





# پارت سازه

**PART SAZE** STRUCTURAL  
ENGINEERING

# شرکت مهندسی پارت سازه ساینار

## پیشنهادیه

استفاده از میراگرهای فلزی تدس در

ساختمان مسکونی هشت طبقه جنت آباد

دی ماه ۱۳۹۵

## فهرست مطالب

مقدمه؛ معرفی میراگرهای تدس.....	۹
بخش اول: معرفی پروژه حاضر.....	۱۳
بخش دوم: بررسی طرح بدون میراگر فعلی.....	۲۰
۱- بارگذاری.....	۲۰
الف) بار مرده.....	۲۰
ب) بار زنده.....	۲۰
پ) بار خطاهای حین ساخت.....	۲۰
ت) بار زلزله قائم و افقی.....	۲۰
ث) بار فشار خاک.....	۲۲
۲- تحلیل سازه و بیان برخی نتایج تحلیل در سازه بدون میراگر.....	۲۲
۳- ترکیبات بارگذاری مورد استفاده.....	۲۴
۴- بیان خروجی های وزن اسکلت در طرح اولیه بدون میراگر.....	۲۴
بخش سوم: طراحی با میراگر تدس.....	۲۶
۱- مقدمه و بیان جانمایی پیشنهادی میراگرها.....	۲۶

۲ - بارگذاری ..... ۲۹

الف) بار مرده ..... ۲۹

ب) بار زنده ..... ۲۹

پ) بار خطاهای ناشی از ساخت ..... ۲۹

ت) بار زلزله افقی و قائم ..... ۲۹

ث) بار فشار خاک ..... ۳۰

۳ - ترکیبات بارگذاری طراحی ..... ۳۰

۴ - تحلیل و طراحی سازه با میراگر و بیان مختصر نتایج و خروجی های تحلیل ..... ۳۱

۵ - بررسی وزن اسکلت در حالت با میراگر ..... ۳۶

۶ - طراحی پی در سازه مسلح به میراگر ..... ۳۹

**بخش چهارم : جمع بندی، مقایسه اقتصادی و خلاصه نتایج ..... ۴۵**

۱ - مقایسه عملکردی طرح پیشنهادی مسلح به تدس و طرح اولیه ..... ۴۵

۲ - مقایسه اقتصادی طرح مسلح به میراگر تدس و طرح اولیه بدون میراگر ..... ۴۷

## فهرست جدول ها

- جدول شماره ۱- مشخصات طبقات مختلف ساختمان هشت طبقه اسکلت بتنی جنت آباد بر اساس فایل Etabs (واحدها متر هستند)..... ۱۳
- جدول شماره ۲- پارامترهای مورد نیاز در محاسبه ضریب زلزله بخش میانی ساختمان هشت طبقه اسکلت بتنی جنت آباد بر اساس ویرایش چهارم استاندارد ۲۸۰۰..... ۲۱
- جدول شماره ۳- دریفت طبقات و نسبت دریفت به ارتفاع طبقات در طرح اولیه بدون میراگر..... ۲۳
- جدول شماره ۴- وزن اسکلت بتنی به تفکیک نوع المان و جمع کل در طرح اولیه (بدون میراگر) در پروژه جنت آباد..... ۲۴
- جدول شماره ۵- وزن مقاطع مختلف به کار رفته در طرح اولیه (بدون میراگر)..... ۲۵
- جدول شماره ۶- مشخصات میراگرهای مورد استفاده در ساختمان هشت طبقه اسکلت بتنی مسکونی جنت آباد ۳۲..... ۳۳
- جدول شماره ۷- ضریب کاهش پاسخ بر اساس مقدار میرایی..... ۳۳
- جدول شماره ۸- تعداد میراگرهای مورد استفاده در طبقات مختلف پروژه ساختمان مسکونی اسکلت بتنی جنت آباد..... ۳۴
- جدول شماره ۹- توزیع نیروی اینرسی زلزله که به روش طیف پاسخ محاسبه شده است در اثر زلزله طرح (واحد کیلوگرم نیرو) در پروژه مسکونی جنت آباد مسلح به میراگرهای تدس..... ۳۵
- جدول شماره ۱۰- جابه جایی نهایی و نسبت جابه جایی نهایی به ارتفاع طبقات در طرح با میراگر..... ۳۶
- جدول شماره ۱۱- وزن بتن اسکلت سازه به تفکیک المان در پروژه جنت آباد..... ۳۶

- جدول شماره 12 - وزن بتن اسکلت سازه به تفکیک مقطع در پروژه جنت آباد..... ۳۷
- جدول شماره ۱۳ - محاسبه مساحت اشغال شده توسط ستون ها و اختلاف مساحت اشغال شده توسط دیوارهای برشی به نسبت دیوارهای بنایی..... ۳۸
- جدول شماره 14 - متره میلگردهای مورد نیاز در پی برای طرح با میراگر..... ۴۳
- جدول شماره 15 - متره میلگردهای مورد نیاز در پی در طرح اولیه بدون میراگر..... ۴۴
- جدول شماره ۱۶ - خلاصه نتایج عوامل، پارامترها و مشخصات فنی مختلف در طرح اولیه و طرح سازه مسلح به میراگر تدس در پروژه مسکونی جنت آباد..... ۴۶
- جدول شماره ۱۷ - خلاصه نتایج عوامل، پارامترها و مشخصات اقتصادی مختلف در طرح اولیه و طرح سازه مسلح به میراگر تدس در پروژه مسکونی جنت آباد (اعداد بر حسب تومان است)..... ۴۹

## فهرست شکل ها

- شکل شماره ۱ - تصویر میراگر فلزی پره مثلثی یا تدس که یکی از انواع میراگرهای غیرفعال اتلاف انرژی زلزله می باشد..... ۹
- شکل شماره ۲ - اثر افزودن همزمان سختی و میرایی به سازه (اثر حضور میراگرهای فلزی در سازه)..... ۱۰
- شکل شماره ۳ - نحوه ی نصب میراگر تدس در قاب ساختمانی..... ۱۲

- شکل شماره ۴ - پلان معماری تیپ طبقات پروژه هشت طبقه اسکلت بتنی جنت آباد ..... ۱۴
- شکل شماره ۵ - شکل سه بعدی ساختمان هشت طبقه اسکلت بتنی جنت آباد که در Etabs ساخته شده است. . ۱۵
- شکل شماره ۶ - معرفی مشخصات مصالح بتنی در نرم افزار Etabs ..... ۱۶
- شکل شماره ۷ - مشخصات میلگرد مورد استفاده در پروژه که در نرم افزار Etabs تعریف شده است. .... ۱۷
- شکل شماره ۸ - مقطع یکی از ستون های مورد استفاده در پروژه هشت طبقه اسکلت بتنی جنت آباد ..... ۱۸
- شکل شماره ۹ - مقطع یکی از تیرهای مورد استفاده در پروژه هشت طبقه اسکلت بتنی جنت آباد ..... ۱۹
- شکل شماره ۱۰ - تصویر سازه در طرح با میراگر تدس ..... ۲۷
- شکل شماره ۱۱ - محل قرار گیری قاب ها و میراگرها در طبقات مختلف در پروژه مسکونی جنت آباد ..... ۲۸
- شکل شماره ۱۲ - مدل ساخته شده از پی سازه در نرم افزار Safe ..... ۳۹
- شکل شماره ۱۳ - معرفی مصالح بتنی در نرم افزار Safe2014 ..... ۴۰
- شکل شماره ۱۴ - تعریف مدول خاک بستر در نرم افزار Safe2014 ..... ۴۱
- شکل شماره ۱۵ - مقادیر تنش در زیر پی در اثر یکی از ترکیب بار های بحرانی ..... ۴۲
- شکل شماره ۱۶ - کنتور نشست پی در اثر ترکیب بارگذاری بهره برداری ..... ۴۴
- شکل شماره ۱۷ - 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) ..... ۵۰



## مقدمه؛ معرفی میراگرهای تدس

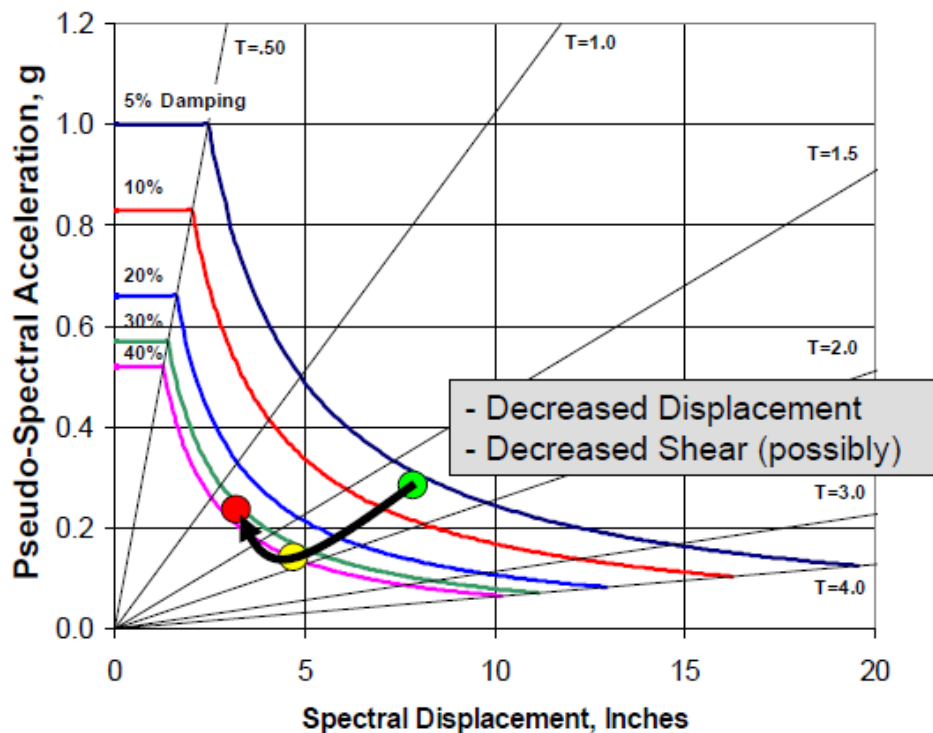
میراگر تدس نوعی از انواع میراگرهای فلزی غیرفعال اتلاف انرژی و ابزاری برای کنترل ارتعاشات سازه‌ها می‌باشد. جهت دریافت اطلاعات بیشتر در مورد کنترل سازه‌ها، ابزار و روش‌های مختلف آن کتابچه میراگر تدس پیوست می‌باشد. روش اتلاف انرژی در این میراگر بدین صورت است که پره‌های مثلثی شکل این میراگر معمولاً بسیار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



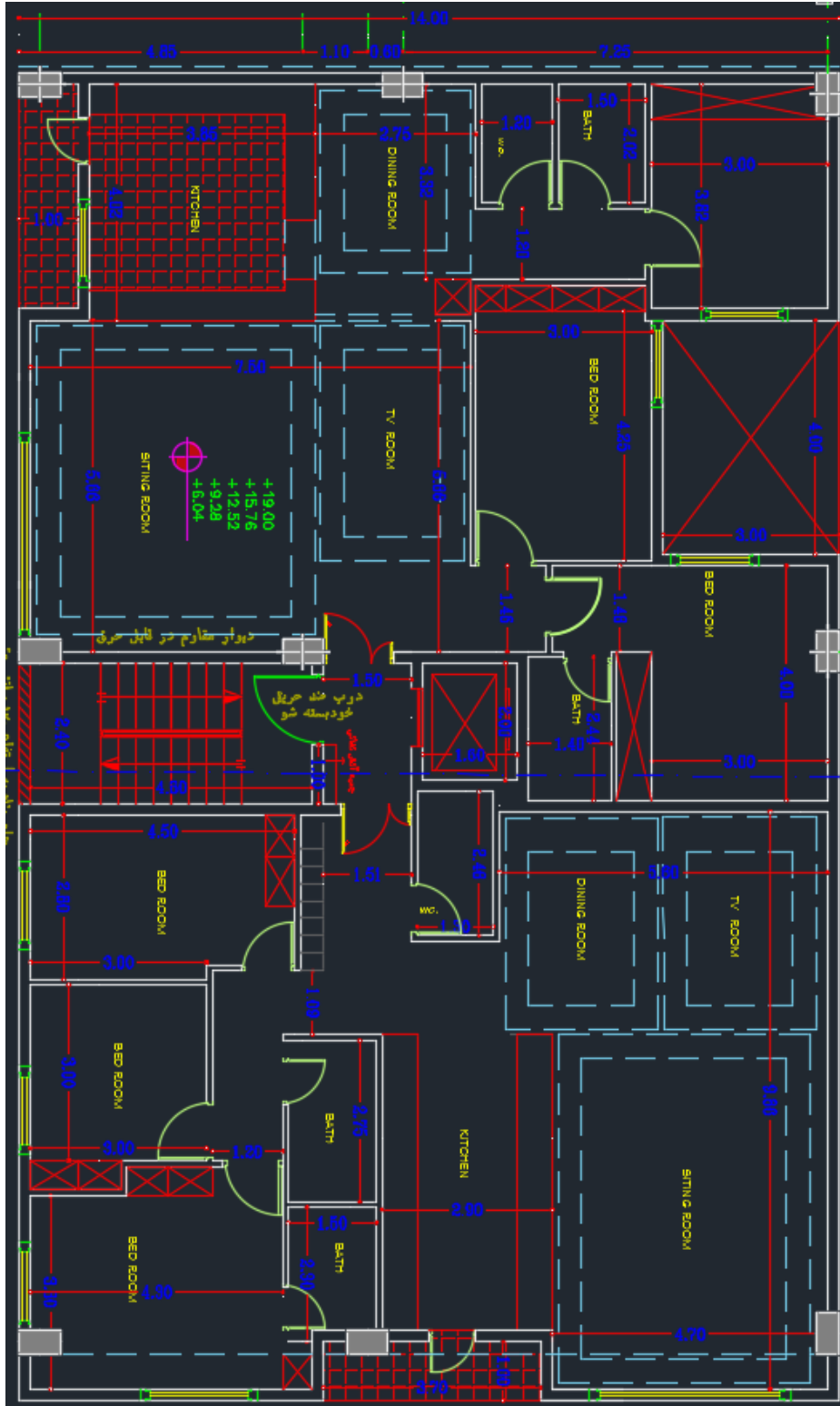
شکل شماره ۳ - نحوه ی نصب میراگر تانس در قاب ساختمانی

## بخش اول: معرفی پروژه حاضر

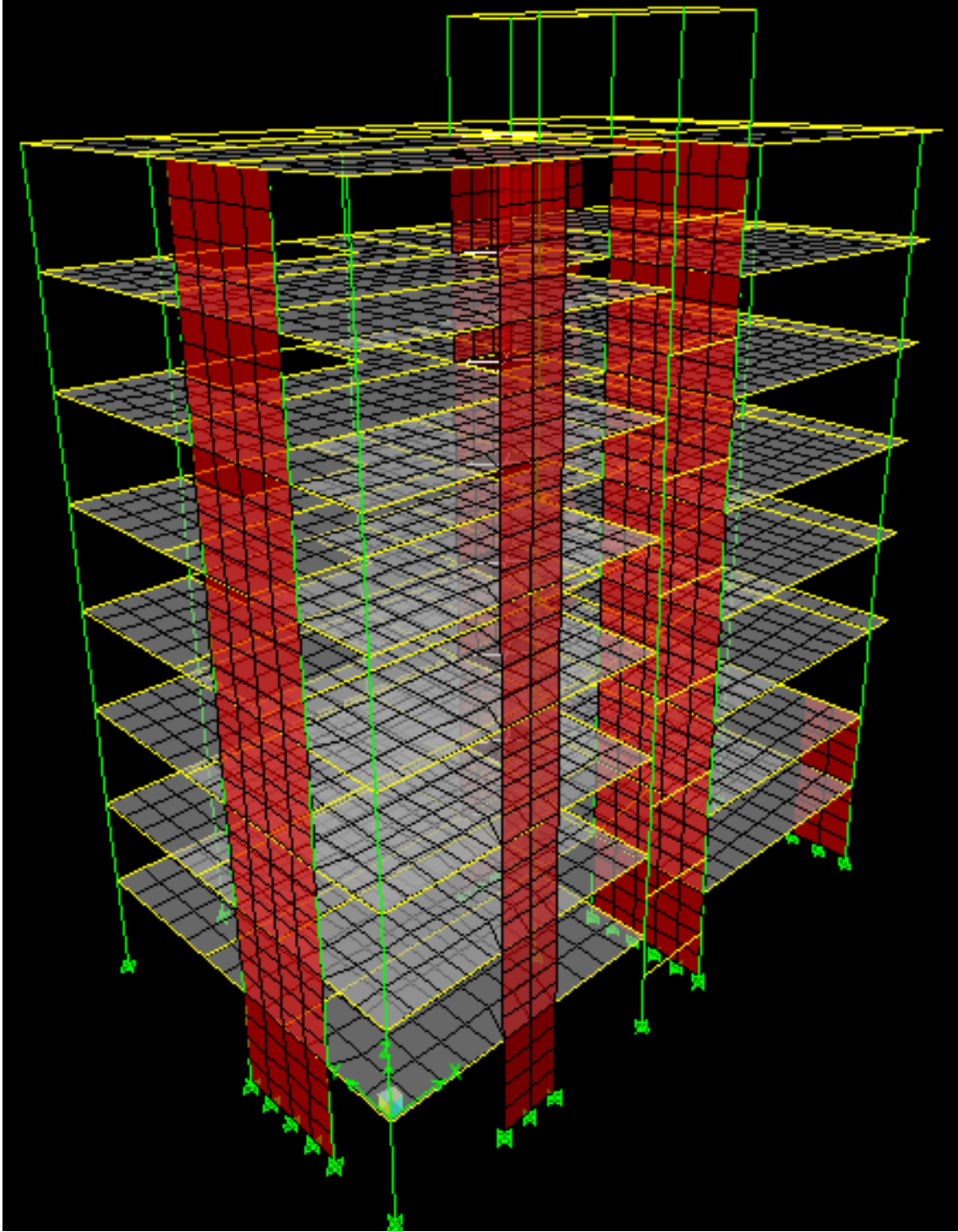
این پروژه مربوط به ساختمان هشت طبقه با اسکلت بتنی مسکونی واقع در جنت آباد تهران می باشد؛ بر اساس فایل Etabs در اختیار این پروژه دارای مترائز تقریبی زیربنای ۲۳۹۳/۷ متر مربع است. شکل پلان در طبقات تیپ مسکونی به صورت شکل شماره ۴ می باشد. شکل سه بعدی ساختمان که در نرم افزار Etabs مدل شده است در شکل شماره 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 سازه فاقد دیوار حایل می باشد ارتفاعی که لازم است برای محاسبات لرزه ای سازه در نظر گرفته شود معادل هشت طبقه (تمام کف ها به جز خرپشته) و برابر با ۲۵/۳۴ متر خواهد بود. در واقع تراز پایه همان روی پی سازه می باشد و در محاسبات زلزله تمام طبقات در محاسبات وارد خواهند شد.

جدول شماره ۱- مشخصات طبقات مختلف ساختمان هشت طبقه اسکلت بتنی جنت آباد بر اساس فایل Etabs (واحد ها 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	21.96	21.96	3.1
طبقه هشتم	31.172829	269.166	300.3388	3.24
طبقه هفتم	31.172829	269.166	300.3388	3.24
طبقه ششم	31.172829	269.166	300.3388	3.24
طبقه پنجم	31.172829	269.166	300.3388	3.24
طبقه چهارم	31.172829	269.166	300.3388	3.24
طبقه سوم	31.172829	269.166	300.3388	3.24
طبقه دوم	17.04	267.83	284.87	2.8
طبقه اول	17.04	267.83	284.87	3.1
مجموع	221.116974	2172.616	2393.733	25.34



شکل شماره ۴ - پلان معماری تیپ طبقات پروژه هشت طبقه اسکلت بتنی جنت آباد



شکل شماره ۵ - شکل سه بعدی ساختمان هشت طبقه اسکلت بتنی جنت آباد که در Etabs ساخته شده است.

سیستم سقف سازه از نوع سقف توپی (Bubble Deck) با ضخامت حدود ۳۹ سانتی متر می باشد. از این ضخامت ۳۹ سانتی متر حدود ۲۴ سانتی متر دال بتنی و ۱۵ سانتی متر توپ‌های مخصوص توخالی می باشند. بارگذاری مرده و زنده سازه نیز مطابق فایل در اختیار فرض گردیده است. در طرح اولیه برای طراحی از روش حالات حدی نهایی استفاده 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 ۳۰ مگا پاسکال می باشد. مشخصات مصالح بتنی مورد استفاده در شکل شماره ۶ قرار داده شده است.

