





پارت سازه

PART SAZE STRUCTURAL
ENGINEERING

شرکت مهندسی پارت سازه ساینار

پیشنهادیه

استفاده از میراگرهای فلزی تدس در

مجتمع تجاری شش طبقه اسلامشهر

دی ماه ۱۳۹۵

فهرست مطالب

۸	مقدمه؛ معرفی میراگرهای تدس
۱۲	بخش اول: معرفی پروژه حاضر
۱۵	بخش دوم: بررسی طرح قبلی
۱۵	بارگذاری
۱۵	الف) بار مرده
۱۶	ب) بار زنده
۱۶	پ) بار خطاهای حین ساخت
۱۶	ت) بار زلزله قائم و افقی
۱۹	ث) بار فشار خاک
۱۹	ترکیبات بارگذاری مورد استفاده
۱۹	بیان خروجی های وزن اسکلت در طرح اولیه
۲۱	بخش سوم: طراحی با میراگر تدس
۲۱	مقدمه
۲۲	بارگذاری

الف) بار مرده ۲۲

ب) بار زنده ۲۲

پ) بار خطاهای ناشی از ساخت ۲۲

ت) بار زلزله افقی و قائم ۲۲

ث) بار فشار خاک ۲۳

ترکیبات بارگذاری طراحی ۲۳

طراحی و بیان مختصر نتایج و خروجی ها ۲۴

بخش چهارم : جمع بندی، مقایسه اقتصادی و خلاصه نتایج..... ۲۸

۱- مقایسه عملکردی طرح پیشنهادی مسلح به تدس و طرح اولیه..... ۲۸

۲- مقایسه اقتصادی طرح مسلح به میراگر تدس و طرح اولیه بدون میراگر ۳۰

فهرست جدول ها

- جدول شماره ۱- مشخصات طبقات مختلف ساختمان شش طبقه اسکلت بتنی تجاری اسلامشهر بر اساس فایل Etabs (واحدها متر هستند)..... ۱۲
- جدول شماره ۲- پارامترهای مورد نیاز در محاسبه ضریب زلزله ساختمان شش طبقه اسکلت بتنی تجاری اسلامشهر بر اساس ویرایش چهارم ۲۸۰۰..... ۱۷
- جدول شماره ۳- دریافت طبقات در طرح اولیه بدون میراگر برای سازه شش طبقه اسکلت بتنی تجاری اسلامشهر ۱۸
- جدول شماره ۴- وزن اسکلت بتنی به تفکیک نوع المان و جمع کل در طرح اولیه (بدون میراگر) در پروژه تجاری اسلامشهر ۱۹
- جدول شماره ۵- وزن مقاطع مختلف به کار رفته در طرح اولیه (بدون میراگر)..... ۲۰
- جدول شماره ۶- مشخصات میراگرهای مورد استفاده در ساختمان شش طبقه اسکلت بتنی اسلامشهر ۲۶
- جدول شماره ۷- ضریب کاهش پاسخ بر اساس مقدار میرایی ۲۶
- جدول شماره ۸- جابه جایی نسبی نهایی طبقات در سازه ۶ طبقه تجاری اسلامشهر مسلح به میراگر تدس ۲۷
- جدول شماره ۱۲- خلاصه نتایج عوامل، پارامترها و مشخصات فنی مختلف در طرح اولیه و طرح سازه مسلح به میراگر تدس در پروژه اسکلت بتنی اسلامشهر ۲۹
- جدول شماره ۱۳- خلاصه نتایج عوامل، پارامترها و مشخصات اقتصادی مختلف در طرح اولیه و طرح سازه مسلح به میراگر تدس در پروژه ۶ طبقه تجاری اسلامشهر (اعداد بر حسب تومان است) ۳۱

فهرست شکل ها

- شکل شماره ۱ - میراگر فلزی پره مثلثی یا تدس که یکی از انواع میراگرهای غیرفعال اتلاف انرژی زلزله می باشد. ۸
- شکل شماره ۲ - اثر افزودن همزمان سختی و میرایی به سازه (اثر حضور میراگرهای فلزی در سازه) ۹
- شکل شماره ۳ - نحوه ی نصب میراگر تدس در قاب ساختمانی ۱۱
- شکل شماره ۴ - پلان تیپ طبقات پروژه شش طبقه اسکلت بتنی تجاری اسلامشهر ۱۳
- شکل شماره ۵ - شکل سه بعدی ساختمان شش طبقه اسکلت بتنی تجاری اسلامشهر که در Etabs ساخته شده است. ۱۴
- شکل شماره ۶ - مجوز مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی به میراگر تدس ساخت شرکت پارت سازه برای استفاده در ساخت سازه های جدید و مقاوم سازی سازه های موجود (خرداد ۱۳۹۴) ۳۲

مقدمه؛ معرفی میراگرهای تدس

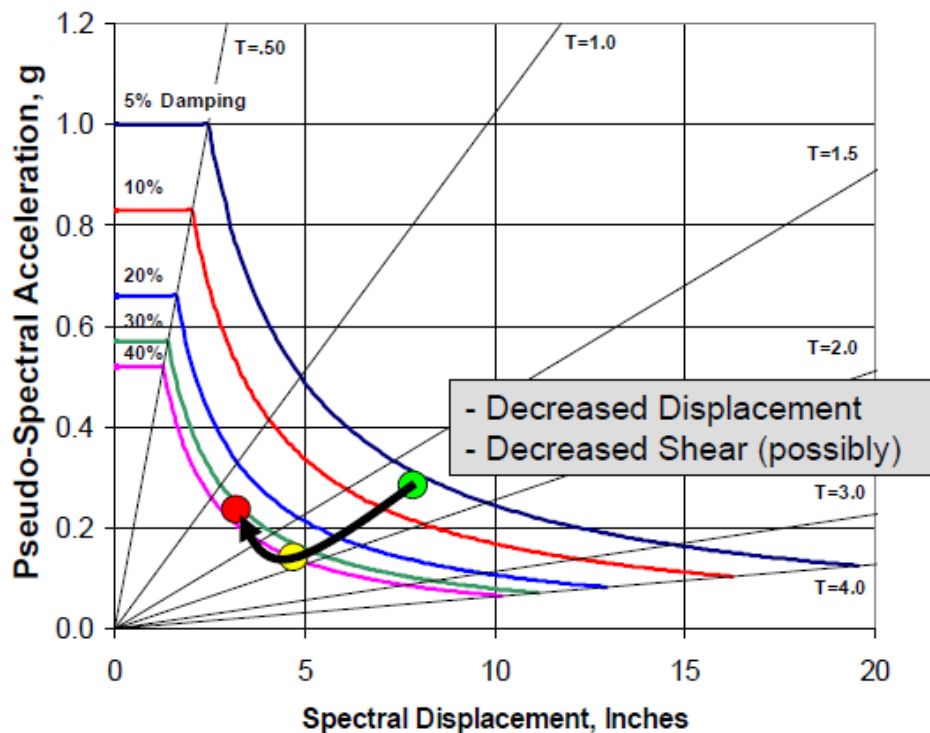
میراگر تدس نوعی از انواع میراگرهای فلزی غیرفعال اتلاف انرژی و ابزاری برای کنترل ارتعاشات سازه‌ها می‌باشد. جهت دریافت اطلاعات بیشتر در مورد کنترل سازه‌ها، ابزار و روش‌های مختلف آن کتابچه میراگر تدس پیوست می‌باشد. روش اتلاف انرژی در این میراگر بدین صورت است که پره‌های مثلثی شکل این میراگر معمولاً بسیار 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



