





# پارت سازه

**PART SAZE** STRUCTURAL  
ENGINEERING

# شرکت مهندسی پارت سازه سینار

## پیشنهادیه

استفاده از میراگرهای فلزی در ساختمان

۵ طبقه اسکلت فلزی کاشان

خرداد ماه ۱۳۹۵

## مقدمه؛ معرفی میراگرهای تدس

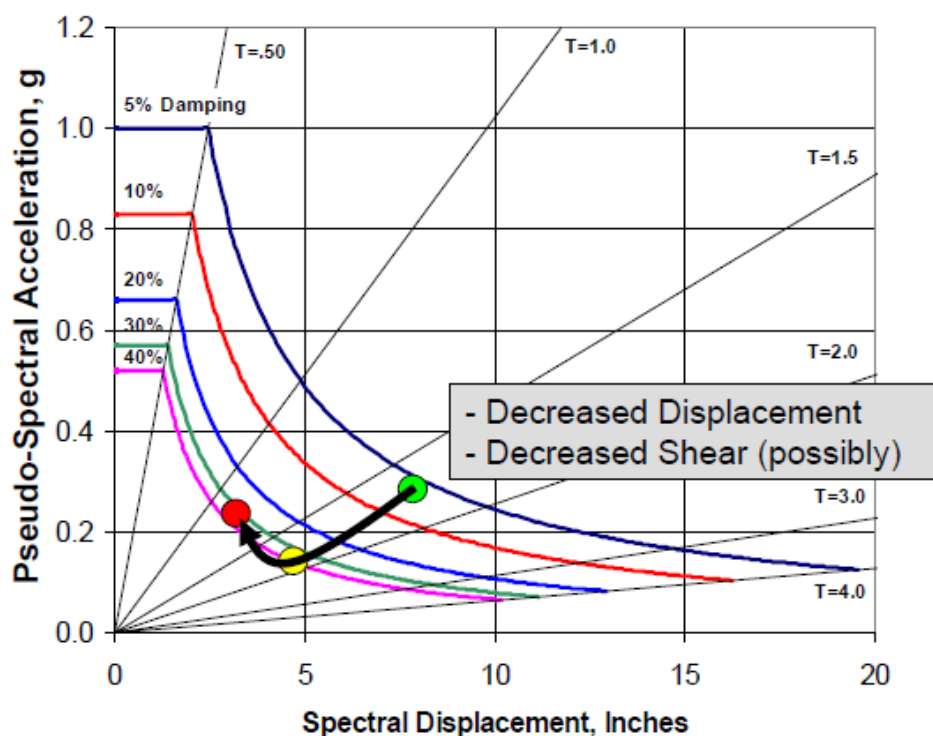
میراگر تدس نوعی از انواع میراگرهای فلزی غیرفعال اتلاف انرژی و ابزاری برای کنترل ارتعاشات سازه‌ها می‌باشد. جهت دریافت اطلاعات بیشتر در مورد کنترل سازه‌ها، ابزار و روش‌های مختلف آن کتابچه میراگر تدس پیوست می‌باشد. روش اتلاف انرژی در این میراگر بدین صورت است که پره‌های مثلثی شکل این میراگر معمولاً بسیار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



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

سازه در برابر سختی سازه مقدار بسیار کوچکی می‌باشد. در شکل شماره ۲ می‌توان 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 می‌باشد 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 با توجه به حرکت قائم آزادانه پین در داخل شیار (رجوع کنید به شکل شماره ۱) در هنگام زلزله سختی محوری پره‌ها 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 پیش‌بینی بودن عملکرد این میراگر در حین زلزله خواهد شد. 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



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

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 شکلی مثلثی 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 این میراگر تدس به نسبت کارایی خود هزینه‌ی مناسب‌تری به نسبت سایر میراگرهای فلزی خواهد داشت.

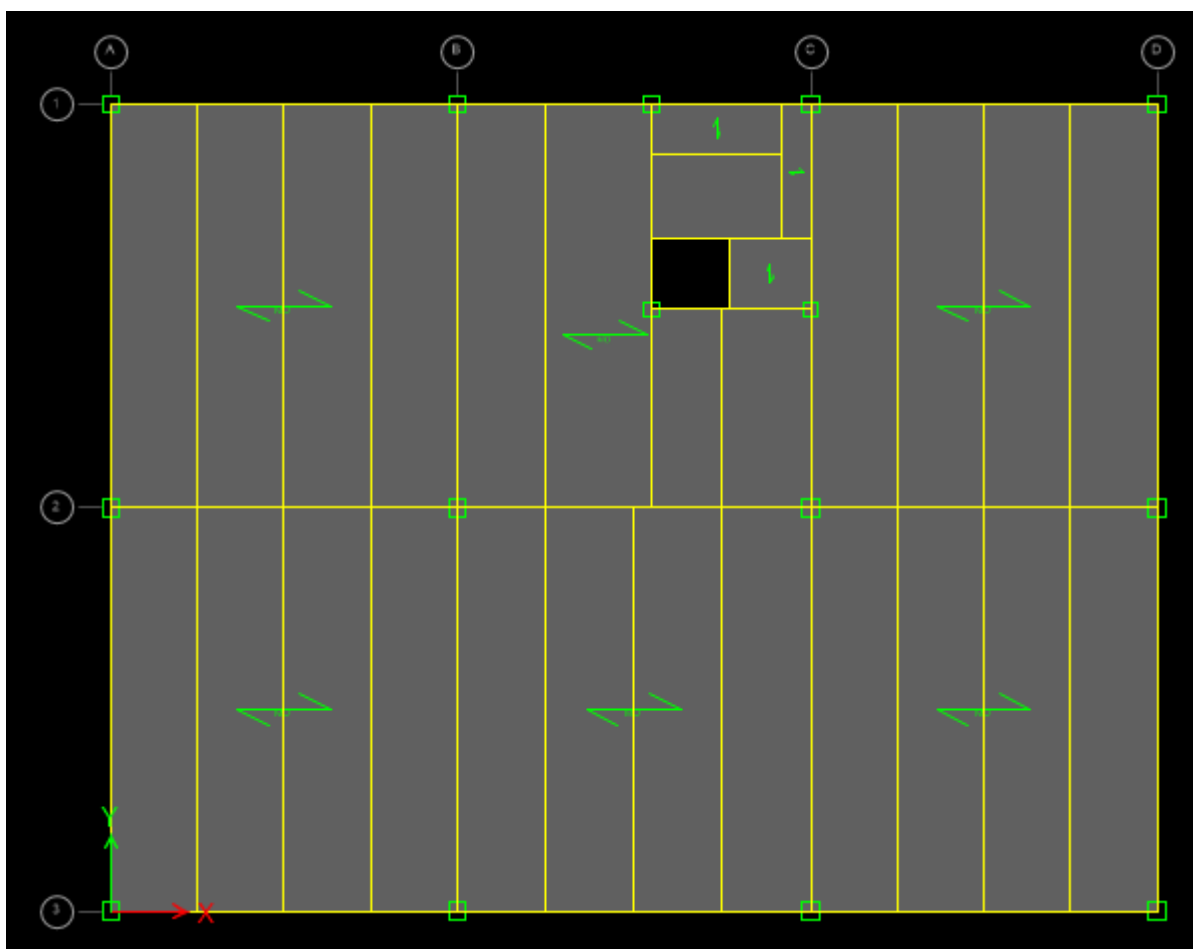
## معرفی پروژه حاضر

این پروژه مربوط به ساختمان پنج طبقه با اسکلت فلزی و متراژ تقریبی زیربنای ۳۴۰۰ متر مربع واقع در شهرستان کاشان می‌باشد. شکل پلان به صورت شکل شماره ۳ می‌باشد. همچنین شکل سه بعدی ساختمان که در نرم‌افزار Etabs مدل شده است در شکل شماره ۴ قرار داده شده است. مساحت کف‌های طبقات مختلف و ارتفاع طبقات در جدول شماره ۱ آورده شده است.

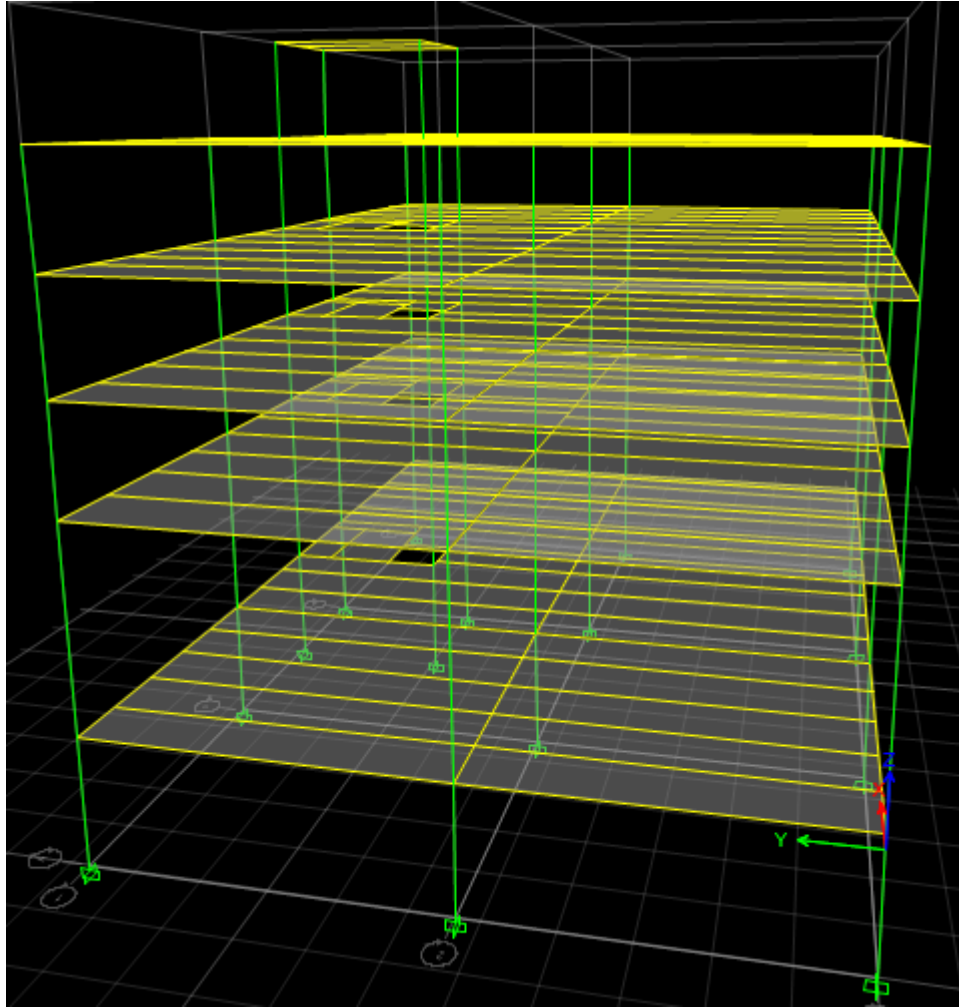
جدول شماره ۱ - مشخصات طبقات مختلف ساختمان پنج طبقه اسکلت فلزی کاشان

نام طبقه	ارتفاع طبقه (متر)	مساحت کف (مترمربع)
همکف	۴/۱۵	۶۷۴/۹
طبقه اول	۶/۶۵	۶۷۴/۹
طبقه دوم	۳/۴۵	۶۷۴/۹
طبقه سوم	۳/۴۵	۶۷۴/۹
طبقه چهارم	۳/۴۵	۶۷۴/۹
خرپشته	۳/۴۵	۲۶/۱
مجموع (بدون ارتفاع خرپشته)	۲۱/۱۵	۳۴۰۰/۵

مدلی که محاسبات اولیه بر روی آن انجام گرفته است سازه اسکلت فولادی با استفاده از فولاد نرمة ST37 می باشد. سقف سازه از نوع عرشه فولادی و بتن مورد استفاده دارای مقاومت ۲۱۰ کیلوگرم بر سانتی متر مربع می باشد. سیستم باربر جانبی سازه در هر دو جهت قاب خمشی با شکل پذیری متوسط در نظر گرفته شده است. با توجه به اینکه در پیشنهادیه حاضر تمرکز بر روی میراگرهای پروژه است توضیحات بیشتر و طرح دقیق سازه ی مسلح به میراگر و نیز طرح سیستم میراگری در طراحی انجام خواهد شد.



شکل شماره ۳ - پلان پروژه پنج طبقه اسکلت فلزی کاشان



شکل شماره ۴ - شکل سه بعدی ساختمان پنج طبقه اسکلت فلزی کاشان

لازم به ذکر است که به جهت تحلیل و طراحی سازه از نرم افزار Etabs 15.1.0 و آیین نامه ی ASCE/SEI7-10 استفاده شده است.



## بخش اول: بررسی سازه بدون میراگر

### 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

این بار در طراحی دیده نشده است.

#### پ) بار جانبی زلزله

محاسبات بار زلزله بر اساس ویرایش چهارم ۲۸۰۰ انجام شده است. خلاصه‌ای از محاسبات مربوط به پارامترهای ضریب زلزله در جدول شماره ۲ آورده شده است. بر اساس پارامترهای محاسبه شده برش پایه یک سازه و ضریب زلزله مربوطه به صورت زیر محاسبه می‌گردد:

$$V = CW$$

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

$$C = \frac{0.3 \times 1 / 391 \times 1}{5}$$

$$C = 0.083$$

در طرح اولیه این مقدار برابر با ۰/۰۸۱ در نظر گرفته شده است که مقداری برش پایه را کم بدست خواهد داد. همچنین

لازم است که خروج از مرکزیت حداقل ۰.۵٪ برای بار زلزله لحاظ شود که اینگونه نشده است.

جدول شماره ۲ - پارامترهای مورد نیاز در محاسبه ضریب زلزله ساختمان پنج طبقه اسکلت فلزی کاشان

ضریب اهمیت (متوسط)	شتاب مبنای طرح (خطر نسبی زیاد)	زمان تناوب سازه (قاب خمشی فولادی بدون ممانعت جدایشگرها)	ضریب بازتاب (خاک نوع III)	ضریب رفتار (قاب خمشی متوسط)	ضریب درجه نامعینی	ضریب بزرگنمایی جابه‌جایی (قاب خمشی متوسط)
$I = 1$	$A = 0.3$	$T = 1/25 \times (0.08H)^{0.75}$ $T = 0.986 \text{ sec}$	$B = NB_1$ $N = 1/0.972$ $B = 1/391$	$R = 5$	$\rho = 1$	$c_d = 4$

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  $i$  ام،  $w_i$  وزن تراز  $i$  ام،  $h_i$  ارتفاع تراز  $i$  ام از تراز پایه،  $k$  ضریب توزیع نیرو در ارتفاع است که بر اساس استاندارد ۲۸۰۰ حداقل آن ۱ و حداکثر آن ۲ می‌باشد و از رابطه‌ی زیر محاسبه می‌گردد:

$$k = 0.5T + 0.75$$

$$k = 1/243$$

در طرح اولیه عدد فوق برابر با ۱ وارد گردیده است که توزیع اشتباهی را برای بار زلزله منجر خواهد شد. با دانستن پارامترهای فوق محاسبات نهایی توزیع نیروهای زلزله در ارتفاع ساختمان انجام می‌گردد که خلاصه آن در جدول شماره ۳ قابل رویت می‌باشد. لازم به ذکر 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 در نظر گرفته شده است. همانگونه که ملاحظه می‌شود نیروی برش پایه اولیه در حدود ۲۲۲/۹ تن می‌باشد. میرایی ذاتی سازه برابر با ۵ درصد میرایی بحرانی لحاظ شده است.

جدول شماره ۳ - توزیع نیروی برش پایه در ارتفاع در سازه بدون میراگر

نام طبقه	وزن لرزه‌ای (تن)	نیروی اینرسی طبقه (تن)
طبقه همکف	۶۶۰	۵۲/۵
طبقه اول	۵۴۳	۷۷/۶
طبقه دوم	۵۲۷	۳۳/۳
طبقه سوم	۵۲۲	۳۳
طبقه چهارم (به اضافه خرپشته)	۴۲۰	۲۶/۵
مجموع	۲۶۷۲	۲۲۲/۹

### ترکیبات بار گذاری مورد استفاده

در طرح اولیه ترکیبات بار به صورت زیر دیده شده است و در طرح با میراگر نیز از همین ترکیبات بار استفاده خواهد شد.

D

D+L

D±E

D+L±E

که در روابط فوق D بار مرده، L بار زنده و E بار زلزله می باشد.

## بیان خروجی های طرح اولیه

در طرح اولیه که توسط طراح آن انجام گرفته است وزن اسکلت سازه برابر با ۲۴۸/۴ تن می باشد که در جدول شماره 4 و جدول شماره 5 به تفکیک المان، مقاطع به کار رفته و طبقه آورده شده است. با توجه به آنکه مساحت زیربنای کل سازه که قبلا محاسبه گردید برابر با ۳۴۰۰/۵ متر مربع می باشد بر این اساس وزن سازه برابر با ۷۳/۰۴ کیلوگرم به ازای هر متر مربع از زیربنای سازه می باشد.

جدول شماره 4 - وزن مقاطع مختلف به کار رفته در طرح اولیه (بدون میراگر)

Section	Element Type	# Pieces	Total Length	Total Weight
			m	kgf
IPE20	Beam	4	19.3	391.39
IPE18	Beam	1	5.8	102.31
C1	Column	12	41.76	4720.55
C2	Column	21	72.45	11943.39
C3	Column	22	87.6	22005.12
C4	Column	1	4.15	1172.79
C5	Column	23	125.45	44315.21
B1	Beam	16	125	6164.3
B2	Beam	14	129.2	8355.08
B3	Beam	13	91.5	7396.46
B5	Beam	23	219.5	26468.36
B6	Beam	9	89	12698.1
B4	Beam	16	156.6	14529.15
B7	Beam	7	68.8	11097.38
B9	Beam	5	49.2	9373.19
IPE270	Beam	31	131.8	4723.57
B8	Beam	3	29.6	5308.17
BC	Beam	85	969	57605.17

جدول شماره 5 - وزن اسکلت فلزی به تفکیک نوع المان و طبقه و جمع کل در طرح اولیه (بدون میراگر)

Story	Element Type	Total Weight kgf
KH	Column	1600.65
KH	Beam	611.89
ROOF	Column	8054.34
ROOF	Beam	25053.57
STORY3	Column	8769.31
STORY3	Beam	28834.31
STORY2	Column	12105.88
STORY2	Beam	31971.54
STORY1	Column	33200.79
STORY1	Beam	36011.71
ST-HAMKAF	Column	20426.09
ST-HAMKAF	Beam	41729.61
SUM	Column	84157.05
SUM	Beam	164212.6

در نهایت بر اساس طراحی انجام شده میزان جابه‌جایی‌های نهایی سازه بدست می‌آید که در جدول شماره ۶ آورده شده است. لازم به ذکر است که دریفت طبقه از اختلاف جابه‌جایی نسبی بین یک طبقه و طبقه‌ی زیرین آن بدست می‌آید. همچنین برای تبدیل دریفت حالت الاستیک به دریفت نهایی می‌توان از ضریب  $C_d$  استفاده نمود. بدین ترتیب که از ضرب دریفت الاستیک در ضریب  $C_d$  دریفت نهایی بدست خواهد آمد. با یک حساب ساده با استفاده از تحلیل انجام گرفته و به صورت تقریبی مشخص می‌گردد میزان جابه‌جایی طبقات در اثر زلزله طرح در حدود ۲ درصد ارتفاع طبقه و بر اساس استاندارد ۲۸۰۰ ویرایش چهارم عملکرد کلی سازه، **حد عملکردی ایمنی جانی می‌باشد.** لازم به ذکر است برای محاسبه جابه‌جایی‌ها از زمان تناوب دینامیکی استفاده شده است و نه تجربی که بر اساس استاندارد ۲۸۰۰ این کار مجاز است.

جدول شماره ۶ - پاسخ جابه‌جایی سازه در طرح اولیه (بدون میراگر) و مقایسه آن با مقدار مجاز (که ۰/۰۲ ارتفاع طبقه و معادل سطح عملکرد ایمنی جانی است)

بیشینه نسبت دریافت به ارتفاع طبقه برای دو راستای اصلی	دریافت نهایی Y (میلی متر)	دریافت نهایی X (میلی متر)	جابه‌جایی کل الاستیک Y (میلی متر)	جابه‌جایی کل الاستیک X (میلی متر)	
۰/۰۰۹	۳۹/۱	۲۷/۴	۱۰	۷	طبقه همکف
۰/۰۰۲ (معادل ایمنی جانی)	۱۳۲/۲	۹۵/۹	۴۳	۳۱	طبقه اول
۰/۰۱۶	۵۶/۹	۳۹/۲	۵۷	۴۱	طبقه دوم
۰/۰۱۴	۴۶/۹	۳۲/۱	۶۹	۴۹	طبقه سوم
۰/۰۱	۳۴/۳	۲۱/۲	۷۷	۵۴	طبقه چهارم

## بخش دوم: سازه مسلح به میراگرهای تدس

### بارگذاری

#### الف) بار مرده

برای هر دو حالت همانند حالت بدون میراگر می‌باشد.

#### ب) بار زنده

برای هر دو حالت همانند حالت بدون میراگر می‌باشد.

#### پ) بار خطاهای ناشی از ساخت

برای هر دو حالت همانند حالت بدون میراگر می‌باشد.

#### ت) بار جانبی زلزله

در این پروژه و در طراحی و بررسی اولیه از میراگرهای ۶ پره تدس با ضخامت پره‌های ۳۰ میلی‌متر و ارتفاع پره‌های ۳۰ سانتی‌متر محاسبات طرح اولیه انجام شده است. مشخصات میراگرهای مورد استفاده در طرح اولیه سازه در جدول شماره ۷ قرار داده شده است. مدل‌سازی میراگرها در سازه نیز بر اساس استاندارد ASCE/SEI7-10 انجام خواهد شد؛ در این پروژه برای طرح حاضر از روش تحلیل طیف پاسخ استفاده می‌گردد.

در طرح با میراگر سازه در هر دو حالت در مجموع از تعداد ۲۴ میراگر ۶ پره تدس در پنج طبقه بهره گرفته شده است که این میراگرها در ۲۰ دهانه از سازه به شرح زیر تعبیه شده‌اند:

در تمام طبقات سازه به جز طبقه‌ی روی همکف که ارتفاع بلندی دارد از ۴ میراگر (دو میراگر در هر راستا) استفاده شده است. بدین ترتیب در این طبقات با توجه به مسایل فنی و معماری ۴ دهانه انتخاب می‌شود (دو دهانه در هر راستا) و در هر دهانه یک میراگر نصب خواهد شد. در طبقه‌ی روی همکف از ۸ میراگر استفاده شده است (چهار تا در هر راستا) که این میراگرها در چهار دهانه به صورت دو تایی در کنار هم نصب خواهند شد.

لازم به ذکر است که بر اساس استاندارد ASCE/SEI 7-10 ضریب کاهش در برش پایه از جدول شماره ۸ به دست می‌آید.

جدول شماره ۷ - مشخصات میراگرهای مورد استفاده در طرح اولیه ساختمان ۵ طبقه اسکلت فلزی کاشان

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 ۱۸۰ کیلوگرم	۱۶ سانتی متر

جدول شماره ۸ - ضریب کاهش پاسخ بر اساس مقدار میرایی

Effective Damping, $\beta$ (percentage of critical)	$B_{v+l}, B_{1D}, B_R, B_{1M}, B_{mD}, B_{mM}$ (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



بر این اساس برش پایه‌ی مودهای مختلف محاسبه شده است و سپس با توجه به شکل هر مود توزیع آن برش پایه در طبقات صورت پذیرفته است. در نهایت با استفاده از روش SRSS توزیع نیروی برش پایه در ارتفاع بدست آمده است. حاصل در جدول شماره 9 قرار داده شده است.

جدول شماره 9 - توزیع نیروی اینرسی زلزله که به روش طیف پاسخ محاسبه شده است (واحد کیلوگرم نیرو)

	X	Y
طبقه همکف	28382.51306	29090.38295
طبقه اول	31830.91239	30913.16223
طبقه دوم	34278.32378	32141.66066
طبقه سوم	40986.47131	38365.35352
طبقه چهارم	38179.13121	36681.54587
مجموع برش پایه	173657.35	167192.1

آنگونه که از جدول مشخص است برش پایه در طرح بدون میراگر برابر با  $222/9$  تن بوده است و در طرح با میراگر به  $173/7$  تن برای جهت X و  $167/2$  تن برای جهت Y تقلیل یافته است. همچنین در جدول شماره 10 مقادیر دریافت نهایی طبقات در در راستا آورده شده است.

جدول شماره 10 - مقادیر دریافت نهایی طبقات در طرح با میراگر

	X	Y
طبقه همکف	0.021502869	0.025515689
طبقه اول	0.069476383	0.079742845
طبقه دوم	0.029309222	0.035047607
طبقه سوم	0.024243362	0.029874096
طبقه چهارم	0.015848282	0.021822191
نسبت پیشینه دریافت به ارتفاع طبقه	0.012	

آنطور که از جدول مشخص است مقدار بیشینه دررفت نسبت به سازه بدون میراگر بسیار کمتر است به نحوی که این نسبت از ۰/۰۲ در سازه بدون میراگر به ۰/۰۱۲ در سازه با میراگر کاهش یافته است و این مسئله نشان از کارایی بالاتر و عملکرد بهتر در سازه با میراگر دارد. این میزان کاهش دررفت می تواند به کاهش قابل ملاحظه در خرابی های سازه ای و غیرسازه ای منجر شود.

### ترکیبات بارگذاری طراحی

در هر دو حالت مطابق حالت سازه بدون میراگر می باشند.

### طراحی سازه با میراگر

پس از تحلیل سازه با بارهای موجود که در بخش مربوط ذکر شد و ترکیبات بارگذاری معرفی شده در قبل، اعضای سازه شامل تیرها و ستونها طراحی می شوند. لازم به ذکر است که در تیرهای فرعی که تنها تحت تاثیر بارهای ثقلی قرار می گیرند هیچ تغییری اعمال نشده است و همان طرح اولیه پذیرفته شده است. در طرح سازه با میراگر تنها طراحی المان های سیستم باربر جانبی که ستونها و تیرهای اصلی (با دو انتهای گیردار) می باشند اصلاح و بروز شده است.

در این حالت وزن اسکلت سازه بر اساس اعداد نرم افزار در حدود ۲۱۱/۴ تن می باشد؛ در صورتی که به این مقدار عدد حدود ۳/۵ تن برای قطری های نگهدارنده میراگرها و سایر اتصالات لازم برای اتصال میراگرها را نیز اضافه نماییم کل وزن آهن آلات مورد نیاز اسکلت برابر با حدود ۲۱۵ تن خواهد بود. با توجه به زیربنای ۳۴۰۰/۵ متر مربعی سازه وزن لازم برای اسکلت برابر با ۶۳/۲ کیلوگرم به ازای هر متر مربع سازه خواهد بود. در جدول شماره 11 و

جدول شماره 12 وزن اسکلت سازه به تفکیک المان و مقاطع به کار رفته و طبقه آورده شده است.

جدول شماره 11 - وزن مقاطع مختلف به کار رفته در طرح با میراگر تدس

Section	Element Type	# Pieces	Total Length m	Total Weight kgf
IPE20	Beam	3	14.8	300.59
IPE18	Beam	1	5.8	102.31
C1	Column	30	103.86	11740.33
C2	Column	24	93.8	15462.93
C3	Column	24	129.6	32555.51
C4	Column	1	4.15	1172.79
B1	Beam	18	111.1	5437.62
B2	Beam	29	272.8	17692.57
B3	Beam	15	124.5	10136.6
B5	Beam	11	108.4	13167.98
B6	Beam	7	69	9889.61
B4	Beam	18	188.5	17611.52
B7	Beam	4	39.4	6375.47
B9	Beam	2	19.6	3750.28
IPE140	Beam	5	10	128.74
IPE180	Beam	5	18.5	347.09
IPE200	Beam	5	19	425.08
IPE220	Beam	16	84.3	2193.21
B8	Beam	3	29.6	5334.54
BC	Beam	85	969	57605.17

جدول شماره 12 - وزن اسکلت فلزی به تفکیک نوع المان و طبقه و جمع کل در طرح با میراگر

Story	Element Type	Material	Total Weight kgf
KH	Column	ST37	1600.65
KH	Beam	ST37	554.97
ROOF	Column	ST37	6386.05
ROOF	Beam	ST37	24191.09
STORY3	Column	ST37	6564.8
STORY3	Beam	ST37	26720.26
STORY2	Column	ST37	7994.76
STORY2	Beam	ST37	28954.85

Story	Element Type	Material	Total Weight kgf
STORY1	Column	ST37	23334.51
STORY1	Beam	ST37	31675.38
ST-HAMKAF	Column	ST37	15050.8
ST-HAMKAF	Beam	ST37	38401.82
SUM	Column	ST37	60931.56
SUM	Beam	ST37	150498.37

مقدار کاهش در وزن اسکلت نسبت به سازه بدون میراگر حدود ۱۴٪ می باشد که کاهش قابل ملاحظه ای خواهد بود.

## جمع بندی و مقایسه ی دو سازه بدون میراگر و مسلح به میراگر قدس

### ۱ - مقایسه هزینه ای دو سازه.

همانگونه که بررسی ها نشان داد وزن مورد نیاز در واحد زیربنای سازه برای سازه بدون میراگر برابر با ۷۳/۰۴ کیلوگرم و برای سازه مسلح به میراگر برابر با ۶۳/۲ کیلوگرم می باشد که کاهش حدود ۱۴ درصدی را نشان می دهد. لازم به ذکر است که شرایط بار گذاری، مقاطع مورد استفاده، طرح و محاسبه و روند تیپ بندی مقاطع در دو حالت کاملاً یکسان و مشابه است. ضمن اینکه در طرح سازه با میراگر تغییری در تیرهای فرعی که تنها بار ثقلی را تحمل می نمایند داده نشده است.

از لحاظ قیمت و هزینه در حدود ۳۳۵۰۰ کیلوگرم در وزن تیرهای اصلی و ستون ها صرفه جویی می شود - وزن تیرهای فرعی با توجه به اینکه تنها بار ثقلی را متحمل می شوند کاهش نخواهد یافت - که با توجه به ردیف های ۰۹۰۱۰۶ و نیز ۰۹۰۲۱۵ از فهرست بهای واحد رشته ابنیه سال ۱۳۹۵ قیمت تهیه، ساخت و نصب تیر اصلی و ستون قوطی شکل از

ورق برابر با حدود ۳۱۰۰ تومان به ازای هر کیلوگرم می‌باشد. (ر.ک به جدول شماره ۱۳) در صورتی که یک ضریب برابر با ۱/۲ به عنوان ضریب بالاسری در نظر گرفته شود - قیمت واحد تهیه، ساخت و نصب حدود ۳۷۰۰ تومان لحاظ گردد که عدد معقولی برای ساختمان پنج طبقه به نظر می‌رسد - قیمت تهیه، ساخت و نصب این ۳۳۵۰۰ کیلوگرم برابر با حدود ۱۲۴,۰۰۰,۰۰۰ تومان (یکصد و بیست و چهار میلیون تومان) خواهد بود.

۰۶۰۱۰۱	تهیه و نصب ستون مسحل از یک یا چند تیر آهن یا ناودانی یا نبشی، که وصله های اتصال و یا ورقهای تقویتی در آن به کار رفته باشد، به طور کامل.	کیلوگرم	۲۵,۱۰۰
۰۹۰۱۰۵	تهیه، ساخت و نصب ستونهای مشبک از انواع تیر آهن، ناودانی، نبشی و مانند آن، با جوشکاری، ساییدن، وصله و اتصالهای مربوط به ساخت آنها.	کیلوگرم	۲۵,۸۰۰
۰۹۰۱۰۶	تهیه و نصب ستون از ورق با مقطع چهارگوش، H و شکل های دیگر.	کیلوگرم	۳۱,۱۰۰
۰۹۰۲۰۱	تهیه و کار گذاشتن تیر ساده (تیرریزی ساده) از یک تیر آهن.	کیلوگرم	۲۰,۱۰۰
۰۹۰۲۰۲	تهیه، ساخت و کار گذاشتن تیر، ساده (تیرریزی ساده) از دو یا چند تیر آهن با اتصالهای مربوط و یا به طریق جوشکاری مستقیم به یکدیگر.	کیلوگرم	۲۴,۹۰۰

۰۹۰۲۱۴	تهیه و ساخت تیرهای مشبک به اشکال مختلف، متشکل از تیر آهن، ناودانی نبشی، سپری، ورق و تسمه و نصب آن برای دهانه بیش از ۲۰ متر تا ۳۰ متر در هر ارتفاع، شامل شابلون سازی بریدن، جوشکاری و ساییدن با وصله های اتصال و قطعات اتصالی به اعضای دیگر.	کیلوگرم	۲۴,۲۰۰
۰۹۰۲۱۵	تهیه، ساخت و نصب تیر و یا تیرهای حمال از ورق به شکل تیر آهن یا اشکال دیگر با ورقهای اتصالی وصله های تقویتی لازم با برشکاری، جوشکاری و ساییدن همراه با جوشکاری در محل اتصال با عضو دیگر.	کیلوگرم	۳۱,۰۰۰
۰۹۰۲۱۶	اضافه بها به ردیف های ۰۹۰۲۱۵ و ۰۹۰۱۰۶ در صورتی که برای نصب اسکلت به جای جوش از پیچ و مهره استفاده شود همراه با سوراخ کاری.	کیلوگرم	۲,۰۰۰

جدول شماره ۱۳ - فهرست بهای واحد رشته ابنیه (بخش ستون و تیرهای اصلی)

## ۲- مقایسه عملکردی دو سازه.

بیشینه نسبت دررفت به ارتفاع طبقه برای دو راستای اصلی برای سازه بدون میراگر در زلزله طرح استاندارد ۲۸۰۰ ویرایش چهارم برابر با حدود ۰/۰۲ می باشد؛ حال آنکه این عدد برای سازه مسلح به میراگر به حدود ۰/۰۱۲ کاهش یافته است که می توان گفت عملکرد سازه به طرز چشمگیری بهبود یافته است.

به عنوان مثال دررفت نهایی طبقه ی روی همکف که ارتفاع بلندی دارد در سازه ی بدون میراگر برابر با حدود ۱۳۲ میلی متر بوده است که این مقدار به حدود ۸۰ میلی متر کاهش یافته است.