

## بررسی و مقایسه سطح عملکرد قاب‌های ۸ طبقه فولادی با مهاربندی واگرا و ضربدري (با جداساز لرزه‌ای و بدون جداساز)

اشرف اخلاقی<sup>۱</sup>، منصور قلعه نوی<sup>۲</sup>، محمد مویدیان

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی واحد زاهدان

۲- استادیار دانشگاه فردوسی مشهد

Akhlaghi 87@yahoo.com

Ghalehnovi@yahoo.com

Moayyedean@yahoo.com

### خلاصه

در این مقاله به بررسی و مقایسه سطح عملکرد و رفتار قاب ۸ طبقه فولادی دارای مهاربندی واگرا، و همگرا پرداخته‌ایم. کلیه مقاطع موجود در سازه، مقاطع اروپایی و از نوع فولاد s275 و s355 می‌باشند. اتصالات تیر به ستون از نوع متصلی بوده و منحنی ظرفیت، مختصات نقطه عملکرد قاب‌های مذکور بر اساس جابجایی تقاضا و برش پایه، به دو صورت قاب دارای جداساز لرزه‌ای (لاستیکی - سربی) و دیگری قاب بدون جداساز (پای ستونها گیردار)، که جداساز ما بین فونداسیون و ستون‌های طبقه همکف قرار می‌گیرد، رسم و با یکدیگر مقایسه نموده‌ایم. نقطه عملکرد هر کدام از قاب‌ها، با روش تحلیل استاتیکی غیر خطی بر مبنای دستورالعمل بهسازی لرزه‌ای ساختمان‌های موجود (نشریه شماره ۳۶۰)، با برنامه SAP 2000، محاسبه و با یکدیگر مقایسه شده‌اند. لازم به ذکر است وجود جداساز در سازه، افزایش تناوب سازه، کاهش نیروی زلزله، کاهش برش پایه و افزایش جابجایی سازه و... را بر خلاف سازه بدون جداساز، به‌مراه دارد.

کلمات کلیدی: منحنی ظرفیت، تغییر مکان هدف، نقطه عملکرد.

## بررسی و مقایسه سطح عملکرد قاب‌های ۸ طبقه فولادی با مهاربندی واگرا و ضربدری (با جداساز لرزه‌ای و بدون جداساز)

اشرف اخلاقی<sup>۱</sup>، منصور قلعه نوی<sup>۲</sup>، محمد مویدیان

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد دانشگاه آزاد اسلامی واحد زاهدان

۲- استادیار دانشگاه فردوسی مشهد

Akhlaghi\_۸۷@yahoo.com

Ghalehnovi@yahoo.com

Moayyedean@yahoo.com

### خلاصه

در این مقاله به بررسی و مقایسه سطح عملکرد و رفتار قاب ۸ طبقه فولادی دارای مهاربندی واگرا، و همگرا پرداخته‌ایم. کلیه مقاطع موجود در سازه، مقاطع اروپایی و از نوع فولاد S۲۷۵ و S۳۵۵ می‌باشند. اتصالات تیر به ستون از نوع مفصلی بوده و منحنی ظرفیت، مختصات نقطه عملکرد قاب‌های مذکور بر اساس جابجایی تقاضا و برش پایه، به دو صورت قاب دارای جداساز لرزه‌ای (لاستیکی - سربی) و دیگری قاب بدون جداساز (پای ستونها گیردار)، که جداساز ما بین فونداسیون و ستون‌های طبقه همکف قرار می‌گیرد، رسم و با یکدیگر مقایسه نموده‌ایم. نقطه عملکرد هر کدام از قاب ها، با روش تحلیل استاتیکی غیر خطی بر مبنای دستورالعمل بهسازی لرزه‌ای ساختمان‌های موجود (نشریه شماره ۳۶۰)، با برنامه SAP ۲۰۰۰، محاسبه و با یکدیگر مقایسه شده‌اند. لازم به ذکر است وجود جداساز در سازه، افزایش تناوب سازه، کاهش نیروی زلزله، کاهش برش پایه و افزایش جابجایی سازه و... را بر خلاف سازه بدون جداساز، به همراه دارد.

کلمات کلیدی: منحنی ظرفیت، تغییر مکان هدف، نقطه عملکرد.