Material Property Data	
Material Name	CONC
Type of Material	<input checked="" type="radio"/> Isotropic <input type="radio"/> Orthotropic
Type of Design	Concrete
Analysis Property Data	
Mass per unit Volume	2.501E-09
Weight per unit Volume	2.452E-05
Modulus of Elasticity	25644.3903
Poisson's Ratio	0.2
Coeff of Thermal Expansion	5.500E-06
Shear Modulus	10685.1626
Design Property Data (CSA-A23.3-94)	
Specified Conc Comp Strength, f'c	29.42
Bending Reinf. Yield Stress, fy	392.266
Shear Reinf. Yield Stress, fys	294.1995
Lightweight Concrete	<input type="checkbox"/>
Shear Strength Reduc. Factor	

شکل شماره ۶ - معرفی مشخصات مصالح بتنی در نرم افزار Etabs



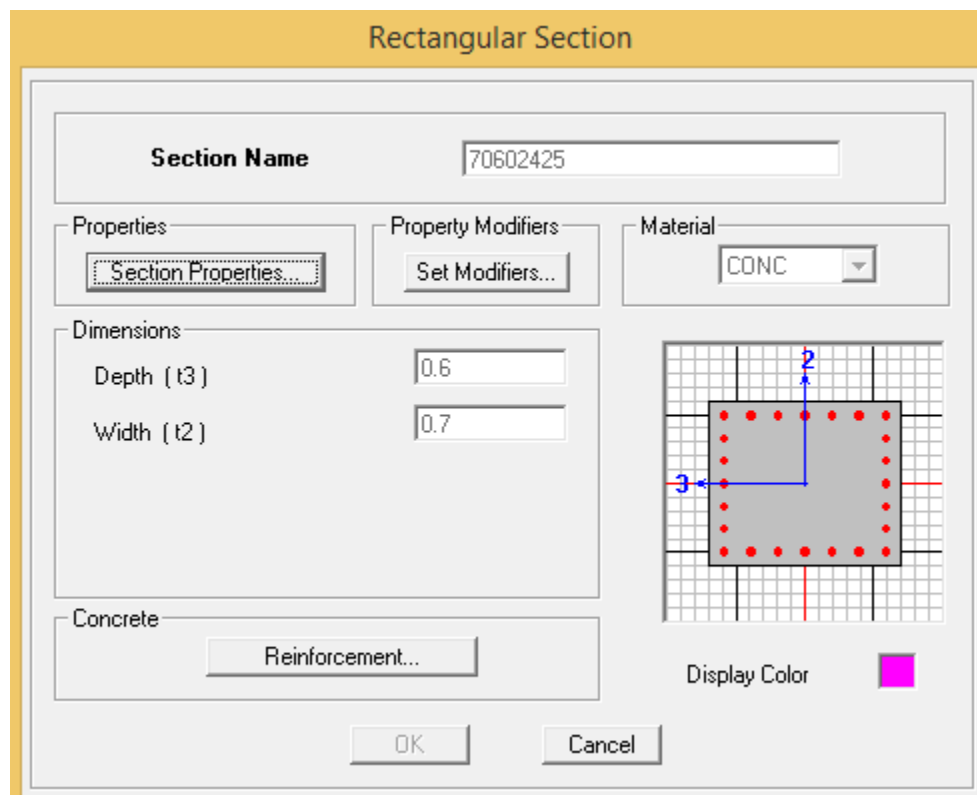
همچنین میلگردهای مورد استفاده در پروژه از نوع AIII می باشند که مشخصات آن در شکل شماره ۷ قرار داده شده است.

Material Property Data	
Material Name	STEEL
Type of Material	<input checked="" type="radio"/> Isotropic <input type="radio"/> Orthotropic
Display Color	Color: [Pink]
Type of Design	Design: Steel
Analysis Property Data	
Mass per unit Volume	7.827E-09
Weight per unit Volume	7.682E-05
Modulus of Elasticity	199947.987
Poisson's Ratio	0.3
Coeff of Thermal Expansion	1.170E-05
Shear Modulus	76903.072
Design Property Data	
Minimum Yield Stress, Fy	344.7379
Minimum Tensile Strength, Fu	448.1592
Cost per Unit Weight	2822565.24

شکل شماره ۷- مشخصات میلگرد مورد استفاده در پروژه که در نرم افزار Etabs تعریف شده است.

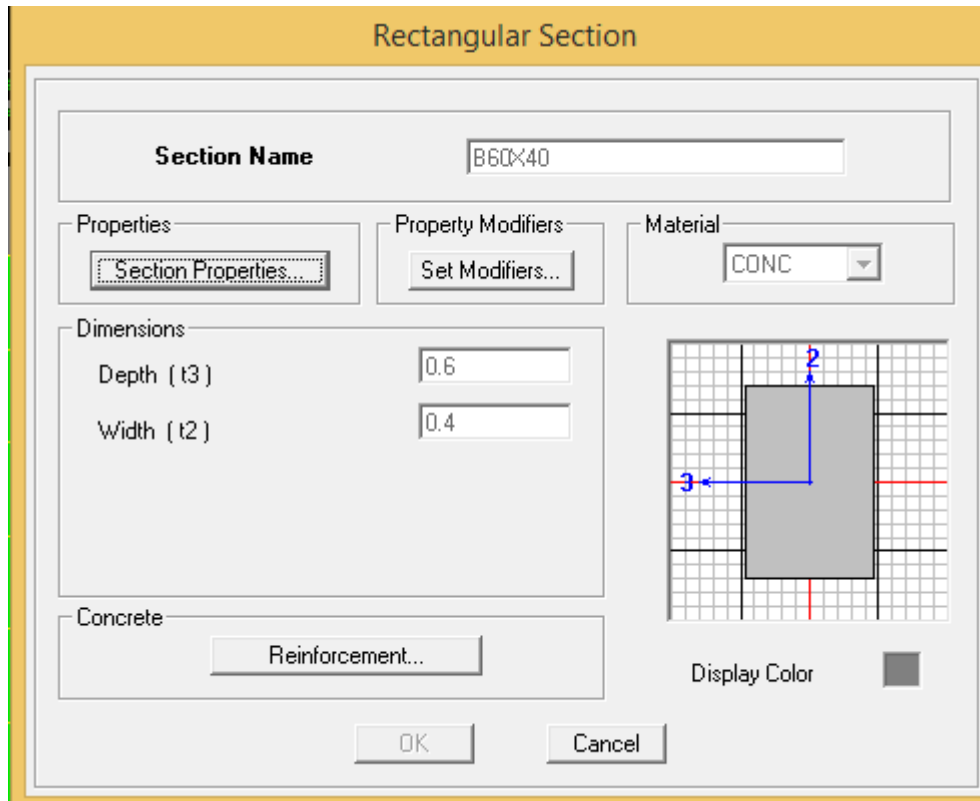
همچنین تیرها و ستون های مورد استفاده در پروژه تماما از نوع مستطیلی می باشد که به عنوان نمونه مقطع یکی از ستون ها که دارای ابعاد ۷۰ سانتی متر در ۶۰ سانتی متر می باشد و در آن از ۲۴ میلگرد به قطر ۲۵ میلی متر به عنوان

میلگرد طولی استفاده شده است و مقطع یکی از تیرها با ابعاد ۴۰ سانتی متر در ۶۰ سانتی متر به ترتیب در شکل شماره ۸ و شکل شماره ۹ قرار داده شده است.



شکل شماره ۸ - مقطع یکی از ستون های مورد استفاده در پروژه هشت طبقه اسکلت بتنی جنت آباد

سیستم باربر جانبی سازه در طرح بدون میراگر در هر دو جهت سیستم دیوار برشی بتنی با شکل پذیری متوسط می باشد و تعیین و توزیع بارهای لرزه ای 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 سازه ای مسلح به میراگر و نیز طرح سیستم میراگری در طراحی انجام خواهد شد.



شکل شماره ۹ - مقطع یکی از تیرهای مورد استفاده در پروژه هشت طبقه اسکلت بتنی جنت آباد

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 II فرض گردیده است؛ همچنین ضریب اهمیت سازه با توجه به کاربری مسکونی 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 بدون میراگر فعلی

### ۱ – بارگذاری

#### الف) بار مرده

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

#### ب) بار زنده

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

#### پ) بار خطاهای حین ساخت

در سازه بتنی بر اساس مبحث نهم نیازی به در نظر گرفتن این بارها نمی باشد.

#### ت) بار زلزله قائم و افقی

به نظر می رسد بار زلزله قائم بر اساس استاندارد ۲۸۰۰ ویرایش چهارم تا حدودی دیده شده است که باید بر تمام قسمت های سازه در مناطق با خطر لرزه خیزی بالا وارد شود و مقدار آن از رابطه ی زیر بدست می آید:

$$Q_z = 0.6AIW$$

که  $W$  بار مرده می باشد. البته بر قسمت های کنسول نیز رابطه ی دیگری باید لحاظ شود که به نظر می رسد در طرح قبلی دیده نشده است. ضمن آنکه بار زلزله قائم دیوارهای پیرامونی نیز دیده نشده است.

و بار افقی به شرح زیر محاسبه شده است: همانگونه که قبلا توضیح داده شد خاک نوع II برای ساختگاه در نظر گرفته شده است، ضریب اهمیت سازه برابر با ۱ لحاظ گردیده است، ضریب رفتار هر دو راستای سازه برابر با چهار لحاظ گردیده است.

بر این اساس ضریب زلزله برای هر دو راستای سازه برابر مقادیر زیر محاسبه گردیده است:

$$V = CW$$

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

$$C = \frac{0.35 \times 1 / 844 \times 1}{4}$$

$$C = 0.161$$

جدول شماره ۲ - پارامترهای مورد نیاز در محاسبه ضریب زلزله بخش میانی ساختمان هشت طبقه اسکلت بتنی جنت آباد بر اساس ویرایش چهارم استاندارد ۲۸۰۰

ضریب	شتاب مبنای	زمان تناوب تجربی سازه	ضریب بازتاب بر	ضریب رفتار (سیستم)	ضریب بزرگنمایی
اهمیت (متوسط)	طرح (خطر نسبی خیلی زیاد)	(سیستم دیوار برشی با شکل پذیری متوسط)	اساس ۱/۲۵ برابر زمان تناوب تجربی (خاک نوع II)	دیوارهای برشی با شکل پذیری متوسط)	جابه‌جایی
$I = 1$	$A = 0.35$	$T = (0.05H^{0.75})$ $T = 0.5647 \text{ sec}$	$B = 1/844$	$R = 4$	$C_d = 4$

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،  $k$  ضریب توزیع نیروی زلزله در ارتفاع

و  $h_i$  ارتفاع تراز  $i$  ام از تراز پایه است. لازم به بیان است که وزن لرزه‌ای هر طبقه  $w_i$  بر اساس استاندارد ۲۸۰۰

ویرایش چهارم برابر با تمام بار مرده به اضافه‌ی ۲۰٪ از بار زنده طبقات در نظر گرفته شده است. در این پروژه بخشی از بار زنده به عنوان بار زنده غیرقابل کاهش با ضریب ۱ در محاسبه وزن لرزه‌ای مشارکت می‌نماید و بخش دیگر با ضریب ۰/۲ مشارکت خواهد داشت.

برای محاسبه پارامتر  $k$  باید از رابطه‌ی زیر استفاده نمود:

$$k = 0.5T + 0.75, \quad 1 < k < 2$$

در این سازه مقدار  $k$  در حالت بدون میراگر برابر با ۱/۱ بدست می‌آید. در محاسبه ضریب بازتاب میرایی ذاتی سازه برابر با ۵ درصد میرایی بحرانی لحاظ شده است و در ادامه نیز از همین مقدار استفاده خواهد شد.

### ث) بار فشار خاک

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

## ۲ – تحلیل سازه و بیان برخی نتایج تحلیل در سازه بدون میراگر

در طرح اولیه با توجه به آنکه وزن لرزه‌ای کل بخش سازه برابر با حدود ۳۰۲۳/۳ تن نیرو بوده است برش پایه بخش میانی برابر با ۴۸۷/۱ تن نیرو بدست می‌آید. بر اساس روابطی که قبلاً بیان گردید نیروی برش پایه‌ی محاسبه‌شده (۴۸۷/۱ تن نیرو) در ارتفاع توزیع خواهد گردید؛ در نهایت نیروی هر طبقه با توجه به سختی المان‌ها در پلان طبقه توزیع می‌گردد که این دو عملیات به صورت خودکار توسط نرم‌افزار صورت می‌پذیرد.

در پایان این قسمت مقادیر جابه‌جایی‌های نسبی نهایی سازه در طرح بدون میراگر بر اساس تحلیل استاتیکی با ضرب ضریب بزرگنمایی جابه‌جایی  $c_d$  که برابر با چهار می‌باشد در نتایج تحلیل خطی محاسبه گردیده است و در جدول شماره ۳ قرار داده شده است؛ آنگونه که از جدول مشخص است بیشینه‌ی نسبت جابه‌جایی طبقه به ارتفاع طبقه در طرح اولیه برابر با حدود ۲ درصد می‌باشد که از نظر المان‌های غیرسازه‌ای در محدوده عملکرد ایمنی جانی می‌باشد؛ در واقع این مقدار بیشینه مقدار مجاز آیین‌نامه‌ای برای دریافت در سطح عملکرد ایمنی جانی می‌باشد.

از نقطه نظر سازه‌ای نیز هرچند عملکرد سازه بر اساس تحلیل‌های دقیق عملکردی قابل تعیین می‌باشد اما با توجه به آنکه هدف استاندارد ۲۸۰۰ برای ساختمان‌های با اهمیت متوسط رسیدن به سطح عملکرد ایمنی جانی در زلزله طرح می‌باشد 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 می‌باشد.

جدول شماره ۳ - دریافت طبقات و نسبت دریافت به ارتفاع طبقات در طرح اولیه بدون میراگر

طبقه	ارتفاع طبقه	دریافت نهایی X	دریافت نهایی Y	نسبت دریافت به ارتفاع X	نسبت دریافت به ارتفاع Y
طبقه هشتم	3.24	0.058	0.038	0.017901	0.011728
طبقه هفتم	3.24	0.0624	0.0384	0.019259	0.011852
طبقه ششم	3.24	0.0652	0.038	0.020123	0.011728
طبقه پنجم	3.24	0.066	0.0364	0.02037	0.011235
طبقه چهارم	3.24	0.0624	0.0328	0.019259	0.010123
طبقه سوم	3.24	0.0528	0.0256	0.016296	0.007901
طبقه دوم	2.8	0.032	0.014	0.011429	0.005
طبقه اول	3.1	0.0152	0.0064	0.004903	0.002065
بیشینه		0.066	0.0384	0.02037	0.011852

### ۳ – 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.

### ۴ – بیان خروجی های وزن اسکلت در طرح اولیه بدون میراگر

در طرح اولیه که توسط طراح آن انجام گرفته است وزن بتن اسکلت سازه بدون لحاظ نمودن بتن مورد استفاده در سقف و پی ها با  $۵۶۳/۳$  تن می باشد. در مورد میلگرد مورد استفاده متره ای در نقشه های سازه موجود نمی باشد؛ وزن بتن اسکلت سازه در جدول شماره ۴ و 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  $۲۳۹۳/۷$  متر مربع می باشد وزن نرم افزاری و اولیه بتن اسکلت سازه منهای بتن سقف و پی برابر با  $۲۳۵/۳$  کیلوگرم به ازای هر متر مربع از زیربنای سازه می باشد. برای سقف باید عدد حدود  $۵۹۰$  کیلوگرم بر متر مربع را به عدد فوق اضافه نمود. در طرح با میراگر در حدود  $۳۶۷$  متر مربع مساحت سطح قائم (و نه در پلان) دیوارهای برشی به ضخامت  $۳۰$  سانتی متر و  $۵۶$  متر مربع مساحت سطح قائم دیوارهای برشی به ضخامت  $۴۰$  سانتی متر می باشد.

جدول شماره ۴ – وزن اسکلت بتنی به تفکیک نوع المان و جمع کل در طرح اولیه (بدون میراگر) در پروژه جنت آباد

Element Type	Material	Total Weight	Num Pieces	Num Studs
Column	CONC	172570	102	
Beam	CONC	24980	18	0
Wall	CONC	365757.5		
Total		563307.5		



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

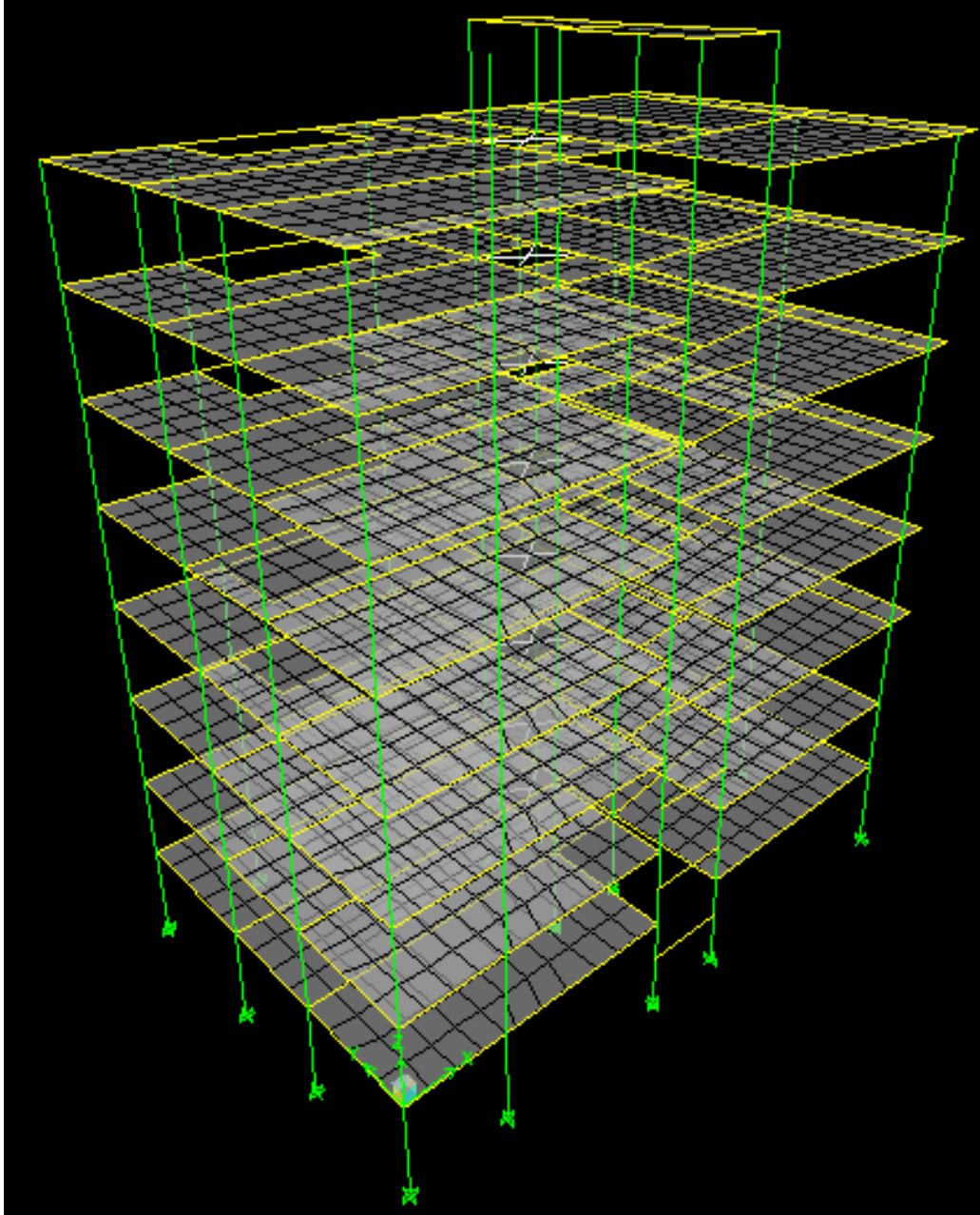
Story	Element Type	Material	Total Weight	Floor Area	Unit Weight
STORY9	Column	CONC	9610	21.96	437.6138
STORY9	Beam	CONC	1462.5	21.96	66.5984
STORY8	Column	CONC	20088	269.166	74.6306
STORY8	Beam	CONC	2843.75	269.166	10.5651
STORY8	Wall	CONC	43011	269.166	159.7938
STORY7	Column	CONC	20088	269.166	74.6306
STORY7	Beam	CONC	2843.75	269.166	10.5651
STORY7	Wall	CONC	43011	269.166	159.7938
STORY6	Column	CONC	20412	269.166	75.8343
STORY6	Beam	CONC	2825	269.166	10.4954
STORY6	Wall	CONC	43011	269.166	159.7938
STORY5	Column	CONC	20412	269.166	75.8343
STORY5	Beam	CONC	2825	269.166	10.4954
STORY5	Wall	CONC	43011	269.166	159.7938
STORY4	Column	CONC	21060	269.166	78.2418
STORY4	Beam	CONC	2806.25	269.166	10.4257
STORY4	Wall	CONC	43011	269.166	159.7938
STORY3	Column	CONC	21060	269.166	78.2418
STORY3	Beam	CONC	2806.25	269.166	10.4257
STORY3	Wall	CONC	46656	269.166	173.3356
STORY2	Column	CONC	18760	267.831	70.0442
STORY2	Beam	CONC	3761.25	267.831	14.0434
STORY2	Wall	CONC	49378	267.831	184.3625
STORY1	Column	CONC	21080	267.831	78.7063
STORY1	Beam	CONC	2806.25	267.831	10.4777
STORY1	Wall	CONC	54668.5	267.831	204.1157
SUM	Column	CONC	172570	2172.616	79.4296
SUM	Beam	CONC	24980	2172.616	11.4977
SUM	Wall	CONC	365757.5	2172.616	168.3489
TOTAL	All	All	563307.5	2172.616	259.2761

## بخش سوم: طراحی با میراگر تدس

### ۱- مقدمه و بیان جانمایی پیشنهادی میراگرها

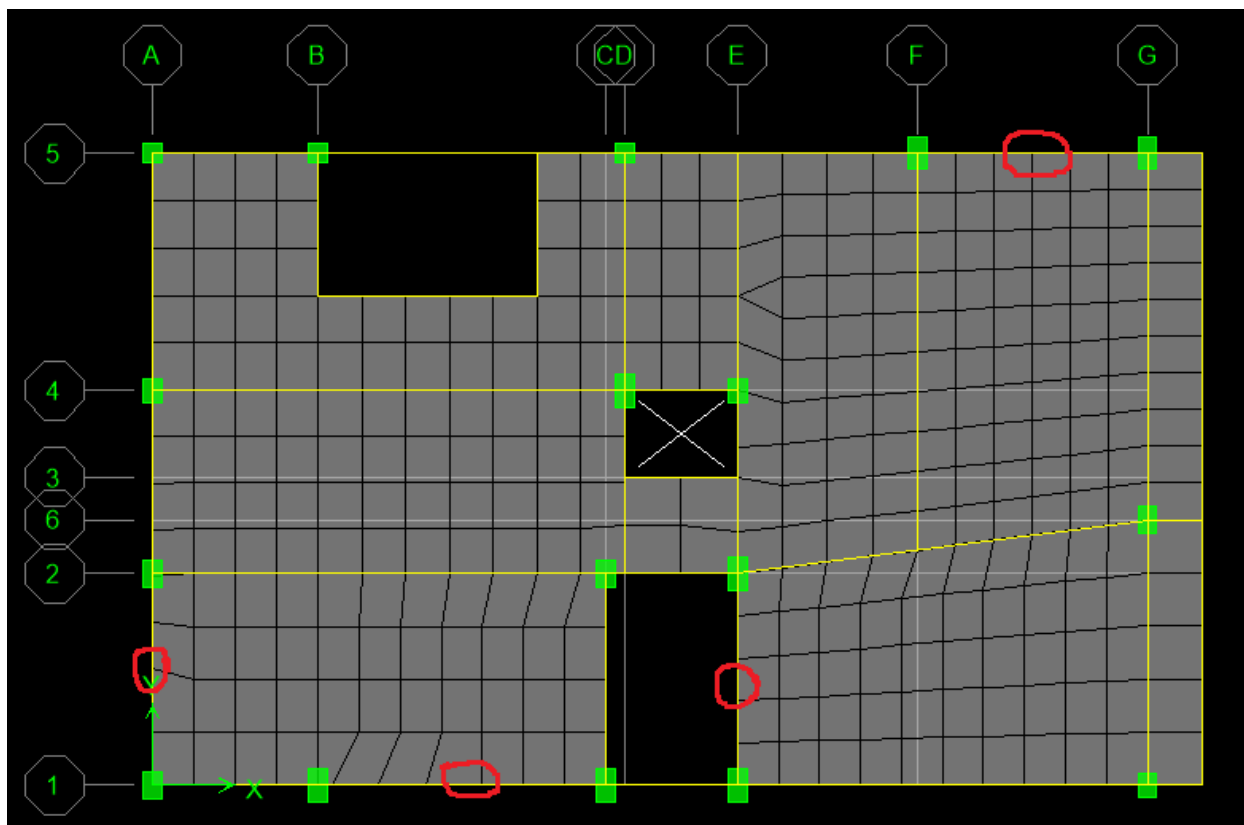
در این قسمت طرح سازه مسلح به میراگرهای تدس انجام خواهد گرفت. در این طرح دیوارهای برشی حذف خواهند شد و به جای دیوارهای برشی از سیستم باربر جانبی قاب خمشی بتنی با شکل پذیری متوسط استفاده می شود. بر اساس استاندارد ۲۸۰۰ ویرایش چهارم در سازه های بلندتر از ۵۰ متر باید از سیستم با شکل پذیری ویژه استفاده گردد که در اینجا ارتفاع سازه کمتر از این مقدار است. لازم به ذکر است به طور کلی 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 به بیان است که سازه در طرح فعلی عملاً فاقد تیر می باشد؛ اما برای حذف دیوار باید به سازه تیر اضافه نمود چرا که سیستم باربر کنسولی که در آن ستون بدون حضور تیر و به تنهایی بارهای جانبی را تحمل می نماید تنها برای سازه های با ارتفاع کمتر از ۱۰ متر مجاز می باشد که در اینجا این شرط مجاز نمی باشد. لیکن به جهت سرعت اجرا تنها چهار تیر در هر طبقه به سازه اضافه می شود و در عوض تمامی دیوارهای برشی حذف خواهند شد که به معنای افزایش



شکل شماره ۱۰ - تصویر سازه در طرح با میراگر تدس

قابل ملاحظه در سرعت اجرا خواهد بود؛ بنابراین این هر طبقه دارای چهار قاب خمشی به صورت دو قاب در هر جهت می باشد؛ بدین صورت که در هر سمت مرکز صلبیت طبقه یک قاب خمشی کامل وجود دارد. تصویر سازه در طرح نهایی با میراگر تدس در شکل شماره ۱۰ قرار داده شده است. همچنین محل پیشنهادی قرارگیری قاب ها و میراگرها در طبقات با دایره های قرمز رنگ در شکل شماره ۱۱ مشخص گردیده است.



شکل شماره ۱۱ - محل قرارگیری قاب ها و میراگرها در طبقات مختلف در پروژه مسکونی جنت آباد

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.

## ۲ – 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

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

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 بتنی با شکل‌پذیری متوسط در هر دو راستا تغییر داده شده است برابر با ۵ برای

استفاده در طراحی به روش حالات حدی نهایی خواهد بود؛ همچنین ضریب بزرگنمایی جابه‌جایی برای تبدیل جابه‌جایی حاصل از تحلیل خطی به جابه‌جایی نهایی برابر با ۴/۵ 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.

## ۳ – ترکیبات بارگذاری طراحی

ترکیبات بارگذاری طراحی همانند سازه بدون میراگر می‌باشد؛ لازم است دقت گردد که بار زلزله ترکیب یک مولفه افقی راستای  $X$  و  $Y$  با مولفه قائم زلزله می‌باشد. بدین منظور لازم است که ۱۰۰ درصد زلزله یک جهت با ۳۰ درصد زلزله قائم جمع شود. با توجه به اینکه ستون در محل تقاطع دو سیستم باربر جانبی وجود ندارد در نظر گرفتن ترکیب ۱۰۰ به ۳۰ برای دو راستای افقی ضروری نمی‌باشد.

## 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 جدول شماره ۶ قرار داده شده است.

مدل سازی و طراحی میراگرها و بارگذاری سازه مسلح به میراگر بر اساس استاندارد ASCE/SEI7-10 انجام خواهد شد؛ 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 دارد:

۱- در هر طبقه حداقل از ۴ میراگر استفاده شده باشد که لازم است در هر جهت ۲ میراگر تعبیه شده باشد.

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 الاستیک شان در مدل وارد گردد و خود میراگرها نیز باید با سختی موثرشان در جابه جایی طراحی در مدل وارد شوند. این سختی موثر بر اساس منحنی های 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 منحنی های 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 مربوطه ارائه خواهد شد. لازم به بیان است که بر اساس استاندارد ASCE/SEI 7-10 ضریب اصلاح طیف شتاب 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 همانگونه که بیان شد 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.

جدول شماره ۶ - مشخصات میراگرهای مورد استفاده در ساختمان هشت طبقه اسکلت بتنی مسکونی جنت آباد

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 ۱۶۰ کیلوگرم	۱۶ سانتی متر



جدول شماره ۷- ضریب کاهش پاسخ بر اساس مقدار میرایی

Effective Damping, $\beta$ (percentage of critical)	$B_{v+I}, B_{1D}, B_R, B_{1M}, B_{mD}, B_{mM}$ (where period of the structure $\geq T_0$ )
$\leq 2$	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
$\geq 100$	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 اولیه منهای دیوارهای برشی تحلیل می شود و سپس بر اساس این تحلیل که میراگرها نیز در آن مدل سازی و دیده شده اند المان های جدیدی برای سازه طرح می گردد؛ این فرآیند تا همگرا شدن مقاطع تحلیل و طراحی ادامه خواهد یافت.

بر اساس بررسی های مختلف در آرایش ها و تعداد مختلف میراگر در سازه، برای طرح نهایی در مجموع از تعداد ۳۲ میراگر شش پره تدس در هشت طبقه روی تراز پایه بهره گرفته شده است که جانمایی دقیق

این میراگرها در تعامل با مهندس معمار و کارفرمای پروژه تعیین خواهد شد؛ اما تعداد این میراگرها و اینکه این میراگرها در چند دهانه نصب خواهند گردید در جدول شماره ۸ قرار داده شده است.

بر اساس محاسبات صورت گرفته با استفاده از روش ذکر شده در بخش‌های قبل میرایی اضافه شده به سازه با استفاده از تعداد ۳۲ میراگر تدس در هر دو راستای اصلی سازه در حدود ۶ درصد میرایی بحرانی می‌باشد؛ به عبارت دیگر میرایی کل سازه برابر با حدود ۱۱ درصد می‌شود.

جدول شماره ۸ - تعداد میراگرهای مورد استفاده در طبقات مختلف پروژه ساختمان مسکونی اسکلت بتنی جنت آباد

طبقه	تعداد دهانه و میراگر تدس جهت X	تعداد دهانه و میراگر تدس جهت Y
اول	۲TADAS in ۲span	۲TADAS in ۲span
دوم	۲TADAS in ۲span	۲TADAS in ۲span
سوم	۲TADAS in ۲span	۲TADAS in ۲span
چهارم	۲TADAS in ۲span	۲TADAS in ۲span
پنجم	۲TADAS in ۲span	۲TADAS in ۲span
ششم	۲TADAS in ۲span	۲TADAS in ۲span
هفتم	۲TADAS in ۲span	۲TADAS in ۲span
هشتم	۲TADAS in ۲span	۲TADAS in ۲span
مجموع	۱۶	۱۶

برش پایه‌ی نهایی دینامیکی محاسبه شده با میراگرهای فوق برابر با ۲۳۸ تن نیرو برای راستای X و ۲۴۴ تن نیرو برای راستای Y می‌باشد. نیروهای اینرسی محاسبه شده در طبقات ناشی از مودهای مختلف با استفاده از روش SRSS نیروهای اینرسی کل را بدست می‌دهند. حاصل در جدول شماره ۹ قرار داده شده است. پس از انجام فرآیند تکراری تحلیل و طراحی، طرح نهایی انجام گرفته است که در بخش‌های بعد در مورد آن بحث خواهد شد؛ اما نتایج محاسبه‌ی جابه‌جایی‌های سازه در طرح نهایی که بر اساس برش‌های پایه جدول شماره ۹ که به روش دینامیکی طیف پاسخ محاسبه شده‌اند، در جدول شماره 10 آورده است. بر اساس این جدول مشخص است که بیشینه نسبت جابه‌جایی نسبی به ارتفاع طبقه برابر با حدود ۱/۹ درصد می‌باشد که در محدوده مجاز و کمی کمتر از سازه بدون میراگر است.

جدول شماره ۹ - توزیع نیروی اینرسی زلزله که به روش طیف پاسخ محاسبه شده است در اثر زلزله طرح (واحد کیلوگرم نیرو) در پروژه مسکونی جنت آباد مسلح به میراگرهای تدس

Inertia Forces Y	Inertia Forces X	طبقه
47808.69425	45712.57045	طبقه هشتم
38473.6632	37588.1894	طبقه هفتم
36370.01535	35693.36457	طبقه ششم
32906.926	32402.24905	طبقه پنجم
29532.31943	28569.64351	طبقه چهارم
26953.2328	25736.28199	طبقه سوم
21050.95241	20864.30376	طبقه دوم
10995.36592	11414.026	طبقه اول
244091.1694	237980.6287	مجموع

جدول شماره 10 - جابه جایی نهایی و نسبت جابه جایی نهایی به ارتفاع طبقات در طرح با میراگر

نسبت دریافت به ارتفاع Y	نسبت دریافت به ارتفاع X	دریافت نهایی راستای Y طبقه	دریافت نهایی راستای X طبقه	ارتفاع طبقه	طبقه
0.006471556	0.008823813	0.020061824	0.027353821	3.1	طبقه اول
0.013466797	0.016106275	0.037707032	0.045097569	2.8	طبقه دوم
0.018082992	0.018975231	0.058588893	0.061479748	3.24	طبقه سوم
0.018770074	0.018832275	0.060815039	0.061016572	3.24	طبقه چهارم
0.017728067	0.01804548	0.057438935	0.058467356	3.24	طبقه پنجم
0.015062063	0.014914568	0.048801083	0.048323202	3.24	طبقه ششم
0.011620248	0.011103434	0.037649602	0.035975125	3.24	طبقه هفتم
0.007868728	0.007084426	0.025494677	0.022953539	3.24	طبقه هشتم
0.018770074	0.018975231	0.060815039	0.061479748		بیشینه

## ۵ - بررسی وزن اسکلت در حالت با میراگر

در حالت با میراگر سقف سازه تغییرات چندانی نخواهد داشت؛ اما بر اساس طرح با میراگر وزن نرم افزاری بتن مورد استفاده در اسکلت سازه منهای سقف و پی برابر با حدود ۴۰۲/۱۱ تن می باشد که این مقادیر به تفکیک المان و مقاطع به ترتیب در جدول شماره 11 و جدول شماره 12 قرار داده شده اند. این وزن در طرح بدون میراگر برابر با ۵۶۳/۳ تن بوده است که کاهش حدود ۲۹ درصدی را نشان می دهد.

جدول شماره 11 - وزن بتن اسکلت سازه به تفکیک المان در پروژه جنت آباد

Element Type	Material	Total Weight	Num Pieces	Num Studs
Column	CONC	283281	143	
Beam	CONC	118836	50	0
Total		402117		

جدول شماره 12 - وزن بتن اسکلت سازه به تفکیک مقطع در پروژه جنت آباد

Story	Element Type	Material	Total Weight	Floor Area	Unit Weight	Num Pieces	Num Studs
STORY9	Column	CONC	11625	21.96	529.3716	7	
STORY9	Beam	CONC	3925	21.96	178.7341	2	0
STORY8	Column	CONC	29808	269.166	110.7422	17	
STORY8	Beam	CONC	12755	269.166	47.3872	6	0
STORY7	Column	CONC	29808	269.166	110.7422	17	
STORY7	Beam	CONC	12755	269.166	47.3872	6	0
STORY6	Column	CONC	32400	269.166	120.3719	17	
STORY6	Beam	CONC	14048	269.166	52.1909	6	0
STORY5	Column	CONC	32400	269.166	120.3719	17	
STORY5	Beam	CONC	14048	269.166	52.1909	6	0
STORY4	Column	CONC	35964	269.166	133.6129	17	
STORY4	Beam	CONC	14720	269.166	54.6875	6	0
STORY3	Column	CONC	36936	269.166	137.224	17	
STORY3	Beam	CONC	14695	269.166	54.5946	6	0
STORY2	Column	CONC	35280	267.831	131.7249	17	
STORY2	Beam	CONC	15945	267.831	59.5338	6	0
STORY1	Column	CONC	39060	267.831	145.8382	17	
STORY1	Beam	CONC	15945	267.831	59.5338	6	0
SUM	Column	CONC	283281	2172.616	130.387	143	
SUM	Beam	CONC	118836	2172.616	54.6972	50	0
TOTAL	All	All	402117	2172.616	185.0842	408	0

بر اساس بررسی‌های انجام شده مقدار آرماتورهای طولی مورد نیاز برای ستون‌ها در این طرح حدود ۴۶۰۰۰ کیلوگرم می‌باشد، در حالی که وزن بتن مورد استفاده در ستون‌ها این طرح برابر با حدود ۲۸۳/۳ تن می‌باشد؛ در طرح قبلی مقدار میلگرد طولی تقریباً برابر ۲۵۷۰۰ کیلوگرم و مقدار بتن برابر با ۱۷۲/۶ بوده است. از طرفی در طرح با میراگر وزن میلگردهای طولی مورد استفاده در تیرها در حدود ۱۱۶۰۰ کیلوگرم و وزن بتن مورد استفاده در تیرها در حدود ۱۱۸/۸ تن می‌باشد که این مقادیر در طرح قبلی حدود ۲۶۰۰ کیلوگرم برای میلگرد و ۲۵ تن برای بتن بوده است. در

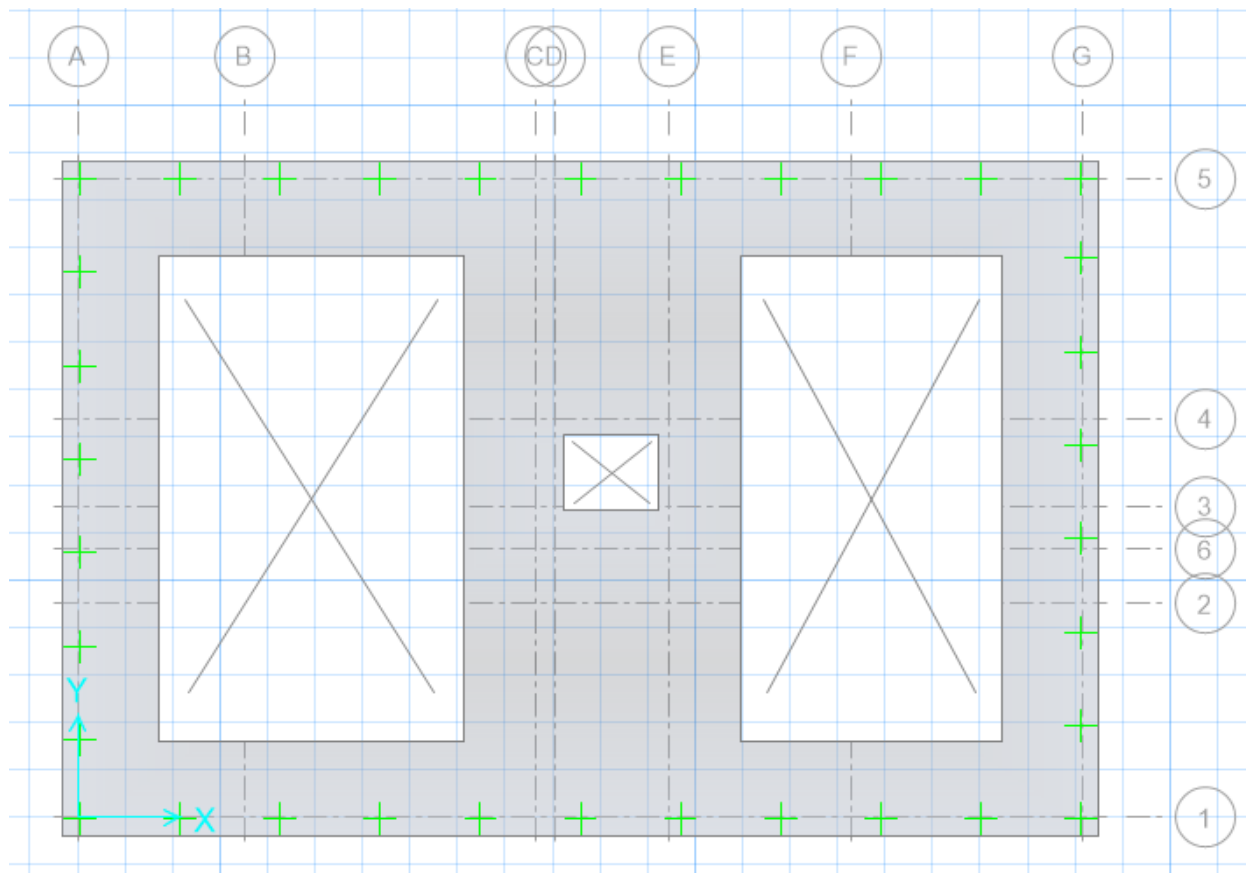
عوض مقدار وزن آرماتورها و بتن به کار رفته در دیوارها در طرح با میراگر برابر با صفر است که عدد میلگرد به کار رفته در طرح قبلی برابر با حدود ۳۳۲۰۰ کیلوگرم برای میلگرد و بتن آن در حدود ۳۶۵/۸ تن می‌باشد؛ همچنین مسئله‌ای دیگری که باید مد نظر قرار داد کم شدن مقادیر میلگرد و بتن سقف در اثر اشغال بخشی از فضا توسط تیرها می‌باشد که بر اساس بررسی‌ها در این حالت مقدار حدود ۷۰۰ کیلوگرم در مصرف میلگرد سقف صرفه‌جویی خواهد شد که از عدد مجموع میلگرد طرح با میراگر کسر می‌نماییم تا بتوانیم حاصل را با عدد طرح با میراگر مقایسه نماییم. مسئله‌ی دیگری که مد نظر قرار دارد متراژ خالص طبقات است. با توجه به آنکه دیوارهای برشی غالباً در پیرامون سازه وجود دارند در محاسبه متراژ خالص واحدها مدنظر قرار گرفته و مساحت خالص را کاهش می‌دهند؛ حال با توجه به آنکه یک دیوار بنایی معمول پیرامونی ضخامت ۲۰ سانتی‌متری دارد، اختلاف ضخامت دیوار برشی با دیوار بنایی را ملاک متراژ خالص طبقات قرار می‌دهیم. در حالتی که دیوار برشی در طبقات استفاده شود اختلاف مساحت اشغال شده توسط این دیوارها نسبت به دیوارهای بنایی و مساحت اشغال شده توسط ستون‌ها در طبقات به شرح جدول شماره ۱۳ می‌باشد.

جدول شماره ۱۳ - محاسبه مساحت اشغال شده توسط ستون‌ها و اختلاف مساحت اشغال شده توسط دیوارهای برشی به نسبت دیوارهای بنایی

مورد مقایسه	طرح با میراگر	طرح بدون میراگر
مساحت کل ستون طبقه‌ها	۳۵/۹۴	۲۱/۸۴
اختلاف مساحت دیوار برشی و بنایی	صفر	۱۵/۲۴
مجموع مساحت اشغال شده	۳۵/۹۴	۳۷/۰۸

## ۶ - طراحی پی در سازه مسلح به میراگر

پس از طراحی سازه مسلح به میراگر نیروهای تراز پی به نرم افزار Safe منتقل می شود تا طراحی پی در این نرم افزار انجام پذیرد؛ لازم به بیان است که به جهت طراحی پی از نسخه ی ۲۰۱۴ این نرم افزار استفاده شده است. مدل ساخته شده در این نرم افزار در شکل شماره ۱۲ قابل مشاهده می باشد. در قسمت های خالی این پی نسبت به پی قبلی سازه تغییراتی داده شده است. در پی طرح بدون میراگر مساحت قسمت های خالی پی برابر با حدود ۹۰/۱۷ متر مربع می باشد



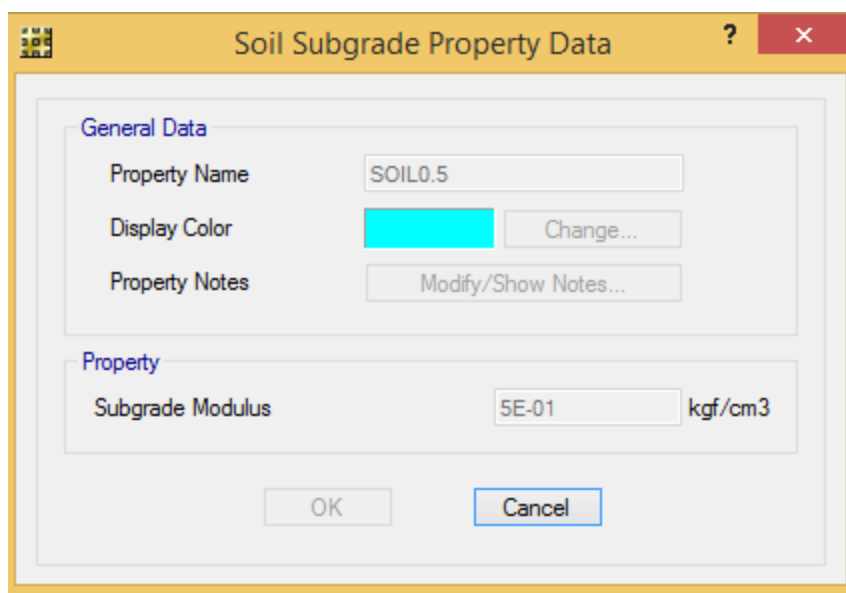
شکل شماره ۱۲ - مدل ساخته شده از پی سازه در نرم افزار Safe

این میزان در پی طرح با میراگر به ۱۲۵/۴ متر مربع افزایش یافته است؛ ضمن آنکه تعداد ۶ گودال توخالی تبدیل به ۳ گودال شده است که نشان از کاهش حجم عملیات اجرایی پی دارد. از بتن با مقاومت فشاری نمونه استوانه‌ای ۲۸ روزه ۳۰ مگاپاسکال استفاده شده است. معرفی مصالح بتنی در نرم‌افزار در شکل شماره ۱۳ آورده شده است. همچنین از میلگرد AIII آجدار به عنوان میلگردهای طولی و عرضی در هر دو سفره بالا و پایین استفاده شده است.

شکل شماره ۱۳ - معرفی مصالح بتنی در نرم افزار Safe2014



از پی به ضخامت ۱۰۰ سانتی‌متر در طرح استفاده شده است که این پی به صورت Slab تعریف شده است. همچنین مدول خاک بستر با توجه به آنکه عرض پی در اغلب نقاط ۲ متر است و همچنین نسبت طول به عرض پی بیش از ۴ است در حدود ۰/۵ کیلوگرم بر سانتی‌متر مکعب خواهد بود که طریقه تعریف آن در نرم‌افزار در شکل شماره ۱۴ قرار داده شده است.

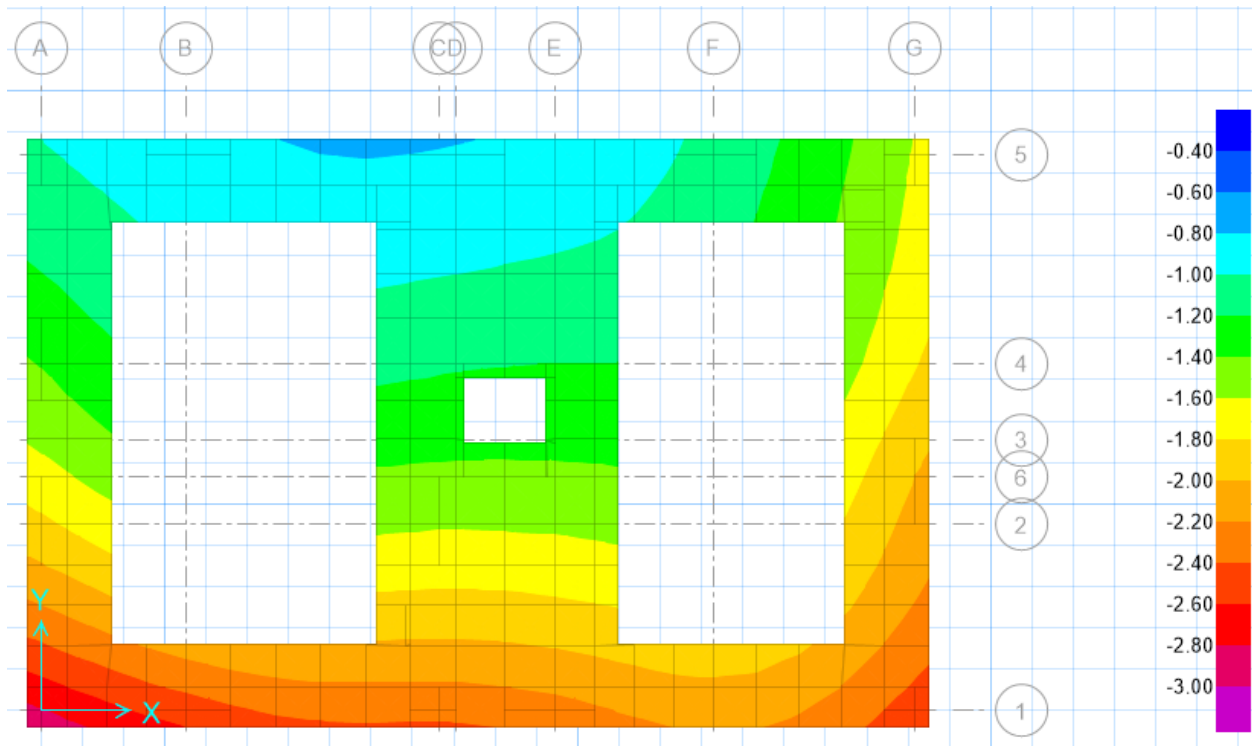


شکل شماره ۱۴ - تعریف مدول خاک بستر در نرم افزار Safe2014

ترکیب بارهای کنترل تنش خاک که به صورت زیر می‌باشند:

- ۱-  $D + L$
- ۲-  $0.75(D + L + Q)$

کنترل تنش زیر خاک پی با و بدون در نظر گرفتن Uplift محاسبه شده است و آنگونه که مشخص است در هیچ ترکیب باری هیچ قسمتی از پی به کشش نخواهد افتاد و این مسئله با توجه به تبدیل سیستم دیوار برشی با نیروهای متمرکز بسیار بزرگ در زیر دیوارها به سیستم باربر قاب خمشی با نیروهای نسبتاً کوچک که در زیر اغلب ستون‌ها به صورت متعادل توزیع شده‌اند طبیعی و قابل انتظار می‌باشد. از طرف دیگر خاک زیر پی خاک سستی نمی‌باشد و در ترکیب بارهای کنترل تنش خاک مطابق فوق مشخص گردیده است که بیشینه تنش فشاری خاک در زیر پی برابر با حدود  $2/8$  کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع می‌باشد که در حدود تنش مجاز خاک‌های نیمه متراکم منطبق بر خاک تیپ II می‌باشد و بنابر این در طرح با میراگر نیازی به استفاده از شمع نمی‌باشد.



شکل شماره ۱۵ - مقادیر تنش در زیر پی در اثر یکی از ترکیب بارهای بحرانی

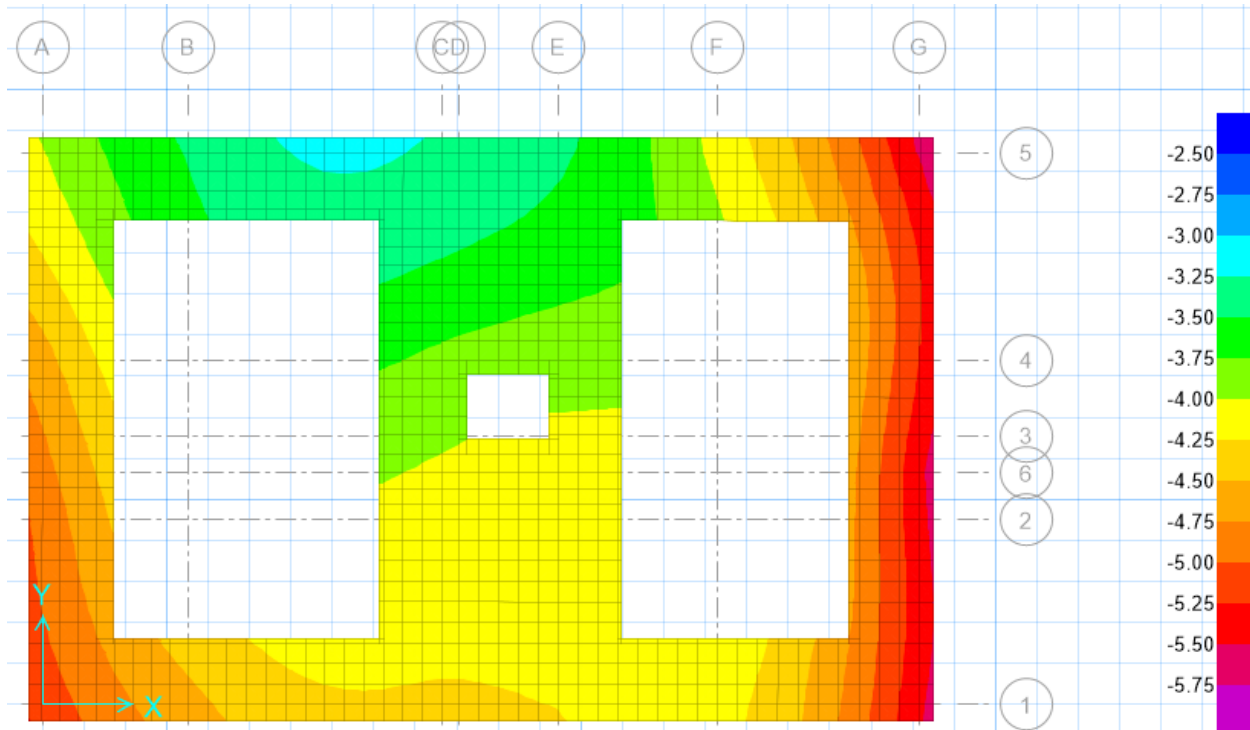
مقادیر تنش‌ها در خاک زیر پی در اثر یکی از ترکیبات بارگذاری بحرانی در شکل شماره ۱۵ قرار داده شده است. در ادامه لازم است آرماتورهای پی طرح شوند؛ بدین منظور از ترکیبات بارگذاری مطابق مبحث ششم مقررات ملی ساختمان ایران استفاده شده است. بر این اساس از میلگردهای به قطر ۲۰ میلی‌متر در فواصل ۲۰ سانتی‌متر در هر دو سفره‌ی بالا و پایین و در هر دو جهت استفاده خواهد شد و علاوه بر آن در برخی نقاط نیاز به میلگردهای اضافی نیز می‌باشد که این میلگردها با قطرهای ۲۰، ۲۵ و ۳۲ میلی‌متر انتخاب شده‌اند. وزن کل میلگردها برای طرح مسلح به میراگر تقریباً برابر با ۳۰۸۰۰ کیلوگرم بدست آمده است؛ در حالی که این مقدار در طرح بدون میراگر در حدود ۴۱۸۰۰ کیلوگرم میلگرد و مطابق با جدول شماره ۱۵ می‌باشد. مقدار بتن مورد استفاده در پی طرح با میراگر برابر با حدود ۱۸۱ متر مکعب و در طرح بدون میراگر برابر با حدود ۲۱۶ متر مکعب می‌باشد؛ علاوه بر مقادیر بتن و میلگرد در طرح بدون میراگر تعداد ۷ شمع وجود دارد که وجود این شمع‌ها با توجه به نیروهای متمرکز زیاد در زیر دیوارها طبیعی است. در طرح مسلح به میراگر این شمع‌ها حذف گردیده‌اند. در نهایت آنکه بیشینه اختلاف نشست در گوشه‌های مختلف پی در حدود ۲ سانتی‌متر است که در حدود ۰/۰۰۱۴ بعد کوچک پی است و نشان می‌دهد که پی سختی مناسبی دارد؛ کنترل نشست در اثر ترکیب بار بهره‌برداری در شکل شماره ۱۶ آورده شده است.

جدول شماره ۱۴ - متره میلگردهای مورد نیاز در پی برای طرح با میراگر

شماره میلگرد	20	25	32	مجموع
لایه بالا در راستای X	0	1294.732	5303.222	6597.953762
لایه پایین در راستای X	388.4196	394.4886	2187.579	2970.487214
لایه بالا در راستای Y	0	3694.032	762.3381	4456.370095
لایه پایین در راستای Y	0	3456.934	2618.466	6075.399968
میلگردهای یکنواخت	10689.31	0	0	10689.31
جمع	11077.73	8840.187	10871.6	30789.51761

جدول شماره 15 - متره میلگردهای مورد نیاز در پی در طرح اولیه بدون میراگر

شماره میلگرد	20	25	28	مجموع
لایه بالا در راستای X	0	3637.272	2557.976	6195.24757
لایه پایین در راستای X	0	2807.86	3410.635	6218.494989
لایه بالا در راستای Y	0	3238.75	2243.304	5482.053952
لایه پایین در راستای Y	0	1250.186	5593.035	6843.220346
میلگردهای یکنواخت	17032.65	0	0	17032.65438
جمع	17032.65	10934.07	13804.95	41771.67124



شکل شماره ۱۶ - کنتور نشست پی در اثر ترکیب بارگذاری بهره برداری

## 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 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 بالاتر می رود. به عنوان مثال کاهش وزن اسکلت یکی از عوامل سرعت بخشیدن به ساخت و اجرای پروژه می باشد و نیز حذف دیوارهای برشی یا سیستم های مهاربندی منجر به افزایش سرعت اجرای پروژه خواهد شد.

ت) قیمت طرح نیز عامل دیگر در تصمیم گیری و انتخاب طرح مناسب می باشد.

در ادامه در جدول شماره ۱۶ به مقایسه‌ی دو طرح با و بدون میراگر از نقطه نظر عوامل فوق خواهیم پرداخت. 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 ۱۶ - خلاصه نتایج عوامل، پارامترها و مشخصات فنی مختلف در طرح اولیه و طرح سازه مسلح به میراگر تدس در پروژه مسکونی جنت آباد

موضوع مقایسه	طرح اولیه بدون میراگر	طرح سازه مسلح به میراگر تدس
متوسط نسبت میرایی اضافه شده دو جهت اصلی در مود اول (%)	صفر	۶
متوسط برش پایه دو جهت اصلی در بخش میانی (تن نیرو)	۴۸۷/۱	۲۴۱
متوسط شتاب طیفی دو جهت (ضرب در g)	۰/۶۴۵	۰/۲۳۰
بیشینه نسبت جابه‌جایی نسبی نهایی به ارتفاع طبقه (%)	۲	۱/۹
دیوار برشی (متر مربع سطح)	۴۲۳	ندارد (سرعت اجرای بالاتر پروژه)
مجموع مساحت اشغال شده ستون‌ها و اختلاف دیوار برشی و بنایی (متر مربع)	۳۷/۰۸	۳۵/۹۴
وزن تقریبی بتن اسکلت منهای سقف و پی (کیلوگرم)	۵۶۳۳۰۰	۴۰۲۱۱۰
وزن تقریبی میلگرد اسکلت منهای سقف و پی (کیلوگرم)	۶۱۵۰۰	۵۶۹۰۰
وزن تقریبی بتن پی (کیلوگرم)	۵۲۹۲۰۰	۴۴۳۴۵۰
وزن تقریبی میلگرد پی (کیلوگرم)	۴۱۷۷۲	۳۰۷۹۰
تعداد شمع‌های مورد نیاز در زیر پی	۸	ندارد (سرعت اجرای بالاتر پروژه)
تعداد میراگر مورد نیاز در طرح	صفر	۳۲

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

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

الف) تعیین هزینه خرید، حمل و آرماتوربندی میلگرد مورد نیاز در پی، تیرها و ستون‌های سازه. هزینه حمل و

آرماتوربندی در قالب یک ضریب بالاسری ۱/۵ دیده شده است.

ب) هزینه تهیه، حمل و اجرای بتن مورد نیاز در پی، تیرها و ستون‌های سازه.

پ) هزینه قالب‌بندی پی، تیرها و ستون‌ها. این هزینه با یک ضریب بالاسری ۱/۵ در دل قیمت بتن دیده شده است.

ت) هزینه میلگردها و بتن دیوار برشی. این هزینه در قالب دو آیتم اول آورده می‌شود و با توجه به عدم قطعیت‌ها

ضریب بالاسری ۱/۵ برای این آیتم نیز مناسب است.

ث) هزینه اجرای دیوارهای برشی.

ج) قیمت تفاوت مترای خالص دو طرح.

چ) هزینه خرید میراگرها، اتصالات و المان‌های مورد نیاز جهت اتصال به قاب و اجرای آن‌ها. در بررسی پیش‌رو

هزینه اتصالات و المان‌های مورد نیاز جهت اتصال میراگرها به قاب در دل هزینه میراگرها دیده شده است.

ح) صرفه جویی در زمان پروژه. فرض می شود که حذف شمع های زیر پی و دیوارهای برشی منجر به ۴۵ روز سریع تر

تمام شدن پروژه گردد؛ بر اساس مترائ مسکونی مفید ۱۶۶۲ متر مربع با قیمت ۵/۵ میلیون تومان به ازای هر متر مربع و

سود ۱۵ درصد بانکی حدود اختلاف قیمت محاسبه شده است.

اعداد در این گزارش که به جهت انتشار عام تهیه گردیده است از جدول حذف شده اند و تنها میزان صرفه جویی

نهایی قرار داده شده است.



جدول شماره ۱۷ - خلاصه نتایج عوامل، پارامترها و مشخصات اقتصادی مختلف در طرح اولیه و طرح سازه مسلح به میراگر تدس در پروژه مسکونی جنت آباد (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 منهای بتن سقف (در واحد متر مکعب بتن)	-	-	-
تامین و اجرای میلگرد اسکلت منهای میلگردهای سقف (در واحد کیلوگرم میلگرد)	-	-	-
هزینه اجرای دیوار برشی (در واحد متر مربع سطح دیوار)	-	-	-
هزینه اجرای شمع‌های زیر پی (به ازای هر شمع)	-	-	-
اختلاف دو طرح ناشی از اختلاف در مساحت خالص دو طرح	-	-	-
اختلاف دو طرح ناشی از سریع تر تمام شدن پروژه (به ازای هر روز)	-	-	-
تامین میراگرها به همراه انکور بولت‌ها، ورق‌ها و نگهدارنده‌ها و اجرای میراگرها	-	-	-
مقدار صرفه جویی تقریبی طرح با میراگر (تومان)		-	۱۶۲۶۰۷۹۴۳

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 ۱۷ - 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 (خرشاد ۱۳۹۴)