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

می نمایند. اگر چه سختی اضافه شده توسط این میراگرها به سازه در برابر سختی سازه مقدار بسیار کوچکی می باشد. در شکل شماره ۲ 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 بنابراین 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 با توجه به حرکت قائم آزادانه بین در داخل شیار (رجوع کنید به شکل شماره ۱) در هنگام زلزله سختی محوری پره ها تاثیری در سختی سیستم باربر جانبی نخواهد داشت و از طرف دیگر این میراگرها متحمل بار



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

ثقلی نخواهند شد. این مسئله منجر به مشخص بودن و قابل پیش‌بینی 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 هزینه‌ی بسیار پایین صورت پذیرد. دیگر مزیت بزرگ این میراگر در شکل هندسی آن است؛ با توجه به اینکه میراگرها در راستای افق همانند تیر کنسول عمل می‌کنند و نیروی ناشی از زلزله در پایین این ورق‌ها وارد می‌شود، لنگر به صورت خطی در ارتفاع ورق افزایش می‌یابد تا به مقدار بیشینه‌ی خود در بالای ورق‌ها که به ورق فوقانی میراگر متصل هستند برسد. از طرفی شکل مثلی این پره‌ها بدان معناست که ممان اینرسی مقطع عرضی به صورت خطی از کمترین مقدار خود در پایین ورق تا بیشترین مقدار در بالای ورق افزایش می‌یابد؛ بنابراین 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 می‌شود. بنابراین میراگر تدس به نسبت کارایی خود هزینه‌ی مناسب‌تری به نسبت سایر میراگرهای فلزی خواهد داشت.

امروزه میراگرهای فلزی در پروژه‌های مختلفی در دنیا از جمله ژاپن به کار گرفته می‌شوند و برخی از شرکت‌های بزرگ تولیدکننده میراگر به سمت تولید و استفاده از این نوع میراگرها در پروژه‌های حرکت نموده‌اند.

در ایران با توجه به لرزه‌خیز بودن کشور، شرکت دانش‌بنیان مهندسی پارت سازه در راستای ارتقای مقاومت، عملکرد و قابلیت بهره‌برداری سازه‌ها در هنگام تحریکات شدید دینامیکی همانند زلزله این میراگر را تولید نموده است و با اخذ تاییدیه‌ها و مجوزهای لازم از مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی که در انتهای این گزارش قرار داده شده است از این میراگرها در ساخت سازه‌های جدید و نیز مقاوم‌سازی سازه‌های موجود استفاده می‌نماید. در پایان تصویری از نحوه‌ی نصب میراگر تدس در قاب ساختمانی در شکل شماره ۳ آورده شده است.



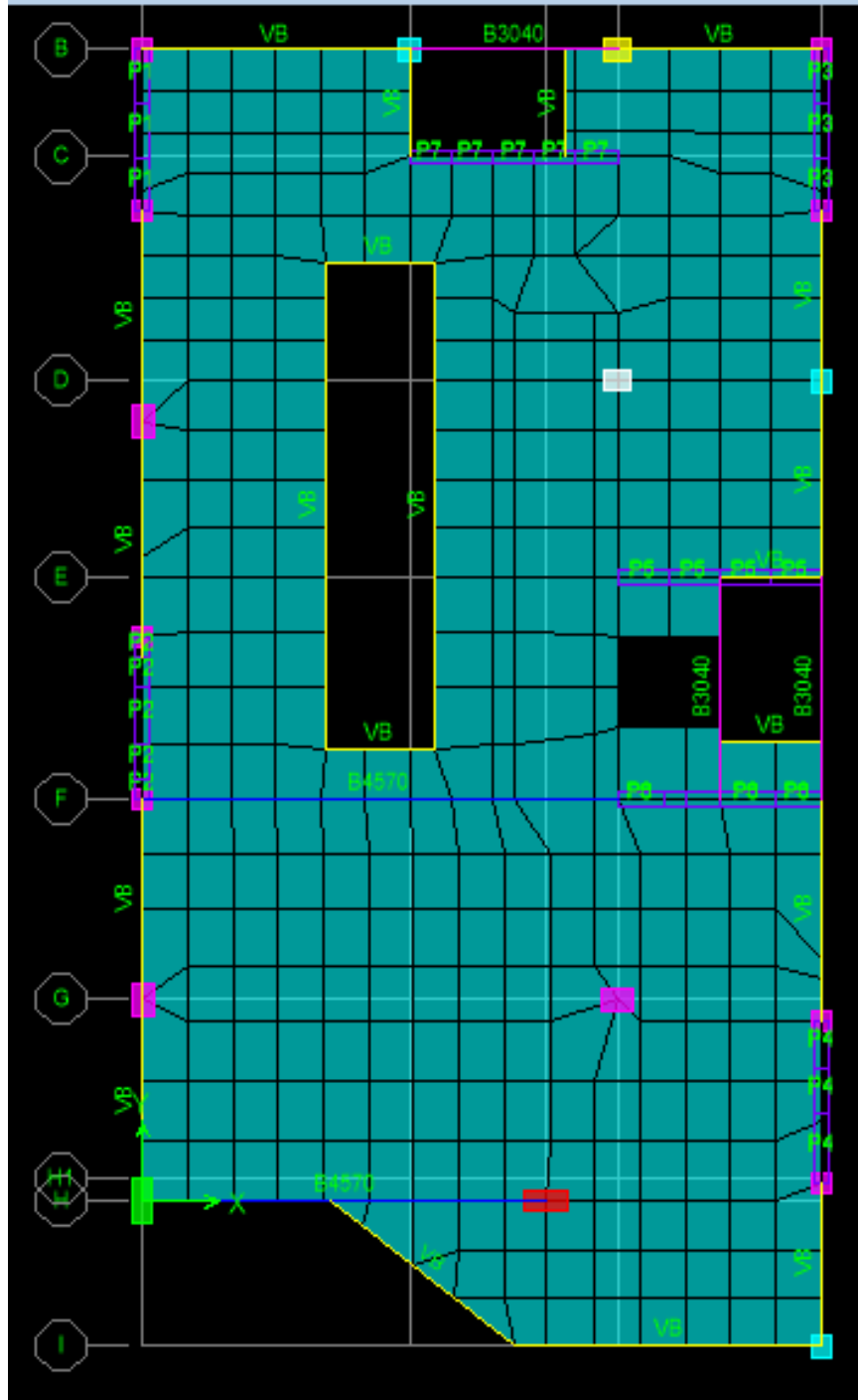
شکل شماره ۳ - نحوه ی نصب میراگر تدس در قاب ساختمانی