### ۱. مقدمه

ابعاد و میزان بارگذاری قاب مورد نظر برگرفته شده از یکی از قابهای موجود در پلان ساختمان اداری Cardington که اولین سازه آزمایشگاهی بزرگ بوده و در شرایط مختلف مورد آزمایش‌های گوناگون دینامیکی قرار گرفته است، می‌باشد [۱]. در علم مهندسی زلزله با ورود و جایگزینی شیوه طراحی بر اساس عملکرد (Performance Base Design) به جای روش قدیمی طراحی بر اساس نیرو، بسیاری از آیین‌نامه‌های جهان را دست خوش تغییرات بنیادی کرده است. بسیاری از محققان و پژوهشگران برای تکامل و دست‌یابی به قطعیت در این شیوه، تحقیقات خود را در این زمینه متمرکز کرده‌اند. آیین‌نامه‌های کنونی بر اساس نیرو تهیه شده‌اند بنابراین برای طراحی سازه در محدوده الاستیک مناسبند، اما سطوحی از عملکرد که متضمن پذیرش خسارت می‌باشد، علاوه بر معیارهای نیرویی وابسته به معیارهای جابه‌جایی نیز است. روش کنونی طراحی سازه‌ها بر مبنای طراحی به روش مقاومت است که در ادامه به طور کامل توضیح داده می‌شود [۲].

## ۲. طراحی لرزه‌ای بر اساس سطح عملکرد:

بررسی رفتار سازه‌ها در محدوده غیر ارتجاعی<sup>۱</sup>، به وسیله روش‌های تحلیل دینامیکی غیر خطی صورت می‌پذیرد. در این روش‌ها معمولاً از اطلاعات چند نمونه شتاب‌نگاشت مربوط به زلزله‌های گذشته استفاده می‌شود. تحلیل دینامیکی غیر خطی به دلیل پیچیدگی و وقت‌گیر بودن، نمی‌تواند به صورت یک روند محاسباتی کاربردی در دفاتر مهندسی قابل استفاده باشد. بر این اساس ایده تحلیل استاتیکی غیر خطی مطرح شده است. در تحلیل استاتیکی غیر خطی، عملکرد سازه فقط در وضعیت حداکثر پاسخ سازه تحت زلزله طرح<sup>۲</sup>، ارزیابی می‌گردد. روش‌های ساده موجود برای این تحلیل عبارتند از:

۱- روش سکانتی<sup>۳</sup> یا وتری

۲- روش ضرایب جابجایی<sup>۴</sup>

۳- روش طیف ظرفیت<sup>۵</sup>

در روش اول ابتدا مدل الاستیک سازه با یکی از شیوه‌های خطی آنالیز می‌گردد، سپس سختی هر المان بر اساس رابطه بار-جابجایی و تغییر شکل‌های حاصل در آن المان، با یک سختی وتری جایگزین شده و سازه جایگزین دوباره تحلیل می‌گردد. این روند تا جایی ادامه می‌یابد که جابجایی‌های حاصل از دو تکرار متوالی به تقریب قابل قبول یکسانی برسند. در روش دوم یک فرم دو خطی از منحنی ظرفیت ساخته می‌شود سپس بر اساس فرمول‌های موجود در آیین‌نامه FEMA ۳۵۶ یا دستورالعمل بهسازی لرزه‌ای ساختمان‌های موجود، جابجایی هدف تعیین می‌شود. در روش طیف ظرفیت با تلاقی طیف ظرفیت و طیف پاسخ نیاز که به علت اثرات غیر خطی کاهش یافته است، نقطه عملکرد سازه تعیین می‌شود. لازم به ذکر است در این مقاله روش‌های دوم و سوم جهت تعیین جابجایی هدف و نقطه عملکرد سازه در جهات X و Y بکار گرفته شده است [۳].

روش کنونی طراحی سازه‌ها بر مبنای طراحی به روش مقاومت است و شامل تخمین برش پایه در سازه و توزیع آن در ارتفاع و تعیین مقاومت مورد نیاز اجزای سازه‌ای در برابر این بار است. صرف‌نظر از کاستی‌هایی که در این شیوه وجود دارد، بیان رفتار اجزای سازه‌ای از طریق تک پارامتر مقاومت در بسیاری از موارد پاسخ مناسبی به دست نمی‌دهد. در حقیقت هدف از طراحی لرزه‌ای بر اساس عملکرد این است که طراحان را قادر سازد تا سازه‌هایی طراحی کنند که عملکردشان قابل پیش‌بینی باشد. هدف اصلی طراحی لرزه‌ای بر اساس عملکرد، مشارکت کارفرما در انتخاب میزان خطرپذیری در طرح مورد نظر در سطوح مختلف زمین‌لرزه‌هاست. بر اساس آیین‌نامه‌های طراحی، اعضای سازه‌ای به گونه‌ای طراحی می‌شود که بتوانند نیروهای وارده را با حاشیه اطمینان مناسبی که بستگی به روش طراحی دارد تحمل کنند. بعد از طراحی اعضای سازه‌ای برای نیروهای وارده در بعضی موارد کنترل‌های تغییر مکانی مانند کنترل خیزها وابسته به خرابی‌های معماری و بعضی دیگر همانند کنترل تغییر مکان جانبی نسبی هم‌زمان وابسته به خرابی‌های معماری و کل سازه هستند [۲].

