

# بررسی میزان کاهش مصالح مصرفی در سازه های بتنی کوتاه جداسازی شده

صادق اعتدالی

دانشجوی کارشناسی ارشد سازه، دانشگاه آزاد اسلامی واحد زاهدان

[sadeghetedali@yahoo.com](mailto:sadeghetedali@yahoo.com)

## خلاصه

در این مقاله، هدف بررسی مقدماتی بر روی کاهش مصالح مصرفی و به تبع آن کاهش هزینه ها در نتیجه استفاده از تکنولوژی جداسازی لرزه ای در ساختمانهای بتن مسلح کوتاه میباشد. از آنجائی که در کشورمان بیشتر ساختمانهایی که در سطح عملکرد ایمنی جانی (LS) قرار می گیرند، نظیر مدارس، کتابخانه و... با ارتفاع کم ساخته می شوند، لذا در این مقاله نتایج حاصل از میزان کاهش هزینه ها در نتیجه استفاده از سیستم جداساز لرزه ای بر روی ساختمانهای دوسه و چهار طبقه با کاربری آموزشی متمرکز شده است. در نهایت میزان مصالح مصرفی در دو حالت سازه جداسازی شده و سازه جداسازی نشده مقایسه شده اند. نتایج حاکی از کاهش چشمگیر مصالح مصرفی در نتیجه استفاده از جداسازها می باشد.

**کلمات کلیدی:** جداساز لرزه ای، جداساز لاستیکی، ساختمانهای آموزشی، کاهش هزینه ها

## مقدمه:

جداسازی لرزه ای، روشی برای کاهش یا حذف پتانسیل خسارتهای ناشی از زمین لرزه می باشد. این عمل با محدود ساختن اثر تخریبی زلزله و نه با افزایش مقاومت سازه در مقابل زلزله انجام می پذیرد. در سیستمهای جداساز لرزه ای، هیچ یک از مسائل مربوط به سیستم معمولی با پایه گیردار اتفاق نمی افتد. در این حالت سازه فوقانی، تقریباً به صورت یک جسم صلب بر روی جداسازهای نرم تغییر مکان می دهد. در واقع قسمت عمده حرکات لرزه ای زمین در تراز جداساز جذب و در نتیجه حرکت لرزه ای منتقل شده به سازه فوقانی کاهش می یابد. از شکست اعضای سازه ای و غیر سازه ای به ویژه لوازم داخلی سازه جلوگیری می نماید. سیستمهای جداساز لرزه ای علاوه بر ساختمانهای جدید می توانند در تقویت ساختمانهای قدیمی و مخصوصاً آثار باستانی ارزشمند نیز به کار برده شوند. [۱]. در این میان بررسی مسائل اقتصادی هر طرح، در کنار مسائل فنی ما را در انتخاب راه حلهای مناسب جهت مقاوم سازی سازه ها یاری می کند. استفاده از جداسازهای لرزه ای، ضمن بهبود عملکرد لرزه ای سازه هائی که در آنها تمرکز جمعیت وجود دارد و خرابی آنها موجب تلفات زیادی می شود،

میتواند یکی از راهکارهای مناسب اقتصادی برای این منظور باشد. در این مقاله، هدف بررسی مقدماتی بر روی کاهش مصالح مصرفی و در نتیجه کاهش هزینه ها در نتیجه استفاده از این تکنولوژی در ساختمانهای بتن مسلح کوتاه میباشد. از آنجائی که در کشورمان بیشتر ساختمانهایی که در سطح عملکرد ایمنی جانی (LS) قرار می گیرند نظیر مدارس، کتابخانه و... با ارتفاع کم ساخته می شوند، لذا در این مقاله نتایج حاصل از میزان کاهش هزینه ها در نتیجه استفاده از سیستم جداساز لرزه ای بر روی ساختمانهای دو، سه و چهار طبقه متمرکز شده است.

## اجزای اصلی سیستمهای جدا ساز ضد زلزله [۱]:

در هر سیستم عملی برای جدا سازی ضد زلزله، سه جزء اصلی را میتوان مشاهده کرد.