بخش اول: معرفی پروژه حاضر

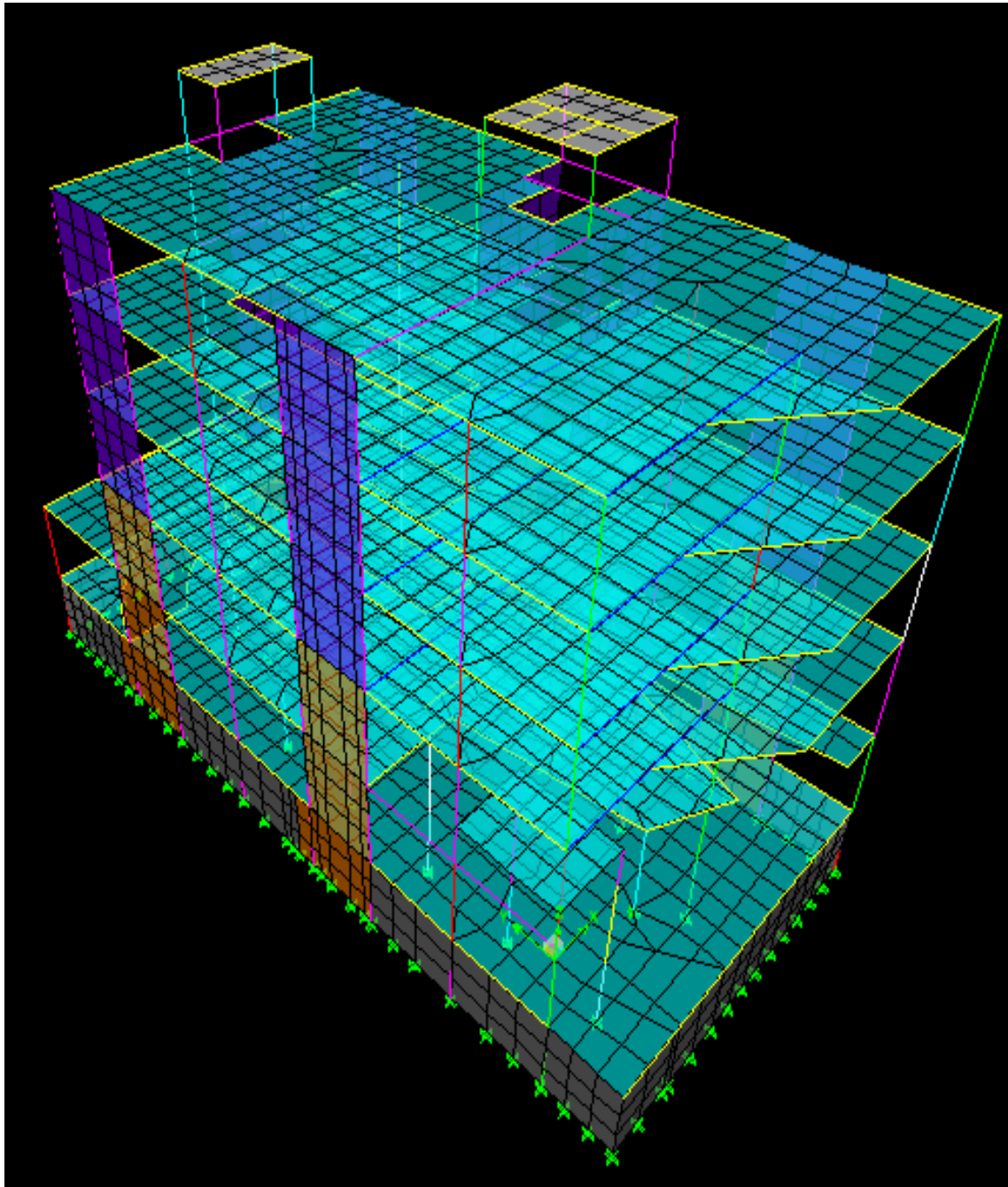
این پروژه مربوط به ساختمان شش طبقه با اسکلت بتنی تجاری واقع در شهرستان اسلامشهر استان تهران می باشد؛ بر اساس فایل Etabs در اختیار این پروژه دارای متراژ تقریبی زیربنای ۳۴۱۲/۱۹ متر مربع است. شکل پلان در طبقات تیپ مسکونی به صورت شکل شماره ۴ می باشد؛ همچنین شکل سه بعدی ساختمان که در نرم افزار Etabs مدل شده است در شکل شماره ۵ قرار داده شده است. مساحت کف های طبقات مختلف و ارتفاع طبقات در جدول شماره ۱ آورده شده است. با توجه به جدول و نیز با توجه به آنکه طبقه زیرین سازه دارای دیوار حایل می باشد ارتفاعی که لازم است برای محاسبات لرزه ای سازه در نظر گرفته شود معادل ۵ طبقه و برابر با ۲۳ متر خواهد بود. سیستم سقف سازه از نوع بابل دک (Bubble Deck) می باشد. بارگذاری مرده و زنده سازه نیز مطابق فایل در اختیار فرض گردیده است. در طرح اولیه برای طراحی از روش طراحی به روش حالات حدی نهایی استفاده شده است.

جدول شماره ۱- مشخصات طبقات مختلف ساختمان شش طبقه اسکلت بتنی تجاری اسلامشهر بر اساس فایل Etabs (واحدها متر هستند)

شماره طبقه	مساحت قسمت های خالی در نرم افزار	مساحت های کف های طبقه در نرم افزار	مساحت کل	ارتفاع طبقه
خرپشته	0	42.592	42.592	3
طبقه ۶	27.0865	502.869	529.9555	4.5
طبقه ۵	60.8265	469.129	529.9555	4.5
طبقه ۴	60.8265	469.129	529.9555	4.5
طبقه ۳	60.8265	487.629	548.4555	5
طبقه ۲	27.0865	527.365	554.4515	4.5
طبقه ۱	98.118	578.703	676.821	3.7
مجموع	334.7705	3077.416	3412.1865	29.7



شکل شماره ۴ - پلان تیپ طبقات پروژه شش طبقه اسکلت بتنی تجاری اسلامشهر



شکل شماره ۵- شکل سه بعدی ساختمان شش طبقه اسکلت بتنی تجاری اسلامشهر که در Etabs ساخته شده است.