۱-Inelastic

۲-Design Earthquake

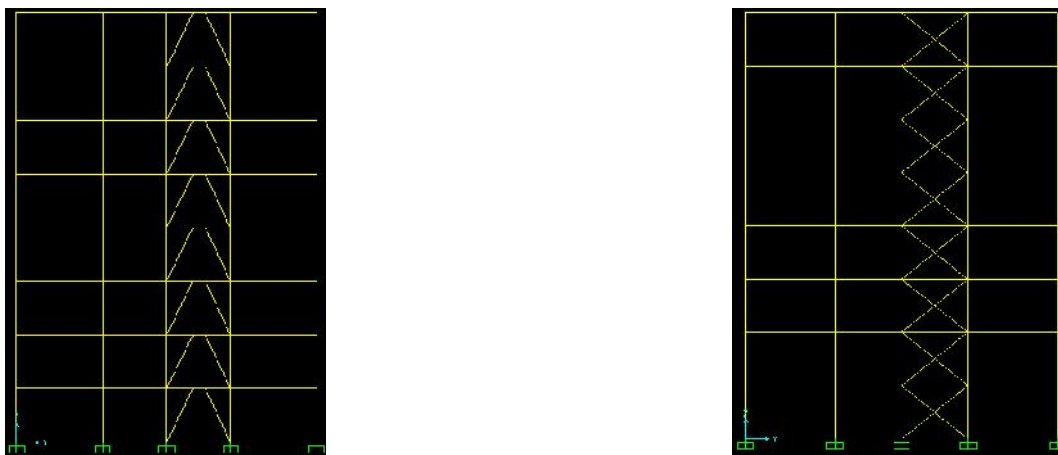
۳-Secant Method

۴-Displacement Coefficient Method

۵-Capacity Spectrum Method

### ۳- تحلیل قاب های مورد مطالعه

در این مقاله به مقایسه سطح عملکرد قاب های ۸ طبقه با مهار بندی واگرا و ضربدری، به دو صورت دارای جداساز و بدون جداساز، پرداخته ایم. ارتفاع ساختمان ۳۳/۵ متر می باشد (شکل ۱) [۱]. لازم بذکر است که جداساز از نوع لاستیکی - سری می باشد.