- ۱- یک تکیه گاه انعطاف پذیر، به منظور ازدیاد زمان تناوب ارتعاشی کل سیستم و کاهش نیروی پاسخ
- ۲- یک میرا کننده یا تلف کننده انرژی میکائیکی، به منظور کنترل تغییر شکل نسبی بین ساختمان و زمین
- ۳- ایزراری برای تامین صلابت، تحت اثر بارهای کم، نظیر باد و زلزله های کوچک

## فواید استفاده از جدا سازهای ضد زلزله [۱]:

- حذف و یا کاهش صدمات سازه های و غیر سازه های
- ارتقاء فیزیکی و متافیزیکی سلامت ساکنان
- افزایش ایمنی محتویات ساختمان و نماهای معماری و کاهش نیروی طراحی زلزله
- توجیه اقتصادی در صورت تولید انبوه ساختمان به روش فوق

## بررسی هزینه های طرح:

ضرایب اصلی هزینه در طرح لرزه ای سازه ها عبارتند از: ۱- هزینه های اولیه ساخت ۲- حق بیمه سالیانه زلزله ۳- خسارت فیزیکی ناشی از یک زلزله ۴- هزینه های بهم ریختگی ناشی از خسارات اعضای ساختمان نظیر از دست دادن در آمد تولید بازار، مشتری، توانایی جبران زیانهای مربوطه و...  
با توجه به اینکه مشخصات عملکرد یک ساختمان معمولی با سازه ایزوله شده لرزه ای خیلی متفاوت هستند، بنابراین چهار ضریب فوق بایستی برای تصمیم گیری و انتخاب روش مناسب طراحی یا تقویت مورد ارزیابی قرار گیرند [۱]. جدول ۱، عوامل کاهش و افزایش هزینه ها را در نتیجه استفاده از جداسازهای لرزه ای بیان می دارد. در جدول ۲، نمونه هایی از کاهش هزینه ساخت، در ساختمانهای جداسازی شده نسبت به حالت با سیستم های معمولی (پایه گیردار) آورده شده است. [۲]

جدول ۱. عوامل کاهش و افزایش هزینه ها را در نتیجه استفاده از جداسازهای لرزه ای

کاهش هزینه	افزایش هزینه
صرفه جویی در سیستم سازه ای	سیستم جداساز لرزه ای
صرفه جویی در دیوارهای جداکننده با کاهش تغییر مکان نسبی طبقات	جزئیات معماری مکانیکی و الکتریکی خاص
صرفه جویی در مهار بندی عناصر غیر سازه ای	هزینه های اضافی جهت طرح سیستم جداساز لرزه ای

جدول ۲. نمونه هایی از کاهش هزینه ساخت در ساختمانهای جداسازی شده نسبت به سیستم های معمولی

توضیحات	سال تکمیل	تعداد طبقات	ساختمان
۷٪ صرفه جویی اقتصادی و ۳ ماه کاهش در زمان ساخت	۱۹۸۳	۱۲	ساختمان یونیون هاوس نیوزلند
۱٪ صرفه جویی اقتصادی	۱۹۹۱	۱۰	ایستگاه مرکزی پلیس ولینگتن
۳٪ افزایش هزینه (علت افزایش به دلیل اینکه طرح جداساز لرزه ای در فاز دوم طراحی در نظر گرفته شده است و هزینه های طرح مجدد باعث افزایش نسبی هزینه شده است.)	فاز اول طراحی ۱۹۸۵ فاز دوم طراحی ۱۹۸۵	۴	مرکز دادگستری فونتهیل آمریکا
۲٪ صرفه جویی اقتصادی	۱۹۸۹	۸	بیمارستان دانشگاه USC

### بررسی مسئله جداسازی لرزه ای در ایران:

در طول ۳۰ سال اخیر، دهها هزار نفر از مردم ایران در اثر زمین لرزه های ویرانگر به کام مرگ کشیده شده اند. زلزله های مخرب، نظیر، طیس منجیل و... در سالهای اخیر بم خود شاهدهی بر این مدعا است که آمار تلفات انسانی و خسارتهای ناشی از وقوع زلزله در کشور ما بسیار زیاد است. با وجود فعالیت های گسترده بسیاری از کشورهای زلزله خیز دنیا در ایران به جر مطالعات تئوری اندک و بررسی مفاهیم اولیه، تحقیقات هدفداری در زمینه طرح و اجرای سیستم های جداساز لرزه ای به عمل نیامده است. این امر خود ناشی از عدم کاربرد این تکنولوژی در یک سازه واقعی می باشد. از موانع اصلی کاربرد سیستم های جداساز لرزه ای در ایران می توان به موارد ذیل اشاره نمود:

- ۱- بیشتر سیستمهای ایزولاسیون لرزه ای، ایده طرح مکانیکی دارند تا سازه ای
- ۲- آیین نامه یا ضوابط طراحی خاصی در این زمینه در ایران وجود ندارد.
- ۳- کاربرد این سیستمها از نظر اقتصادی در ایران مورد ارزیابی قرار نگرفته اند.
- ۴- بسیاری از آنها به نگهداری، بازرسی و نظارت دقیق نیاز دارند. همچنین پایداری و عمر مفید آنها در شرایط عملی و واقعی برای مدت زمان طولانی، آزمایش نشده اند.
- ۵- پذیرش این سیستم، به دلیل غیر مرسوم بودن، مشکل است.

یکی از مشکلات عمده دیگر، در بحث کاربردی کردن جداسازهای لرزه ای، وجود این واقعیت می باشد که ورود یک تکنولوژی به بازار در ابتدا باعث ایجاد قیمتهای کاذب و غیر واقعی در عرضه تکنولوژی مزبور خواهد شد که خود، نظارت دقیقی را می طلبد. به عنوان مثال FFP در ابتدای ورودشان به بازار به عنوان یک کالای لوکس، قیمت بالایی داشتند ولی با گذشت زمان و کاربرد زیاد آنها در مقاوم سازی سازه ها با کاهش قیمت روبرو شدند. در مورد استفاده از جداسازهای لرزه ای و هزینه های اضافی ناشی از کاربرد آن، نیاز به مطالعات عمیقتری می باشد و به دلیل عدم عرضه این تکنولوژی در بازار به پارامترهای زیادی برای بررسی هزینه های جداسازهای لرزه ای و هزینه های اضافی ناشی از آن نیاز است. از طرفی، نیاز استفاده از تجربیات کشورهایی نظیر نیوزیلند مالزی و... که سابقه طولانی در استفاده از جداسازهای لرزه ای دارند، به منظور بومی کردن این تکنولوژی، با توجه به امکانات و مصالح موجود در ایران که خود باعث کاربردی شدن این تکنولوژی در ایران و کاهش هزینه های ارزی و ریالی میشود، احساس می شود.

استفاده از جداسازهای لرزه ای ضمن بهبود عملکرد لرزه ای سازه هایی که در آنها تمرکز جمعیت وجود دارد و خرابی آنها موجب تلفات زیادی می شود، میتواند یکی از راهکارهای مناسب اقتصادی برای این منظور باشد. بررسی مسائل اقتصادی هر طرح به منظور مقاوم سازی سازه ها، در کنار مسائل فنی ما را در انتخاب راه حلهای مناسب جهت مقاوم سازی سازه ها یاری می کند. در این مقاله، هدف بررسی مقدماتی بر روی کاهش مصالح مصرفی و به تبع آن

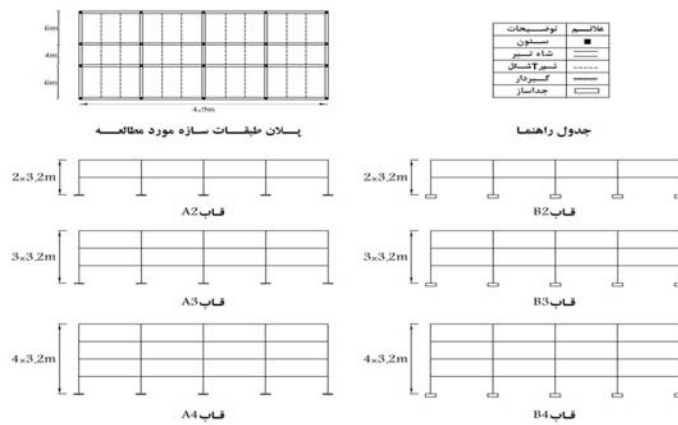
کاهش هزینه ها در نتیجه استفاده از تکنولوژی جداسازی لرزه ای در ساختمانهای بتن مسلح کوتاه میباشد. از آنجائی که در کشورمان بیشتر ساختمانهایی که در سطح عملکرد ایمنی جانی (LS) قرار می گیرند، نظیر مدارس، کتابخانه و... با ارتفاع کم ساخته می شوند، لذا در این مقاله نتایج حاصل از میزان کاهش هزینه ها در نتیجه استفاده از سیستم جداساز لرزه ای بر روی ساختمانهای دوسه و چهار طبقه با کاربری آموزشی متمرکز شده است. اگر چه در مقاله حاضر به دلایل ذکر شده، هزینه های ناشی از طراحی و به کارگیری جداسازها، نگهداری و تعمیر آنها اشاره نشده و فقط به کاهش مصالح ساختمانی پرداخته، ولی به هر ترتیب مقایسه هزینه سیستم های معمولی (با پایه گیردار) و سیستم های سازه ای ایزوله شده لرزه ای، تنها در صورتی بر پایه یکسان انجام می گیرد، که هزینه های خسارت زلزله ای، بیمه زلزله، بهم ریختگی بازار کار، در طول عمر سازه در نظر گرفته شوند. خسارات زلزله ای شامل خسارتهای سازه ای و غیر سازه ای میشود. مطالعات انجام شده تا کنون نشان میدهد، که سیستم های جداساز لرزه ای می تواند خسارت لرزه ای را تا ۵ الی ۴۰ برابر نسبت به سیستم های معمولی با پایه گیردار کاهش دهند [۱]. تغییر مکان نسبی بین طبقات و شتاب مطلق طبقات، که دو مکانیزم اصلی خسارت در عناصر غیر سازه ای نظیر لوازم ساختمانی، جزئیات معماری، دیوارهای جداکننده، نازک کاری، سیستم لوله کشی و... می باشد، در نتیجه استفاده از سیستمهای جداساز لرزه ای به میزان قابل ملاحظه ای کاهش مییابند. از فواید اقتصادی دیگر از این تکنولوژی، توانایی بهبود قابل ملاحظه بازار کار بعد از یک زلزله بزرگ می باشد. این مزیت میتواند، توجیه کننده در صد کوچکی هزینه اولیه اضافی، مربوط به کاربرد جداسازها، باشد. بدیهی است که بسیاری از شرکت های تجاری بایستی بتوانند به فعالیت و رقابت با بازارهای محلی و عمومی ادامه دهند. اگر عاملی مانند زلزله باعث قطع فعالیت های تجاری برای مدت طولانی گردد، خسارت اقتصادی مضاعف بوجود خواهد آمد. نمونه ای از سازه های با کاربری آموزشی در جهان که با تکنولوژی جداسازی ساخته شده اند و یا مقاوم سازی شده اند در جدول ۳ آورده ایم.

جدول ۳. نمونه ای از سازه های جداسازی شده با کاربری آموزشی

کشور/شهر	کاربری ساختمان	تعداد طبقات	مساحت زیربنا (متر مربع)	سیستم جداسازی	تاریخ تکمیل
یوگسلاوی/دراسکوپیه	مدرسه	۳ طبقه	۳۲۴۱	لاستیکی با میرایی زیاد	۱۹۶۹
مکزیک/مکزیکوسیتی	مدرسه	۴ طبقه	۲۷۰۰	لاستیکی با میرایی زیاد	۱۹۷۴
فرانسه/لامبسک	مدرسه	۳ طبقه	۴۲۰۳	لاستیکی با میرایی زیاد	۱۹۷۸
ژاپن/اوپریشن	مرکز کامپیوتر	۳ طبقه	۹۵۵	لاستیکی با میرایی زیاد	۱۹۹۰
ژاپن/توکیو	مرکز کامپیوتر	۳ طبقه	۵۴۲۳	الاستومتری+میراگر ویسکوز	۱۹۹۰
آمریکا/کاپسر	مرکز کامپیوتر	۲ طبقه	۱۰۹۰۰	سربی-لاستیکی	۱۹۹۱
آمریکا/مک کای (مقاوم سازی شده)	مدرسه	۳ طبقه	۴۷۰۰	الاستومتری	۱۹۹۱

### جزئیات سازه های مورد مطالعه:

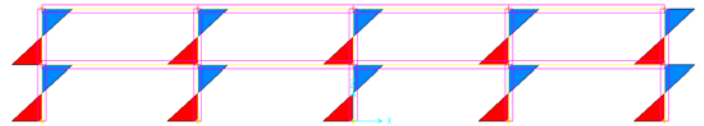
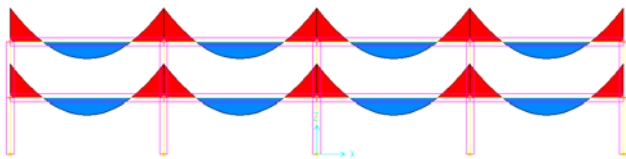
سازه های مورد مطالعه عبارتند از سه سازه بتنی، دوه و سه و چهار طبقه با پلان مشابه. سیستم مقاوم آنها در برابر نیروی زلزله، مقاوم خمشی و سازه با شکل پذیری متوسط فرض شده است. ابعاد پلان سازه ها ۳۶×۱۶ متر مربع می باشد. ارتفاع تمام طبقات ۳٫۲ متر در نظر گرفته شده است. در این مقاله کاربری آموزشی برای ساختمانها فرض شده است. به منظور بارگذاری سازه ها از، محث ششم مقررات ملی ساختمان [۳]، استفاده شده است. طراحی لرزه ای سازه ها، بر اساس آیین نامه ۲۸۰۰ [۴] و طراحی سیستم های سقف، شاه تیرها، ستون ها و فنداسیون بر اساس آیین نامه بتن ACI [۵] انجام شده است. جداسازهای لرزه ای بر اساس ضوابط آیین نامه IBC2005 طراحی شده اند. [۶ و ۷] جداسازها از نوع لاستیکی با میرایی زیاد می باشند. پس از طراحی سازه و بهینه سازی عناصر سازه ای، به منظور بررسی میزان کاهش مصالح مصرفی در نتیجه استفاده از جداسازها نسبت به حالت معمولی با پایه گیردار، مصالح مصرفی در آن شامل، بتن مصرفی و میلگردهای مصرفی محاسبه شده است. این قابها مطابق شکل ۱ در دو حالت معمولی با پایه گیردار (که با حرف A نامگذاری شده اند و عدد کنار آنها معرف تعداد طبقات سازه می باشد) و حالت جداسازی شده با جداسازهای لاستیکی با میرایی زیاد (که با حرف B نامگذاری شده اند و عدد کنار آنها معرف تعداد طبقات سازه می باشد) بررسی شده اند. با توجه به محدودیت صفحات مقاله فقط به بررسی جزئیات طراحی سازه دو طبقه می پردازیم و در انتها نتایج را برای همه سازه ها آورده و مقایسه می کنیم.



شکل ۱. جزئیات سازه های مورد بررسی

### جزئیات طراحی قاب A2:

نمودارهای لنگر خمشی شاهتیر طبقه اول و ستون بحرانی قاب بحرانی سازه مورد نظر در زیر آمده است:



$$M_{u\max}^+ = 525.34 \text{ KN} - m$$

$$M_{u\max}^- = 304.76 \text{ KN} - m$$

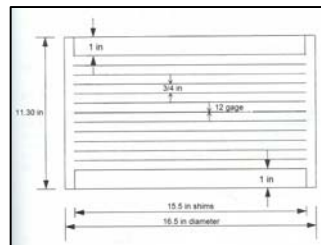
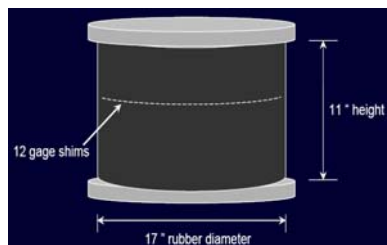
$$P_u = 420.78 \text{ KN}$$

$$M_u = 541.30 \text{ KN} - m$$

$$p_u = 541.30 \text{ KN}$$

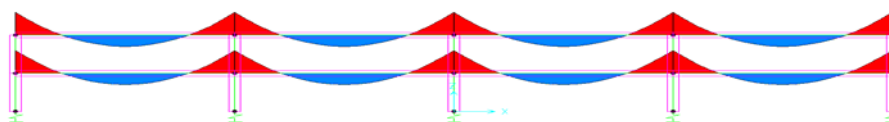
### جزئیات طراحی قاب B2:

نتایج طراحی جداساز لاستیکی، با میرایی زیاد، برای سازه B2 بر اساس ضوابط طراحی جداسازها، برگرفته از آیین نامه UBC، در نهایت، در شکل ۲ آورده شده است.



شکل ۲: جزئیات جداساز لرزه‌ای طراحی شده بر اساس ضوابط UBC برای سازه دو طبقه

نمودار لنگر خمشی شاهتیرها سازه جداسازی شده B2 در زیر آورده شده است. در مقایسه با سازه با پایه گیردار افت قابل ملاحظه ای در نیروهای محوری، برشی و لنگرهای خمشی مشاهده می شود.

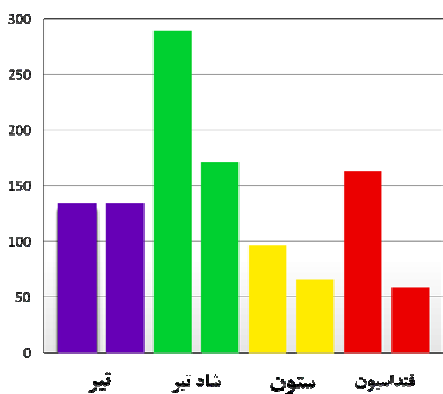


$$M_{umax}^+ = 161.4 \text{ KN} - \text{m}$$

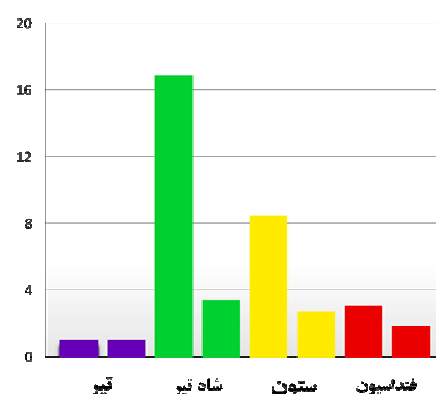
$$M_{umax}^- = 121.86 \text{ KN} - \text{m}$$

### بررسی نتایج:

میزان مصالح مصرفی، برای تیرهای آشکل، شاهتیرها، ستون ها و فنداسیون سازه های مورد مطالعه، در دو حالت با پایه ثابت (سمت چپ) و سازه جداسازی شده (سمت راست) به صورت نمودارهایی در زیر آمده است. مصالح مصرفی یاد شده در دوبرخش بتن مصرفی (نمودارهای ۱ و ۳ و ۵) و میلگرد مصرفی (۲ و ۴ و ۶) به تفکیک بررسی شده اند. جداول کنار هر یک از نمودارهای فوق (جداول ۴ و ۵ و ۶) نیز، بیانگر درصد کاهش مصالح سازه جداسازی شده نسبت به سازه با پایه گیردار را نشان می دهند. در پایان نمودار درصد کاهش بتن مصرفی (نمودار ۷) و میلگرد مصرفی (نمودار ۸) برای کل سازه بر حسب تعداد طبقات سازه نشان داده شده است.



نمودار ۱. بتن مصرفی بر حسب تن (سازه دو طبقه)



نمودار ۲. میلگرد مصرفی بر حسب تن (سازه دو طبقه)

جدول ۴. درصد کاهش مصالح مصرفی

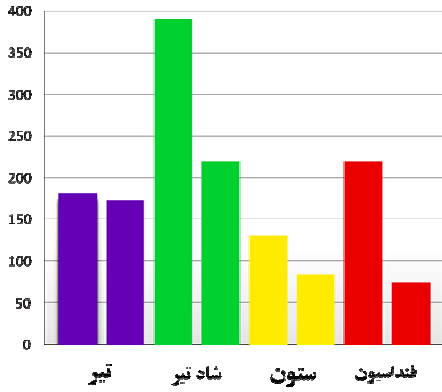
سازه ۲ طبقه

عضو سازه ای	درصد کاهش بتن مصرفی	درصد کاهش فولاد مصرفی
شاه تیر	۴۱/۱۷	۷۹/۵۹
ستون	۳۳/۳۳	۶۸/۷۵
فنداسیون	۵۶/۵۲	۴۴/۴۴
کل سازه	۳۷/۵۰	۶۹/۶۹

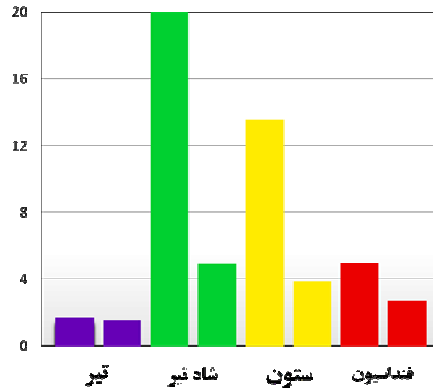
جدول ۵. درصد کاهش مصالح مصرفی سازه

طبقه ۳

عضو سازه ای	درصد کاهش بتن مصرفی	درصد کاهش فولاد مصرفی
شاه تیر	۴۳/۳۳	۸۳/۵۶
ستون	۳۵/۰۰	۷۴/۵۲
فنداسیون	۵۹/۳۵	۴۸/۳۱
کل سازه	۴۰/۶۶	۷۲/۶۵



نمودار ۳. بتن مصرفی بر حسب تن (سازه سه طبقه)

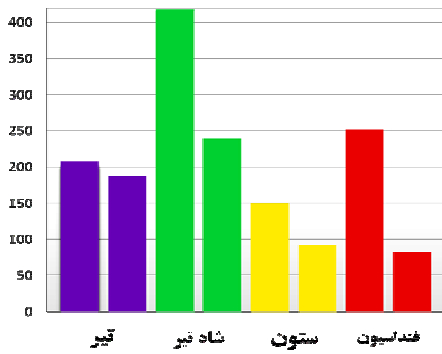


نمودار ۴. میلگرد مصرفی بر حسب تن (سازه سه طبقه)

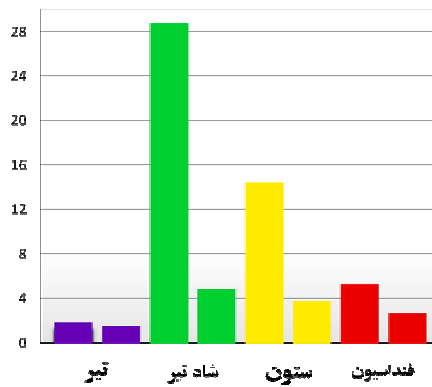
جدول ۵. درصد کاهش مصالح مصرفی سازه

طبقه ۴

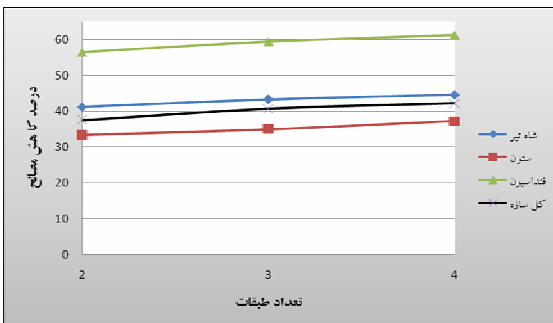
عضو سازه ای	درصد کاهش بتن مصرفی	درصد کاهش فولاد مصرفی
شاه تیر	۴۴/۶۲	۸۴/۹۱
ستون	۷۳/۳۱	۷۶/۲۳
فنداسیون	۶۱/۲۲	۵۰/۱۲
کل سازه	۴۲/۱۹	۷۳/۱۴



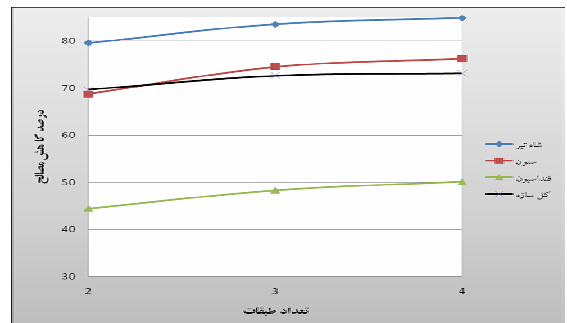
نمودار ۵. بتن مصرفی بر حسب تن (سازه چهار طبقه)



نمودار ۶. میلگرد مصرفی بر حسب تن (سازه)



نمودار ۷. درصد کاهش بتن مصرفی بر حسب تعداد طبقات سازه



نمودار ۸. درصد کاهش میلگرد مصرفی بر حسب تعداد طبقات سازه

## نتیجه گیری:

نتایج حاصله از بررسی سازه های مورد مطالعه ، حاکی از کاهش چشم گیر مصالح مصرفی در عناصر سازه ای ساختمانهای در دست مطالعه ، در نتیجه استفاده از تکنولوژی جداسازی می باشد. میزان کاهش مصرف بتن به طور متوسط ۴۰ درصد و میزان کاهش میلگردهای مصرفی به طور متوسط تا ۷۰ درصد نیز می رسد. با افزایش تعداد طبقات تقریباً به میزان ۲ تا ۵ درصد کاهش در بتن مصرفی و ۲ تا ۳ درصد در میلگردهای مصرفی مشاهده می شود. در تیرهای آشکل ، کاهش ناچیزی در میزان مصالح مصرفی بوجود می آید اگر چه در مقاله حاضر، به دلایل ذکر شده، هزینه های ناشی از طراحی و به کارگیری جداسازها نگهداری و تعمیر آنها اشاره نشده و فقط به کاهش مصالح ساختمانی پرداخته، ولی به هر ترتیب، مقایسه هزینه سیستم های معمولی (با پایه گیردار) و سیستم های سازه ای ایزوله شده لرزه ای ، تنها در صورتی بر پایه یکسان انجام می گیرد که هزینه های خسارت زلزله ای، بیمه زلزله ، بهم ریختگی بازار کار، در طول عمر سازه در نظر گرفته شوند. خسارت زلزله ای شامل خسارتهای سازه ای و غیر سازه ای میشود. مطالعات انجام شده تا کنون، نشان میدهد که سیستم های جداساز لرزه ای می تواند خسارت لرزه ای را تا ۵ الی ۴۰ برابر نسبت به سیستم های معمولی با پایه گیردار کاهش دهند و این خود مسئله مهم می باشد که با هزینه مساوی و یا کمتر (در حدود ۵ تا ۱۰ درصد) میزان خسارت سازه ای و غیر سازه ای را تا این حد کاهش دهیم. علاوه بر کاهش هزینه سالیانه بیمه، در نتیجه پیش بینی خسارت کمتر سازه در اثر زمین لرزه و عدم تعطیلی فعالیتهای اقتصادی بازار واز همه اینها مهمتر ، حفظ جان انسانها ، به خصوص در سازه هاییکه خرابی آنها منجر به تلفات انسانی زیاد میشود یا در حوزه با اهمیت خیلی زیاد می باشند، نظیر بیمارستانها، مراکز آتش نشانی، موزه ها، مدارس و... ضرورت استفاده از این تکنولوژی کارآمد و اقتصادی را پیش از پیش روشن می کند.

:

[۱]. نقد علی حسین زاده، مقدمه بر کاربرد ایزولاسیون لرزه ای پایه ای، انتشارات پژوهشگاه بین المللی زلزله شناسی و مهندسی زلزله، تهران ۱۳۷۲

[۲] تهرانی زاده محسن، حامدی فرزانه، جداسازهای لرزه ای در مقابل زلزله (ترجمه) ، انتشارات پژوهشگاه بین المللی زلزله شناسی و مهندسی زلزله، تهران، ۱۳۷۸

[۳]- مبحث ششم مقررات ملی ساختمان ایران، "بارهای وارد بر ساختمان"، دفتر تدوین و ترویج مقررات ملی ساختمان

[۴]- "آیین نامه طراحی ساختمانها در برابر زلزله"، ویرایش سوم، مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن، ۱۳۸۴

[5]. ACI , international building code

[6]. IBC2005 , International Building Code ,

[۷] غفوری آشتیانی محسن، همایون شاد فرهاد، طراحی ساختمانها با جداسازهای لرزه ای از تئوری تا عمل (ترجمه) ، انتشارات پژوهشگاه بین المللی زلزله شناسی و مهندسی زلزله ، تهران ۱۳۸۱