مدلی که محاسبات اولیه بر روی آن انجام گرفته است سازه اسکلت بتنی با استفاده از بتن با مقاومت فشاری ۲۸ روزه نمونه استوانه‌ای ۲۴۰ کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع می‌باشد. سیستم باربر جانبی سازه در طرح بدون میراگر در هر دو جهت سیستم دیوار برشی بتن آرمه ویژه می‌باشد و تعیین و توزیع بارهای لرزه‌ای در پروژه با استفاده از ویرایش چهارم استاندارد ۲۸۰۰ انجام پذیرفته است. با توجه به اینکه در پیشنهادیه حاضر تمرکز بر روی میراگرهای پروژه است توضیحات بیشتر و طرح سازه‌ی مسلح به میراگر و نیز طرح سیستم میراگری در طراحی انجام خواهد شد.

در طرح اولیه نسبت شتاب مبنای طرح برای این سازه با توجه به قرار داشتن در منطقه با خطر لرزه‌خیزی بسیار زیاد برابر با ۰/۳۵ و تیپ خاکی که سازه بر روی آن قرار دارد نوع III فرض گردیده است؛ همچنین ضریب اهمیت سازه با توجه به کاربری تجاری این ساختمان برابر با ۱ (اهمیت متوسط) می‌باشد.

لازم به بیان است که به جهت تحلیل و طراحی سازه مسلح به میراگر از نرم‌افزار Etabs 9.7.4 و آیین‌نامه‌ی ASCE/SEI7-10 استفاده شده است. همچنین برای تعیین پارامترهای لرزه‌ای سازه از ویرایش چهارم استاندارد ۲۸۰۰ بهره خواهیم برد و در نهایت به جهت طراحی سازه از روش حالات حدی نهایی استفاده می‌نماییم.

بخش دوم: بررسی طرح قبلی

بارگذاری

الف) بار مرده

بارگذاری مرده مطابق فایل ایتبس ارسال شده از طرف طراح اولیه انجام شده است.

ب) بار زنده

بار گذاری زنده مطابق با فایل ایتبس ارسال شده از طرف طراح اولیه انجام شده است.

پ) بار خطاهای حین ساخت

لازم نیست این بارها برای سازه با اسکلت بتنی لحاظ شود.

ت) بار زلزله قائم و افقی

بار زلزله قائم بر اساس استاندارد ۲۸۰۰ ویرایش چهارم دیده شده است؛ بدین ترتیب که بار زلزله قائم برای تمام قسمت‌های سازه در منطقه با خطر لرزه‌خیزی خیلی زیاد باید برابر با مقدار زیر در نظر گرفته شود:

$$F_p = 0.6 A I W_p = 0.21 W_p$$

که در رابطه‌ی فوق W_p بار مرده است. بار افقی به شرح زیر محاسبه شده است:

همانگونه که قبلاً توضیح داده شد خاک نوع III برای ساختگاه در نظر گرفته شده است، ضریب اهمیت سازه برابر با ۱ لحاظ گردیده است، ضریب رفتار هر دو راستای سازه برابر با ۵ لحاظ گردیده است. بر این اساس ضریب زلزله برای دو راستای اصلی سازه برابر مقادیر زیر محاسبه گردیده است.

$$V = CW$$

$$C = \frac{ABI}{R}$$

$$C_x = C_y \frac{0.35 \times 2 / 75 \times 1}{5}$$

$$C_x = C_y = 0.192$$

البته ضریب نامعینی راستای کوتاه بر اساس استاندارد ۲۸۰۰ ویرایش چهارم باید برابر با ۱/۲ در نظر گرفته شود؛ اما در راستای بلند این ضریب برابر با واحد است. بنابراین می‌توان در راستای کوتاه ضریب زلزله را ۰/۲۳۱ لحاظ نمود.

جدول شماره ۲ - پارامترهای مورد نیاز در محاسبه ضریب زلزله ساختمان شش طبقه اسکلت بتنی تجاری اسلامشهر بر اساس ویرایش چهارم ۲۸۰۰

ضریب اضافه اهمیت (متوسط)	شتاب مبنای طرح (خطر نسبی خیلی زیاد)	زمان تناوب تجربی سازه (سیستم دیوار برشی ویژه در دو راستا)	ضریب بازتاب بر اساس تجربی (خاک نوع III)	ضریب رفتار (سیستم دیوار برشی ویژه در دو راستا)	ضریب بزرگنمایی	ضریب اضافه مقاومت
I=۱	A=۰/۳۵	$T_X = (۰/۰۵H^{۰/۷۵})$ $T_X = ۰/۵۲۵ \text{ sec}$	$B_X = ۲/۷۵$	$R_X = ۵$	$C_{dX} = ۵$	$\rho_X = ۱/۲$
I=۱	A=۰/۳۵	$T_Y = (۰/۰۵H^{۰/۷۵})$ $T_Y = ۰/۵۲۵ \text{ sec}$	$B_Y = ۲/۷۵$	$R_Y = ۵$	$C_{dY} = ۵$	$\rho_Y = ۱$

محاسبه پارامترهای مختلف تعیین ضریب زلزله در جدول شماره ۲ قرار داده شده است. لازم به ذکر است برش پایه برابر با $V = CW$ بر اساس رابطه‌ی زیر در ارتفاع توزیع خواهد شد:

$$F_i = \frac{w_i h_i^k}{\sum_{j=1}^n (w_j h_j^k)} V$$

در رابطه‌ی فوق F_i نیروی اینرسی وارد بر تراز (طبقه) i ام، w_i وزن تراز i ام و h_i ارتفاع تراز i ام از تراز پایه است. K ضریب توزیع در ارتفاع است و از رابطه‌ی زیر محاسبه می‌شود:

$$k = ۰/۵T + ۰/۷۵$$

با توجه به زمان تناوب سازه در دو راستا که قبلاً محاسبه گردیده است، مقدار این پارامتر برابر با $۱/۰۷۵$ بدست می‌آید. لازم به بیان است که وزن لرزه‌ای هر طبقه w_i بر اساس استاندارد ۲۸۰۰ ویرایش سوم برابر با تمام بار مرده به اضافه‌ی ۲۰٪ از بار زنده طبقات در نظر گرفته شده است. میرایی ذاتی سازه برابر با ۵ درصد میرایی بحرانی لحاظ شده است. در طرح اولیه با توجه به آنکه وزن لرزه‌ای سازه برابر با حدود $۴۲۶۸/۵$ تن نیرو بوده است برش