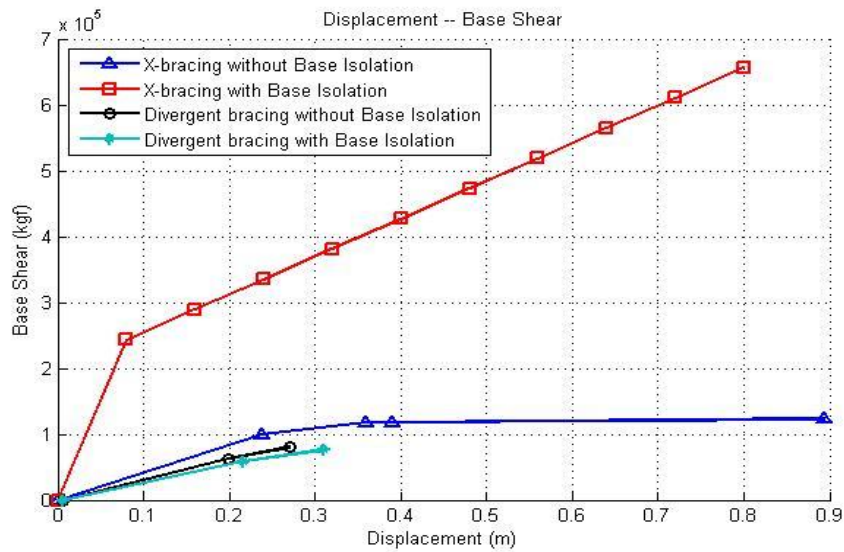


شکل ۱- شکل کلی و اولیه قاب های مورد نظر بدون جداساز لرزه ای

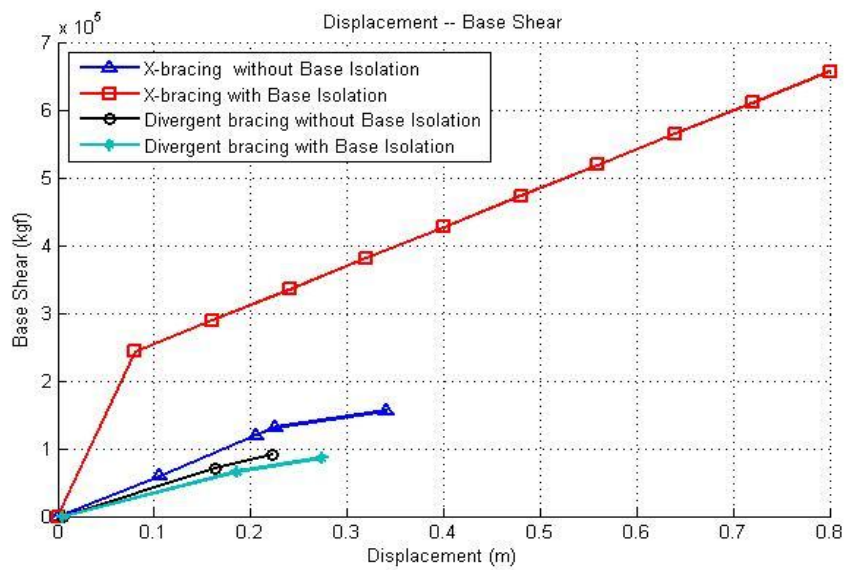
اتصال ستون ها به تیرها مفصلی می باشند. ابعاد تیر و ستون ها در [۴] داده شده است. در مدل کامپیوتری، بارهای وارده به سازه را بصورت خطی و متمرکز بر قاب مذکور وارد شده است. تحلیل استاتیکی غیرخطی توسط برنامه SAP ۲۰۰۰ انجام شده است. طراحی جداساز جهت بدست آوردن سختی موثر و دیگر مشخصه های آن با کمک وزن کلی سازه و با کمک فرضیات [۵] انجام شد و به نرم افزار معرفی گردید. لازم به ذکر است که این موضوع یکی از اهداف جانبی این مقاله است. در سازه ای که دارای بادبند واگرا می باشد، به تیرهای پیوند مفصل پلاستیک اختصاص می دهیم. بنابراین تعداد مفصل های پلاستیک بیشتر از سازه دارای بادبند ضربدری می باشد.

با انجام تحلیل استاتیکی غیر خطی، بر اساس دستورالعمل بهسازی لرزه ای ساختمان های موجود، قاب طی بارگذاری های ثقلی  $(DL + LL)$  و  $DL/4$  قرار گرفته و سپس در هر کدام از این بارگذاری ها تحت اثر دو نوع الگوی بار جانبی، بر اساس توزیع بار جانبی در روش استاتیکی خطی و همچنین بار یکنواخت بر اساس وزن طبقات در جهت  $Y$  قرار می گیرد [۶]. لازم به یادآوری است که مختصات نقطه عملکرد سازه در هر یک از بارگذاری ها، بر اساس ATC40 و نیز با کمک فرمول های FEMA356 و بر اساس داده های نرم افزار، بدست آمده است.

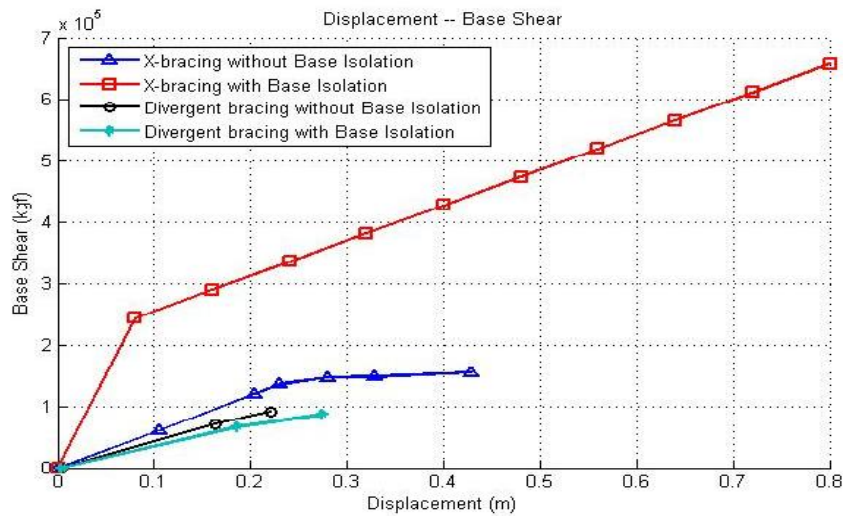
نمودارهای پوش آور این بارگذاری ها در جهت  $Y$  مطابق شکل های ۲، ۳، ