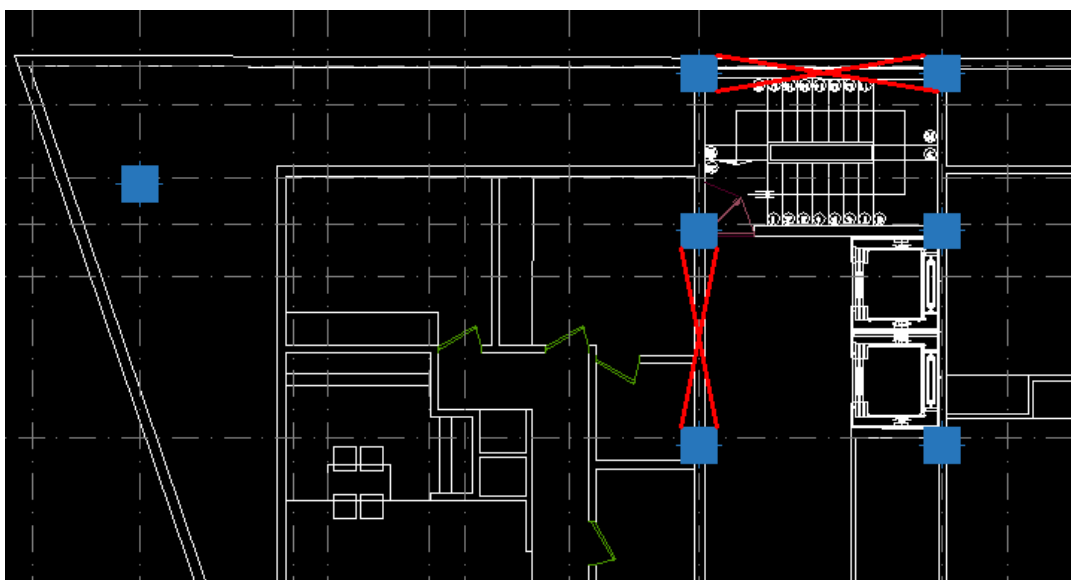
شکل شماره ۷ - محل جانمایی پیشنهادی میراگرها در طبقات تیپ - بلوک شرقی



شکل شماره ۸ - محل جانمایی پیشنهادی میراگرها در طبقات تیپ - بلوک شرقی



شکل شماره ۹ - محل جانمایی پیشنهادی میراگرها در طبقات تیپ - بلوک غربی



شکل شماره ۱۰ - محل جانمایی پیشنهادی میراگرها در طبقات تیپ - بلوک غربی

۲- بارگذاری

الف) بار مرده

معادل ۲۵۰ کیلوگرم بر متر مربع برای بام، خرپشته، طبقات پارکینگ و تجاری و نیز ۲۰۰ کیلوگرم بر متر مربع برای طبقات مسکونی در نظر گرفته شده است. بار سیستم سقف که از نوع عرشه فولادی با ورق‌های دوزنقه‌ای گالوانیزه در نظر گرفته شده است به صورت خودکار توسط نرم‌افزار محاسبه خواهد شد.

ب) بار زنده

برای طبقات پارکینگ معادل ۳۰۰ کیلوگرم بر متر مربع، طبقه همکف تجاری معادل ۵۰۰ کیلوگرم بر متر مربع، تجاری‌های غیرهمکف ۳۵۰ کیلوگرم بر متر مربع، طبقات مسکونی ۲۰۰ کیلوگرم بر متر مربع و بام و خرپشته ۱۵۰ کیلوگرم بر متر مربع می باشد.

پ) بار خطاهای ناشی از ساخت

در طراحی اولیه و با توجه به روند معمول سازمان نظام مهندسی لحاظ نشده است اما در صورت درخواست نظام مهندسی استان خراسان رضوی به طرح اضافه خواهد شد.

ت) بار زلزله افقی و قائم

برای محاسبات زلزله در دو راستای افقی به ترتیب زیر عمل می‌نماییم:

نسبت شتاب مبنای طرح مطابق با استاندارد ۲۸۰۰ برای شهر مشهد با خطر لرزه‌خیزی زیاد برابر با 0.3 ، و ضریب اهمیت سازه که دارای اهمیت متوسط می‌باشد برابر با واحد؛ مقدار ضریب B بر اساس طیف استاندارد طرح آیین نامه ۲۸۰۰ ویرایش چهارم بر اساس خاک نوع II برابر با 0.826 در هر دو راستا و ضریب رفتار سازه نیز با توجه به آنکه

سیستم باربر جانبی قاب خمشی فولادی با شکل پذیری زیاد در هر دو راستا انتخاب شده است برابر با ۷/۵ برای استفاده در طراحی به روش ضرایب بار و مقاومت خواهد بود؛ همچنین ضریب بزرگنمایی جابه جایی برای تبدیل جابه جایی حاصل از تحلیل خطی به جابه جایی نهایی برابر با ۵/۵ و ضریب اضافه مقاومت برابر با ۳ لحاظ گردیده است.

بار قائم زلزله که بر اساس استاندارد ۲۸۰۰ ویرایش چهارم لازم است در موارد زیر اعمال شود:

الف - تیرهایی که طول دهانه آنها بیش از ۱۵ متر است. همراه با ستون ها و دیوارهای تکیه گاهی آنها،

ب - تیرهایی که بار متمرکز قابل توجهی تحمل می کنند، همراه با ستون ها و دیوارهای تکیه گاهی آنها،

ج - بالکن ها و پیش آمدگی هایی که به صورت طره ساخته می شوند.

بار قائم زلزله از رابطه ی زیر محاسبه می شود:

$$F_v = 0.6 A I W_p$$

که در رابطه ی فوق W_p تمام بار مرده D به اضافه تمام سربار L می باشد. بر این اساس بار قائم زلزله به صورت زیر در نرم افزار وارد خواهد گردید:

$$F_v = 0.18 \times (D + L)$$

ث) بار فشار خاک

با توجه به آنکه در این مرحله محاسبه وزن اسکلت فلزی مدنظر می باشد و نه وضعیت دیوار حایل، بار فشار دینامیکی و استاتیکی خاک، ان شالله در طراحی نهایی و طبق اصول حاکم در مکانیک خاک محاسبه و اعمال خواهد شد.

۳ - ترکیبات بارگذاری طراحی

ترکیبات بارگذاری طراحی بر اساس روش حالات حدی نهایی مبحث ششم مقررات ملی انتخاب گردیده است. این

ترکیبات به شرح زیر می باشند:

- a. $1/4D$
- b. $1/2D + 1/6L$
- c. $1/2D + L + E$
- d. $1/2D + E$
- e. $1/9D + E$

در روابط فوق D بار مرده است که شامل بار DEAD و Super DEAD می باشد، L بار زنده و شامل بارهای LIVE

، Reducible LIVE و PART می باشد، E بار زلزله و شامل بارهای زلزله طیفی افقی دارای خروج از مرکزیت

تصادفی SPX و SPY و بارهای افقی بدون خروج از مرکزیت تصادفی SPX0 و SPY0 و نیز زلزله قائم EZ

می باشد. لازم به ذکر است بارهای زلزله با توجه به اثر حضور میراگر در سازه و بر مبنای استاندارد بارگذاری ایالات

متحده ASCE/SEI7-10 و نشریه ۷۶۶ سازمان برنامه و بودجه کشور تعیین گردیده اند؛ در ادامه در مورد محاسبه

این نیروها توضیحات بیشتری ارائه خواهد گردید. لازم است دقت گردد که بار زلزله، ترکیب مولفه های افقی راستای

X و Y با مولفه قائم زلزله می باشد. بدین منظور لازم است که ۱۰۰ درصد زلزله یک جهت افقی با ۳۰ درصد زلزله ی

افقی راستای عمود بر آن و نیز در جهت اطمینان ۱۰۰ درصد زلزله قائم جمع شوند. لازم به بیان است که در زلزله ای

که ۳۰٪ آن وارد ترکیب بارگذاری می شود نیازی به لحاظ نمودن برون مرکزی تصادفی نمی باشد. بنابر این در این

زلزله از مولفه بدون برون مرکزیت تصادفی استفاده خواهد گردید.

۴- تحلیل و طراحی سازه با میراگر و بیان مختصر نتایج و خروجی های تحلیل

در این پروژه و در طراحی و بررسی اولیه طرح مسلح به میراگر از میراگرهای ۶ پره تدس با ضخامت پره های ۳۰ میلی متر و ارتفاع پره های ۳۰ سانتی متر استفاده شده است. مشخصات میراگرهای مورد استفاده در طرح اولیه سازه در **Error! Reference source not found.** قرار داده شده است.

لازم به بیان است که به جهت تحلیل و طراحی سازه مسلح به میراگر از نرم افزار Etabs 9.7.4 و برای تعیین بار جانبی زلزله سازه مسلح به میراگر از آیین نامه ی ASCE/SEI7-10 استفاده شده است. همچنین برای تعیین پارامترهای لرزه ای سازه و استخراج طیف طرح استاندارد از ویرایش چهارم استاندارد ۲۸۰۰ بهره خواهیم برد و در نهایت به جهت طراحی سازه از روش ضرایب بار و مقاومت استفاده می نماییم. در این پروژه برای تحلیل ساختمان مسلح به میراگر از روش شبه دینامیکی تحلیل طیف پاسخ استفاده خواهد گردید. استاندارد ASCE دو شرط برای استفاده از روش دینامیکی خطی طیفی در تحلیل و بررسی سازه مسلح به میراگر دارد:

- ۱- در هر طبقه و برای هر بلوک حداقل از ۴ میراگر استفاده شده باشد که لازم است در هر جهت هر بلوک حداقل ۲ میراگر تعبیه شده باشد. لازم است از این دو میراگر یکی در هر سمت مرکز صلبیت طبقه نصب شود.
- ۲- میرایی ناشی از میراگرها در مود اول کمتر از ۲۵٪ باشد.

این دو شرط نیز در طرح نهایی کنترل خواهند شد؛ اما بر اساس بررسی های اولیه مشخص گردیده است که شرط دوم برقرار است و برقراری شرط اول نیز در ارایه طرح مدنظر قرار گرفته است. بر اساس این روش لازم است سختی میراگرها و سایر المان های سیستم میراگری مانند نگهدارنده های قطری آنها در مدل وارد شود. برای المان های سیستم

میراگری به جز خود میراگرها باید سختی الاستیک‌شان در مدل وارد گردد و خود میراگرها نیز باید با سختی موثرشان در جابه‌جایی طراحی در مدل وارد شوند. این سختی موثر بر اساس منحنی‌های آزمایشگاهی و روابط تئوری قابل تعیین است که در اینجا با توجه به انجام آزمایش در مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی بر روی دو نمونه از این میراگرها از منحنی‌های آزمایشگاهی که دقیق و منطبق بر واقعیت هستند استفاده شده است.

مقدار میرایی اضافه شده به سازه در اثر میراگرها با استفاده از تئوری دینامیک سازه‌ها که در آیین‌نامه‌های مختلف همانند استاندارد ASCE/SEI7-10 نیز بیان گردیده است محاسبه می‌گردد و در طراحی نهایی ارایه خواهد شد.

لازم به بیان است که بر اساس استاندارد ASCE/SEI 7-10 ضریب اصلاح طیف شتاب از **Error! Reference source not found.** به دست می‌آید. همانگونه که در بخش‌های قبل ذکر گردید، روش محاسبات برش پایه و جابه‌جایی طبقات روش تحلیل طیف پاسخ می‌باشد که از روش نیروی جانبی معادل دقیق‌تر است. برای استفاده از این روش محدودیتی برای ارتفاع سازه، منظم بودن یا نبودن سازه و صلب بودن یا نبودن دیافراگم کف طبقات وجود ندارد و همانگونه که بیان شد تنها باید دقت نمود که در هر طبقه و برای هر بلوک حداقل ۴ میراگر وجود داشته باشند و نیز میرایی کلی مود اول بیش از ۲۵٪ میرایی بحرانی نباشد.

بر این اساس در طرح نهایی در ابتدا برش پایه‌ی مودهای مختلف با توجه به خصوصیات آن مود و جرم لرزه‌ای آن مود و میراگرهای موجود در سازه در هر جهت محاسبه شده است و سپس با توجه به شکل هر مود توزیع آن برش پایه در طبقات صورت پذیرفته است. در ادامه با داشتن سازه و مقادیر برش پایه سازه مقادیر جابه‌جایی‌های نسبی نهایی نیز در سازه محاسبه می‌گردد.

جدول ۲- مشخصات میراگرهای مورد استفاده در پروژه تجاری - اقامتی هوم لند مشهد

تعداد پره ها	ضخامت پره ها	ارتفاع پره ها	وزن هر میراگر	ظرفیت آزمایش شده میراگر
۶ پره	۳۰ میلی متر	۳۰ سانتی متر	حدود ۱۵۰ کیلوگرم	۱۶ سانتی متر

جدول ۳- ضریب کاهش پاسخ بر اساس مقدار میرایی

Effective Damping, β (percentage of critical)	$B_{v+I}, B_{1D}, B_R, B_{1M}, B_{mD}, B_{mM}$ (where period of the structure $\geq T_0$)
≤ 2	0.8
5	1.0
10	1.2
20	1.5
30	1.8
40	2.1
50	2.4
60	2.7
70	3.0
80	3.3
90	3.6
≥ 100	4.0

همچنین لازم است بیان گردد که فرآیند طراحی با میراگر یک فرآیند تکراری می باشد که در طی آن در گام اول همان سازه تحلیل می شود و سپس بر اساس این تحلیل که میراگرها نیز در آن مدل سازی و دیده شده اند المان های جدیدی برای سیستم باربر جانبی سازه طرح می گردد؛ این فرآیند تا همگرا شدن مقاطع تحلیل و طراحی ادامه خواهد یافت.

بر اساس بررسی‌های اولیه، تعداد ۲۳۰ میراگر شش پره تدس با ظرفیت ۳۵ تن - که جانمایی این میراگرها در تعامل با گروه معماری پروژه تعیین شده است - استفاده خواهد شد؛ البته تعداد این میراگرها ممکن است در طرح نهایی با تغییر حداکثر ۱۰ درصدی مواجه شود.

بر اساس محاسبات اولیه میرایی اضافه شده به سازه با استفاده از تعداد ۲۳۰ میراگر تدس در هر دو راستای اصلی سازه و برای هر دو بلوک در حدود ۳ تا ۵ درصد میرایی بحرانی خواهد بود؛ به عبارت دیگر میرایی کل سازه در جمع با ۵ درصد میرایی ذاتی برابر با حدود ۸ تا ۱۰ درصد خواهد بود.

برش پایه‌ی نهایی دینامیکی سازه در هر دو راستای اصلی با استفاده از میراگرهای فوق برابر با حدود ۵۹۰ تن نیرو خواهد بود. نیروهای اینرسی در طبقات ناشی از مودهای مختلف با استفاده از روش SRSS نیروهای اینرسی کل را بدست می‌دهند.

نکته حائز اهمیت در این پروژه:

جابه‌جایی‌های سازه بر اساس طرح اولیه و به روش دینامیکی طیف پاسخ در جدول شماره ۴ آورده شده است. بر اساس این جدول ملاحظه می‌گردد که بیشینه مقدار نسبت دریافت نهایی به ارتفاع طبقه برای بلوک A در راستای X و در طبقه دوم اتفاق افتاده است. مقدار عددی این نسبت برابر با ۰/۰۲۶ می‌باشد؛ در صورتی که این سازه فاقد میراگر باشد نسبت مجاز برابر با ۰/۰۲ خواهد بود؛ بنابر این عدد محاسبه شده بیش از مقدار مجاز می‌شد و ناچار به تقویت سازه و افزایش وزن خواهیم بود. اما در سازه مسلح به میراگر نسبت مجاز ۰/۰۲ به میزان R/C_d

برابر افزایش داده می شود که مزیت بسیار قابل ملاحظه ای برای سازه ی مسلح به میراگر است. بنابر این

نسبت مجاز برابر با ۰/۰۲۷ می باشد. بنابر این مقادیر دررفت با توجه به کاربرد میراگر در محدوده مجاز آیین نامه است.

برش پایه نسبت به سازه ی بدون میراگر برای هر دو بلوک برابر با حدود ۱۸ درصد می باشد.

جدول ۴- مقادیر دررفت نهایی و نسبت دررفت نهایی به ارتفاع برای طبقات مختلف

	Block A				Block B			
	X Direction		Y Direction		X Direction		Y Direction	
	Final Drift	Final Drift/H	Final Drift	Final Drift/H	Final Drift	Final Drift/H	Final Drift	Final Drift/H
Story12	0.03575	0.0089375	0.04345	0.0108625	0.01815	0.0045375	0.06985	0.0174625
Story11	0.0517	0.012925	0.0539	0.013475	0.03025	0.0075625	0.06765	0.0169125
Story10	0.06105	0.0152625	0.05885	0.0147125	0.0385	0.009625	0.077	0.01925
Story9	0.0682	0.01705	0.06655	0.0166375	0.04455	0.0111375	0.0836	0.0209
Story8	0.0748	0.0187	0.07095	0.0177375	0.05005	0.0125125	0.088	0.022
Story7	0.07975	0.0199375	0.0748	0.0187	0.05445	0.0136125	0.08965	0.0224125
Story6	0.0825	0.020625	0.07755	0.0193875	0.05665	0.0141625	0.0913	0.022825
Story5	0.0847	0.021175	0.0781	0.019525	0.05995	0.0149875	0.09075	0.0226875
Story4	0.0858	0.02145	0.07755	0.0193875	0.06325	0.0158125	0.0869	0.021725
Story3	0.09075	0.0226875	0.07975	0.0199375	0.06655	0.0166375	0.08525	0.0213125
Story2	0.16775	0.025807692	0.15895	0.024453846	0.132	0.020307692	0.15345	0.023607692
Story1	0.1133	0.0206	0.11495	0.0209	0.0957	0.0174	0.1067	0.0194
GroundF	0.0891	0.01485	0.0957	0.01595	0.0748	0.012466667	0.0814	0.013566667
Basement01	0.00055	0.00011	0.0033	0.00066	0.00055	0.00011	0.0033	0.00066

۵- بررسی وزن اسکلت فلزی در سازه مسلح به میراگر

در سازه مسلح به میراگر مقدار وزن اسکلت فلزی سازه که شامل آهن آلات مورد نیاز برای ساخت تیرهای اصلی و

فرعی، ستون ها و تمام اتصالات مورد نیاز آنها می باشد برابر با حدود ۴۱۰۰ تن (این عدد شامل اتصالات هم می

باشد) محاسبه گردیده است. این عدد شامل میلگردهای پی، مش حرارتی سقف‌ها و ورق‌های گالوانیزه سقف عرشه فولادی نمی‌گردد. در ادامه جداول مربوط به وزن اسکلت فلزی از نرم‌افزار استخراج و قرار داده شده است. ضریب ۱/۲۵ برای اعضای خمشی و ستون‌ها و ضریب ۱/۱۵ برای اعضای مفصلی برای تخمین اتصالات در وزن اعلامی نهایی اعمال شده است.

جدول ۵ - وزن فولاد اسکلت سازه به تفکیک المان در پروژه تجاری - اقامتی هوم لند بدون لحاظ کردن اتصالات

Element Type	Material	Total Weight	Num Pieces
Column	STEEL	1698150.936	1080
Beam	STEEL	1563950.206	3739

جدول ۶ - وزن بتن اسکلت سازه به تفکیک مقطع در پروژه تجاری - اقامتی هوم لند مشهد

Section	Element Type	Num Pieces	Total Length	Total Weight
I308X158	Beam	108	853.73	31870.5
I358X208	Beam	54	444.332	20243.737
I308X208	Beam	57	467.347	20255.824
I408X2010	Beam	48	390.475	21113.58
I408X2015	Beam	35	275.461	18479.664
I408X2515	Beam	11	86.02	6839.293
I408X2520	Beam	14	129.921	12760.906
I458X2520	Beam	8	81.28	8340.064
I4510X3020	Beam	27	290.246	36131.022
I4510X3025	Beam	21	229.045	33273.694
I508X2510	Beam	443	2261.147	147713.081
I508X2515	Beam	149	1051.634	88798.166
I508X2520	Beam	102	770.906	79366.784
I5010X3020	Beam	78	597.469	74636.283
I5010X3025	Beam	95	848.799	125911.377
I5010X3525	Beam	64	648.732	109371.717
I5010X3530	Beam	64	679.979	131819.721

I5012X3535	Beam	46	460.668	104369.776
I5012X4035	Beam	14	205.836	52748.699
I5015X4040	Beam	25	298.624	88053.991
IPE160	Beam	642	2129.238	31523.79
IPE180	Beam	113	604.037	11095.685
IPE200	Beam	278	1645.472	36222.693
IPE220	Beam	263	1762.281	45417.508
IPE240	Beam	370	2768.815	84157.907
IPE270	Beam	396	3100.542	110803.603
BOX258	Column	47	185	11989.776
BOX2510	Column	30	119	9715.16
BOX3010	Column	6	29	2822.86
BOX4010	Column	54	218	28065.32
BOX4015	Column	220	965.5	188721.458
BOX4020	Column	153	651.5	171839.64
BOX4025	Column	72	297.5	99253.438
BOX4525	Column	119	548.5	204521.938
BOX4530	Column	122	580	262252.8
BOX5030	Column	91	444	221671.44
BOX5035	Column	101	457.5	268993.988
BOX5040	Column	29	133.5	90545.04
VB	Beam	203	1396.241	1034.711
I6015X4040	Beam	6	60.91	18461.316
I7015X4040	Beam	3	36.45	11585.128
I8015X5040	Beam	2	4.377	1549.985
BOX605040	Column	11	52	38534.08
BOX705040	Column	16	76	61091.84
BOX805040	Column	9	44	38132.16
RETWALL40	Wall			5613918.336
STEELDECK	Floor			7218681.365
STEELDECK	Metal Deck			351570.507

بخش پنجم: جمع بندی، بررسی اقتصادی و خلاصه نتایج

در ابتدا به بیان عوامل اصلی در تصمیم گیری پیرامون طرح می پردازیم:

الف) کاهش در شتاب طیفی و جابه جایی طیفی یکی از عوامل تصمیم گیری و انتخاب طرح می باشد. با توجه به آنکه نیروی وارد بر تجهیزات غیر سازه ای مانند انواع آویزها، وسایل موجود در قفسه ها، کتابخانه ها، ویتترین ها و به طور کلی تقریباً تمام اسباب و وسایل موجود در سازه در هنگام زلزله وابسته به شتاب طبقه می باشد؛ کاهش شتاب اهمیت بالایی دارد. همچنین از آنجایی که کاهش در شتاب منجر به کاهش در میزان حس ترس و اضطراب ساکنین در حین زلزله خواهد شد این عامل حایز اهمیت مضاعف است؛ کاهش در جابه جایی ها نیز خرابی دیوارها را کاهش می دهد.

ب) میزان میرایی سازه یکی از عوامل موثر در تصمیم گیری می باشد؛ سازه ای که مسلح به سیستم میراگری می باشد قابلیت جذب و استهلاک انرژی بالاتری دارد و بنابر این در هنگام زلزله انرژی کمتری صرف تخریب المان های سازه ای خواهد شد و ایمنی سازه افزایش خواهد یافت.

پ) زمان اجرای پروژه یکی از عوامل مهم در تصمیم گیری می باشد که برای پروژه ارزش افزوده به همراه خواهد داشت؛ در این راستا هر چقدر حجم عملیات پایین تر باشد دقت و سرعت کار افزایش خواهد یافت. به عنوان مثال کاهش وزن اسکلت فلزی یکی از عوامل سرعت بخشیدن به ساخت و اجرای پروژه می باشد.

ت) مزیت اقتصادی و میزان وزن نهایی اسکلت یکی از مهم ترین عوامل تصمیم ساز سرمایه گذاران پروژه ها می باشد.

در ادامه در **جدول ۲** به بررسی طرح با میراگر از نقطه نظر عوامل فوق خواهیم پرداخت. لازم به بیان است که برش پایه و شتاب طیفی بر اساس ویرایش چهارم ۲۸۰۰ و بر اساس ۱/۲۵ زمان تناوب تجربی؛ میرایی محاسبه شده با آیین نامه ASCE7 و استفاده از طیف طرح استاندارد ویرایش چهارم آیین نامه ۲۸۰۰ محاسبه گردیده است.

جدول ۲ - خلاصه نتایج عوامل، پارامترها و مشخصات فنی مختلف در طرح اولیه سازه مسلح به میراگر تدس پروژه تجاری - اقامتی هوم لند

موضوع مقایسه	طرح بتنی مسلح به میراگر تدس
متوسط نسبت میرایی اضافه شده دو جهت اصلی در مود اول (%)	۳ تا ۵ درصد
متوسط برش پایه دو جهت اصلی سازه (تن نیرو)	۵۹۰ تن نیرو
متوسط شتاب طیفی دو جهت (ضرب در g)	۰/۲۰
حدود ابعاد ستون (سانتی متر)	باکس مربعی با ضلع ۴۰ تا ۵۰ در طبقات پایین و ۲۵ تا ۴۰ در طبقات بالا
حدود ابعاد تیرهای اصلی (سانتی متر)	تیرورق با ارتفاع جان ۴۰ و ۵۰ و بال-های متفاوت
حدود ابعاد تیرهای مرکب و فرعی (سانتی متر)	تیرهای IPE و تیرورق با ارتفاع جان ۳۰ تا ۳۵
وزن اسکلت پروژه (تن)	۴۱۰۰
تعداد میراگر مورد نیاز در طرح	۲۳۰ عدد

در نهایت در پروژه تجاری - اقامتی هوم لند، استفاده از میراگرهای تدس منجر به کاهش برش پایه، ایمن تر شدن سازه در برابر زلزله، کاهش شتاب طیفی سازه و نیز بهبود عملکرد سازه خواهد شد؛ همچنین با استفاده از میراگرها پروژه تبدیل به پروژه‌ای شاخص می‌گردد که می‌توان پیرامون آن اهداف تبلیغاتی را دنبال نمود. به نظر می‌رسد در این پروژه در صورت عدم استفاده از میراگرهای تدس و با استفاده از یک سیستم باربر جانبی مشابه وزن اسکلت سازه به میزان قابل ملاحظه‌ای افزایش خواهد یافت؛ چرا که از طرفی نیروهای طراحی لرزه‌ای سازه افزایش خواهد یافت و این مسئله باعث افزایش وزن اسکلت خواهد شد و از دیگر سو با توجه به فاصله‌ی زیاد ستون‌ها و تعداد کم قاب‌ها باید وزن سازه را به جهت قرار گرفتن در یفت‌ها در محدوده مجاز باز هم کمی افزایش داد. از طرفی در سازه بدون میراگر ابعاد برخی المان‌ها افزایش خواهد یافت که این مورد پروژه را با ملاحظات اجرایی بیشتری مواجه خواهد نمود. به پیوست این پیشنهادیه کاتالوگ تجاری محصول که شامل مجوزهای مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی برای استفاده از میراگر تدس شرکت پارت سازه در ساختمان‌ها و نیز تاییدیه‌ی بانک مسکن برای استفاده از میراگر تدس پارت سازه به عنوان فناوری نوین در ساختمان‌ها و قرارداد کنترل کیفیت میراگر توسط مرکز تحقیقات آورده شده است.

مراجع

- استاندارد ASCE/SEI 41-13.
- استاندارد NEHRP2015.
- استاندارد ASCE/SEI 7-10.
- استاندارد FEMA450.
- Instructional Material Complementing ، FEMA451
- نشریه شماره ۳۶۰ معاونت نظارت راهبردی ریاست جمهور تجدید نظر اول چاپ ۱۳۹۲ با عنوان :
"دستورالعمل بهسازی لرزه‌ای ساختمان‌های موجود".
- استاندارد ۲۸۰۰ ویرایش چهارم.
- مبحث ششم مقررات ملی ساختمان ایران چاپ ۱۳۹۲.
- مبحث دهم مقررات ملی ساختمان ایران چاپ ۱۳۹۲.
- نشریه ۷۶۶ سازمان برنامه و بودجه کشور چاپ ۱۳۹۷ با عنوان "دستورالعمل استفاده از میراگرها در طراحی و مقاوم‌سازی ساختمان‌ها".
- وبسایت www.kajima.co.jp
- وبسایت معاونت علمی و فناوری ریاست جمهوری www.isti.ir (آدرس مستقیم بخش دانش بنیان:
daneshbonyan.isti.ir)
- وبسایت مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی www.bhrc.ac.ir/tabid/349/default.aspx.
- وبسایت شرکت مهندسی پارت سازه به آدرس www.partsazeco.com.