پایه راستای کوتاه برابر با ۹۸۶/۰۳ تن نیرو و برای راستای بلند برابر با ۸۱۸/۲۸ تن نیرو بدست می آید. بر اساس روابطی که قبلا بیان گردید نیروی برش پایه‌ی محاسبه شده در ارتفاع توزیع خواهد گردید؛ در نهایت نیروی هر طبقه با توجه به سختی المان‌ها در پلان طبقه توزیع می گردد که این دو عملیات به صورت خودکار توسط نرم افزار صورت می پذیرد. در پایان این قسمت مقادیر جابه جایی های نسبی نهایی سازه در طرح بدون میراگر بر اساس تحلیل طیفی با استفاده از طیف استاندارد طرح ویرایش چهارم استاندارد ۲۸۰۰ برای سازه‌ی طرح اولیه محاسبه گردیده است و در جدول شماره ۳ قرار داده شده است؛ آنگونه که از جدول مشخص است بیشینه‌ی نسبت جابه جایی طبقه به ارتفاع طبقه در طرح اولیه برابر با ۱/۶۳ درصد می باشد که از نظر المان‌های غیرسازه‌ای در محدوده عملکرد ایمنی جانی می باشد. از نقطه نظر سازه‌ای نیز هر چند عملکرد سازه بر اساس تحلیل‌های دقیق عملکردی قابل تعیین می باشد اما با توجه به آنکه هدف استاندارد ۲۸۰۰ برای ساختمان‌های با اهمیت متوسط رسیدن به سطح عملکرد ایمنی جانی در زلزله طرح می باشد به احتمال زیاد سطح عملکرد المان‌های سازه‌ای نیز در محدوده‌ی ایمنی جانی خواهد بود؛ در نهایت سطح عملکرد کلی سازه ایمنی جانی در اثر زلزله با دوره بازگشت ۴۷۵ سال می باشد.

جدول شماره ۳ - دریفت طبقات در طرح اولیه بدون میراگر برای سازه شش طبقه اسکلت بتنی تجاری اسلامشهر

نسبت دریفت به ارتفاع Y	نسبت دریفت به ارتفاع X	دریفت نهایی راستای Y طبقه	دریفت نهایی راستای X طبقه	ارتفاع طبقه	طبقه
0.005808002	0.006511132	0.026136	0.0293	4.5	طبقه دوم
0.010767013	0.013372136	0.053835	0.066861	5	طبقه سوم
0.013785633	0.01541076	0.062035	0.069348	4.5	طبقه چهارم
0.015005972	0.016265912	0.067527	0.073197	4.5	طبقه پنجم
0.014723013	0.014466556	0.066254	0.0651	4.5	طبقه ششم
0.015005972	0.016265912	0.067527	0.073197		بیشینه

ث) بار فشار خاک

بارگذاری فشار خاک مطابق با فایل ایتبس ارسال شده از طرف طراح اولیه انجام شده است.

ترکیبات بارگذاری مورد استفاده

ترکیبات بارگذاری مطابق فایل ایتبس ارسال شده از طرف طراح اولیه و بر اساس روش حالات حدی نهایی تنظیم شده است.

بیان خروجی های وزن اسکلت در طرح اولیه

در طرح اولیه که توسط طراح آن انجام گرفته است وزن بتن اسکلت سازه، بدون لحاظ نمودن پی برابر با

۱۶۲۱/۸ تن می باشد که در جدول شماره ۴ و

Element Type	Material	Total Weight	Num Pieces
Column	CONC	474861.6	154.3053
Beam	CONC	58979.13	19.1651
Wall	CONC	1066688	346.6181
Floor	CONC	21295.98	6.9201
مجموع		1621825	

جدول شماره ۵ به تفکیک نوع المان و مقاطع به کار رفته آورده شده است. با توجه به آنکه مساحت زیربنای کل

سازه که قبلاً محاسبه گردید برابر با ۳۴۱۲/۱۹ متر مربع می باشد بر این اساس وزن نرم افزاری و اولیه بتن اسکلت سازه

برابر با ۴۷۵/۳ کیلوگرم به ازای هر متر مربع از زیربنای سازه می باشد. به عدد فوق باید وزن مورد نیاز برای پی نیز

اضافه گردد. با توجه به در اختیار بودن متره از میلگردها در وضع موجود و جمع آنها مشخص می شود که ۱۵۸/۵۵ تن

بدون احتساب میلگردهای پی مورد نیاز است که معادل ۴۶/۵ کیلوگرم به ازای هر متر مربع از زیربنای کلی سازه می‌باشد؛ در این عدد آرماتورهای پی لحاظ نگردیده است.

جدول شماره ۴ - وزن اسکلت بتنی به تفکیک نوع المان و جمع کل در طرح اولیه (بدون میراگر) در پروژه تجاری اسلامشهر

Element Type	Material	Total Weight	Num Pieces
Column	CONC	474861.6	154.3053
Beam	CONC	58979.13	19.1651
Wall	CONC	1066688	346.6181
Floor	CONC	21295.98	6.9201
مجموع		1621825	

جدول شماره ۵ - وزن مقاطع مختلف به کار رفته در طرح اولیه (بدون میراگر)

Section	Element Type	Num Pieces	Total Length	Total Weight
C805525	Column	15	63.5	69850
VB	Beam	168	723.119	168.85
B3040	Beam	17	91.548	26264.4
65502025	Column	3	13.2	10725
C8055T20	Column	6	28	30800
C3512	Column	2	7.4	2266.25
5035	Column	3	9	3937.5
C805016	Column	6	26.4	29040
65502020	Column	7	31.2	25350
65502016	Column	8	34.1	27706.25
C5055	Column	2	9	6187.5
C505516	Column	9	36.7	25231.25
C511020	Column	3	13.2	18150
B4570	Beam	7	77.57	28987.88
C50110	Column	11	48.4	66550
C3516	Column	3	10.15	3108.438
50W	Column	48	213.6	133500
505520	Column	5	20.45	14059.38
6035	Column	2	6	3150
50352	Column	1	3	1312.5
C5070	Column	1	4.5	3937.5

B4060	Beam	1	12.11	3558
RWALL	Wall			213384.7
WALL45	Wall			506672
WALL35	Wall			346631.3
SLAB20	Floor			21295.98

بخش سوم: طراحی با میراگر تدس

مقدمه

در این قسمت طرح سازه مسلح به میراگرهای تدس انجام خواهد گرفت. در این طرح سیستم دیوار برشی حذف خواهد شد و از سیستم باربر جانبی قاب خمشی بتنی با شکل پذیری زیاد استفاده می شود. بر اساس استاندارد ۲۸۰۰ ویرایش چهارم در سازه های کوتاه تر از ۲۰۰ متر می توان از سیستم قاب خمشی با شکل پذیری زیاد استفاده نمود؛ هر چند میزان غیرخطی شدن المان ها در صورت استفاده از میراگر در سیستم کاهش خواهد یافت و در واقع تقاضای شکل پذیری کمتری از سیستم باربر جانبی وجود دارد. امروزه بهترین سازه را می توان سازه ی نرم و سبکی دانست که میرایی بالایی دارد؛ از طرفی به دلیل نرمی شتاب طیفی کوچکی خواهد داشت و به دلیل سبکی و نرمی متحمل نیروهای اینرسی کوچکی در طبقات خود خواهد شد و در نتیجه برش پایه ی کوچکی نیز خواهد داشت و در نهایت با دارا بودن میرایی بالا جابه جایی طیفی آن نیز کوچک و تغییر شکل ها در آن کنترل شده خواهد شد. با استفاده از مصالح ساختمانی سبک می توان وزن مرده سازه را تا حد امکان کاهش داد؛ با حذف دیوارهای برشی سازه نرم خواهد شد و در نهایت با استفاده از میراگرها میرایی سازه افزایش خواهد یافت.

لازم است بیان گردد که این طرح، طرح اولیه به جهت تهیه ی پیشنهادیه ی حاضر می باشد و طرح نهایی نتایج دقیق را مشخص خواهند نمود؛ هر چند در هر بخش میزان وزن محاسبه شده با استفاده یک ضریب بالاسری ۱/۱ افزایش داده

شده است. 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 دریفت طبقات در اثر زلزله‌ی طرح بیان خواهد شد.

بارگذاری

الف) بار مرده

همانند حالت بدون میراگر می‌باشد.

ب) بار زنده

همانند حالت بدون میراگر می‌باشد.

پ) بار خطاهای ناشی از ساخت

همانند حالت بدون میراگر می‌باشد.

ت) بار زلزله افقی و قائم

بر اساس استاندارد ASCE7-10 و استاندارد ۲۸۰۰ ویرایش چهارم محاسبه شده است. در این بخش ضریب اهمیت و نسبت شتاب مبنای طرح مطابق با سازه بدون میراگر و به ترتیب برابر با ۱ و ۰/۳۵ می‌باشند؛ اما ضریب B بر اساس طیف استاندارد طرح آیین نامه ۲۸۰۰ ویرایش چهارم انتخاب خواهد شد. ضریب رفتار نیز با توجه به آنکه سیستم باربر جانبی سازه به قاب خمشی ویژه بتنی در هر دو راستا تغییر داده شده است برابر با ۷/۵ برای استفاده در طراحی به روش LRFD خواهد بود؛ همچنین ضریب بزرگنمایی جابه‌جایی برای تبدیل جابه‌جایی حاصل از تحلیل خطی به جابه‌جایی نهایی برابر با ۵/۵ و ضریب اضافه مقاومت برابر با ۳ لحاظ گردیده است.

همچنین بار قائم زلزله که بر اساس استاندارد ۲۸۰۰ ویرایش چهارم لازم است بر تمام بخش‌های سازه واقع در مناطق با خطر لرزه‌خیزی بسیار زیاد واقع شده‌اند اعمال گردد از رابطه‌ی زیر محاسبه و به تمام بخش‌های سازه اعمال گردیده است:

$$F_V = 0.6AIW_p$$

که در رابطه‌ی فوق W_p تمام بار مرده D می‌باشد. بر این اساس بار قائم زلزله به صورت زیر در نرم‌افزار وارد خواهد گردید:

$$F_V = 0.21 \times D$$

$$F_V = 0.21 \times (\text{Dead Load} + \text{SuperDead Load} + \text{Wall Load})$$

ث) بار فشار خاک

همانند سازه بدون میراگر می‌باشد.

ترکیبات بارگذاری طراحی

ترکیبات بارگذاری طراحی بر خلاف طرح اولیه که بر اساس روش تنش‌های مجاز تنظیم گردیده است بر اساس چاپ و ویرایش جدید مباحث ششم و نهم مقررات ملی ساختمان ایران و برای طراحی به روش حالات حدی نهایی LRFD تنظیم شده است. این ترکیبات بارگذاری به صورت زیر می‌باشند:

$$\text{GROUP ۱: } 1/25D$$

$$\text{GROUP ۲: } 1/25D + 1/5L$$

$$\text{GROUP ۳: } D + 1/2L + 0.85E$$

$$\text{GROUP ۴: } 0.85D + 0.85E$$

در تعریف ترکیبات بارگذاری فوق باید دقت نمود که در ترکیب بارگذاری گروه ۳، اگر اثر بار زنده بر روی المانی کاهنده‌ی نیرو باشد باید بار زنده را از ترکیب بار حذف نمود. همچنین در گروه‌های ۳ و ۴ که بارهای زلزله وجود دارند لازم است دقت گردد که بار زلزله ترکیب هر دو مولفه افقی راستاهای X و Y با مولفه قائم زلزله می‌باشد. بدین منظور لازم است که ۱۰۰ درصد زلزله یک جهت با ۳۰ درصد زلزله دو جهت دیگر جمع شود.

طراحی و بیان مختصر نتایج و خروجی ها

در ابتدا ذکر این توضیح ضروری است که در سیستم سقف که عموماً تحت تاثیر بارهای ثقلی قرار می‌گیرد هیچ تغییری اعمال نخواهد گردید و همان طرح اولیه پذیرفته شده است. در طرح سازه با میراگر تنها طراحی المان‌های سیستم باربر جانبی که متحمل بار زلزله می‌شوند که در قاب خمشی شامل ستون‌ها و بخشی از سیستم سقف که نقش تیرهای اصلی را بازی می‌نمایند اصلاح و بروزرسانی شده است.

در این پروژه و در طراحی و بررسی اولیه طرح مسلح به میراگر از میراگرهای ۶ پره تدس با ضخامت پره‌های ۳۰ میلی‌متر و ارتفاع پره‌های ۳۰ سانتی‌متر استفاده شده است. مشخصات میراگرهای مورد استفاده در طرح اولیه سازه در جدول شماره ۶ قرار داده شده است.

مدل‌سازی و طراحی میراگرها و بارگذاری سازه مسلح به میراگر بر اساس استاندارد ASCE/SEI7-10 انجام خواهد شد؛ در این پروژه برای تحلیل هر سه بخش ساختمان مسلح به میراگر از روش تحلیل طیف پاسخ استفاده خواهد گردید. بر این اساس لازم است سختی میراگرها و سایر المان‌های سیستم میراگری مانند نگهدارنده‌های قطری آنها در مدل وارد شود. برای المان‌های 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 قسمت مربوط ارایه خواهد شد. لازم به بیان است که بر اساس استاندارد ASCE/SEI 7-10 ضریب کاهش در برش پایه از جدول شماره ۷ 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 تنها باید دقت نمود که در هر طبقه حداقل ۴ میراگر وجود داشته باشند و نیز میرایی کلی مود اول بیش از ۲۵٪ میرایی بحرانی نباشد.

بر این اساس 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.

در این بخش از سازه در مجموع از تعداد ۲۸ میراگر ۶ پره تدس در ۵ طبقه روی تراز پایه بهره گرفته شده است که جانمایی دقیق این میراگرها در تعامل با مهندس معمار و کارفرمای پروژه تعیین خواهد شد.

بر اساس محاسبات صورت گرفته با استفاده از روش ذکر شده در بخش‌های قبل میرایی اضافه شده به سازه با استفاده از تعداد ۲۸ میراگر تدس در هر دو راستای اصلی سازه - هر راستا ۱۴ میراگر - در حدود ۳/۵ درصد میرایی بحرانی می‌باشد؛ به عبارت دیگر میرایی کل سازه برابر با ۸/۵ درصد می‌شود.

در نهایت برش پایه‌ی محاسبه شده با میراگرهای فوق برابر با حدود ۳۷۵/۵ تن نیرو برای راستای کوتاه و ۳۴۱/۸ تن نیرو برای راستای بلند سازه می‌باشد. برش پایه‌ی محاسبه شده با استفاده از روش SRSS در ارتفاع توزیع می‌گردد. در ادامه نیز با محاسبه جابه‌جایی بام در اثر زلزله‌ی طرح و استفاده از شکل‌های مودی، جابه‌جایی هر طبقه در هر مود تعیین گردیده و با روش SRSS جابه‌جایی نهایی طبقات در اثر زلزله‌ی طرح محاسبه شده است که حاصل آن در جدول شماره ۸ آورده شده است. با توجه به این جدول مشخص می‌گردد بیشینه نسبت جابه‌جایی نسبی نهایی به ارتفاع طبقه برابر با حدود ۲/۵ درصد می‌باشد که در حدود ایمنی جانی می‌باشد. البته در طرح نهایی این موارد با دقت بالاتری مورد بررسی قرار خواهد گرفت.

جدول شماره ۶ - مشخصات میراگرهای مورد استفاده در ساختمان شش طبقه اسکلت بتنی اسلامشهر

تعداد پره ها	ضخامت پره ها	ارتفاع پره ها	وزن هر میراگر	ظرفیت آزمایش شده میراگر
۶ پره	۳۰ میلی‌متر	۳۰ سانتی‌متر	حدود ۱۶۰ کیلوگرم	۱۶ سانتی‌متر

جدول شماره ۷ - 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

جدول شماره ۸ - جابه جایی نسبی نهایی طبقات در سازه ۶ طبقه تجاری اسلامشهر مسلح به میراگر تدریس

دریفت نهایی X	دریفت نهایی Y	دریفت تقسیم بر ارتفاع راستای X	دریفت تقسیم بر ارتفاع راستای Y	
0.049564796	0.046936015	0.011014399	0.010430226	طبقه دوم
0.110023329	0.108291093	0.022004666	0.021658219	طبقه سوم
0.107039353	0.11373274	0.023786523	0.025273942	طبقه چهارم
0.094289878	0.100490483	0.020953306	0.022331219	طبقه پنجم
0.071205688	0.073423482	0.015823486	0.016316329	طبقه ششم
0.110023329	0.11373274	0.023786523	0.025273942	بیشینه

پس از محاسبه‌ی مقادیر برش پایه و تعیین توزیع آن در ارتفاع، سازه بر اساس نیروهای اینرسی محاسبه شده بازطراحی

گردیده است. در این حالت وزن بتن اسکلت سازه برابر با ۱۲۷۵/۱ تن محاسبه گردیده است؛ این

عدد در طرح بدون میراگر برابر با ۱۶۲۱/۸ تن بوده است. از طرفی با توجه به حذف دیوارها فولاد استفاده

شده در دیوارهای برشی طبقات روی زمین حذف خواهد شد و در عوض مقداری به فولاد مورد استفاده در ستونها

اضافه خواهد شد. بررسی‌ها نشان می‌دهد که مقدار فولاد مصرفی در طرح با میراگر بدون در نظر گرفتن پی در حدود ۱۴۰ تن خواهد بود؛ این عدد در طرح بدون میراگر در حدود ۱۵۸ تن بوده است. بنابراین مقدار میلگرد مورد نیاز برای اسکلت منهای پی حدود ۱۸ تن کاهش را نشان می‌دهد. بررسی‌های بیشتر و متره دقیق در طرح نهایی انجام خواهد گرفت.

بخش چهارم: جمع بندی، مقایسه اقتصادی و خلاصه نتایج

۱- مقایسه عملکردی طرح پیشنهادی مسلح به تدس و طرح اولیه

در ابتدا به بیان عوامل اصلی در تصمیم‌گیری پیرامون طرح می‌پردازیم:

الف) کاهش در شتاب طیفی یکی از عوامل تصمیم‌گیری و انتخاب طرح می‌باشد. با توجه به آنکه نیروی وارد بر تجهیزات غیر سازه‌ای مانند انواع آویزها، وسایل موجود در قفسه‌ها، کتابخانه‌ها، ویتринаها و به طور کلی تقریباً تمام اسباب و وسایل موجود در سازه در هنگام زلزله وابسته به شتاب طبقه می‌باشد؛ 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.

ب) میزان میرایی سازه یکی از عوامل موثر در تصمیم‌گیری می‌باشد؛ سازه‌ای که مسلح به سیستم میراگری می‌باشد قابلیت جذب و استهلاک انرژی بالاتری دارد و بنابراین در هنگام زلزله انرژی کمتری صرف تخریب المان‌های سازه‌ای خواهد شد و ایمنی سازه افزایش خواهد یافت.

پ) زمان اجرای پروژه یکی از عوامل مهم در تصمیم‌گیری می‌باشد که برای پروژه ارزش افزوده به همراه خواهد داشت؛ در این راستا هر چقدر حجم عملیات پایین‌تر باشد دقت و سرعت کار بالاتر می‌رود. به عنوان مثال کاهش وزن اسکلت یکی از عوامل سرعت بخشیدن به ساخت و اجرای پروژه می‌باشد و نیز حذف دیوارهای برشی یا سیستم‌های مهاربندی منجر به افزایش سرعت اجرای پروژه خواهد شد.

ت) قیمت طرح نیز آخرین عامل در تصمیم‌گیری و انتخاب طرح مناسب می‌باشد.

در ادامه در جدول شماره ۹ به مقایسه‌ی دو طرح با و بدون میراگر از نقطه نظر عوامل فوق خواهیم پرداخت. آنگونه که از جدول مشخص است در طرح با میراگر در مجموع، وزن بتن اسکلت در حدود ۲۱ درصد کاهش یافته است. لازم به بیان است که شتاب طیفی بر اساس ۱/۲۵ زمان تناوب تجربی؛ میرایی محاسبه شده با آیین‌نامه ASCE7 و استفاده از طیف طرح استاندارد ویرایش چهارم آیین‌نامه ۲۸۰۰ محاسبه گردیده است.

جدول شماره ۹ - خلاصه نتایج عوامل، پارامترها و مشخصات فنی مختلف در طرح اولیه و طرح سازه مسلح به میراگر تدس در پروژه اسکلت بتنی اسلامشهر

موضوع مقایسه	طرح اولیه بدون میراگر	طرح سازه مسلح به میراگر تدس
متوسط نسبت میرایی دو جهت اصلی در مود اول (%)	صفر	۳/۵
متوسط برش پایه دو جهت اصلی (تن نیرو)	۹۰۱/۷	۳۵۸/۷
متوسط شتاب طیفی دو جهت (ضرب در g)	۰/۹۶۲۵	۰/۶۰۵
وزن تقریبی بتن اسکلت منهای پی (تن)	۱۶۲۱/۸	۱۲۷۵/۱
وزن تقریبی میلگرد اسکلت منهای پی (تن)	۱۵۸/۰	۱۴۰/۰
وزن واحد سطح کل بتن مورد نیاز اسکلت منهای پی (kg/m ²)	۴۷۵/۳	۳۷۳/۷
بیشینه نسبت جابه‌جایی نسبی نهایی به ارتفاع طبقه (%)	۱/۶۳	۲/۵
مساحت دیوار برشی سازه ای (متر مربع)	۷۲۹	۰
اختلاف مساحت اشغال شده توسط دیوار برشی و بنایی در هر طبقه (m ^۲)	۰	-۲
تعداد میراگر مورد نیاز در طرح	صفر	۲۸
سیستم دیوار برشی	دارد	ندارد (سرعت اجرای بالاتر اسکلت سازه)
شکل پذیری لازم برای سیستم باربر	ویژه	ویژه
سطح عملکرد المان های غیر سازه ای	ایمنی جانی	ایمنی جانی
سطح عملکرد المان های سازه ای	ایمنی جانی	ایمنی جانی

۲- مقایسه اقتصادی طرح مسلح به میراگر تدس و طرح اولیه بدون میراگر

در مقایسه اقتصادی طرح‌ها لازم است در تصمیم‌گیری به سه عامل زیر توجه شود:

الف) تعیین هزینه خرید، ساخت و اجرای بتن و میلگرد مورد نیاز در اسکلت سازه منهای دیوار برشی.

ب) هزینه اجرای دیوار برشی.

ب) هزینه خرید میراگرها، اتصالات و المان‌های مورد نیاز جهت اتصال به قاب و اجرای آن‌ها.

پ) مساحت خالص طبقات. این مساحت در اثر حذف دیوارهای برشی که ضخامت متوسط ۳۵ سانتی‌متر دارند و

جایگزینی آن‌ها با دیوارهای بنایی که ضخامت متوسط ۲۵ سانتی‌متر دارند افزایش می‌یابد؛ البته در عوض برخی از

ستون‌ها بزرگتر می‌شوند اما در مجموع مساحت خالص با حذف دیوار افزایش خواهد یافت.

در این بررسی و جدول پیش رو وزن المان‌های مورد نیاز جهت اتصال میراگرها به سازه در دل وزن میلگرد اسکلت

آورده شده است.

در جدولی که در ادامه می‌آید اعداد با توجه به انتشار عمومی گزارش حذف شده‌اند و فقط صرفه‌جویی نهایی قرار

داده شده است.

جدول شماره ۱۰ - خلاصه نتایج عوامل، پارامترها و مشخصات اقتصادی مختلف در طرح اولیه و طرح سازه مسلح به میراگر تدس در پروژه ۶ طبقه تجاری اسلامشهر (اعداد بر حسب تومان است)

موضوع مقایسه	قیمت واحد	طرح اولیه بدون میراگر	طرح سازه مسلح به میراگر تدس
قالب بندی، تامین و اجرای بتن به کار رفته در اسکلت (در واحد متر مکعب بتن)	-	-	-
تامین و اجرای میلگرد اسکلت منهای پی (در واحد کیلوگرم میلگرد)	-	-	-
هزینه اجرای دیوار برشی (در واحد متر مربع سطح دیوار)	-	-	-
هزینه ناشی از کاهش بنای مفید ناشی از وجود برشی (در واحد متر مربع فضای مفید)	-	-	-
تامین و اجرای میراگرها	-	-	-
مقدار صرفه جویی در طرح با میراگر		-	۱۴۲۴۲۴۴۹۰

آنگونه که از جدول مشخص است افزایش عملکرد، بهبود قابل ملاحظه کیفیت سازه، افزایش قیمت احتمالی به ازای هر متر مربع به دلیل استفاده از تکنولوژی روز و بهبود مقاومت سازه در مقابل زلزله، یا حداقل فروش و تبلیغ بهتر برای واحدها در کنار صرفه جویی در حدود ۱۴۰ میلیون تومانی از مزایای استفاده از میراگر تدس در این سازه است؛ که البته در صورتی که صرفه جویی در زمان ساخت اسکلت ناشی از حذف دیوارهای برشی را به عدد فوق اضافه نماییم به مقدار بیشتری خواهیم رسید. در پایان مجوز مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی برای استفاده از میراگر تدس شرکت پارت سازه در ساختمانها آورده شده است.

جناب آقای مهندس کارگر
مدیرعامل محترم شرکت پارت سازه ساینار

با سلام و احترام

در پاسخ به درخواست آن شرکت به شماره نامه ۰۲۳۳-۹۲ مورخ ۹۲/۵/۵، در خصوص دریافت نظریه فنی برای میراگرهای فلزی پره مثلثی، به اطلاع می‌رساند که بر اساس آزمایش‌های انجام شده در دیماه ۱۳۹۳ در بخش مهندسی سازه و ابنیه فنی این مرکز، دو نمونه میراگر فولادی پره مثلثی TADAS ارسالی از آن شرکت ضوابط پذیرش استاندارد ASCE41-13 را برآورده می‌نمایند. کاربرد این نوع میراگرها در بهسازی لرزه‌های ساختمان با رعایت استاندارد ASCE41-13 و در طراحی و ساخت ساختمان‌های نوساز با رعایت آیین‌نامه ASCE7-10 پلامانع است.

محمود صفارزاده
معاون تحقیقات و فناوری



مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی
کد پستی ۱۴۶۳۹۱۷۱۵۱
مستطابق پستی ۱۳۱۴۵-۱۳۹۶

شکل شماره ۶- مجوز مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی به میراگر تدس ساخت شرکت پارت سازه برای استفاده در ساخت سازه‌های جدید و مقاوم‌سازی سازه‌های موجود (خرداد ۱۳۹۴)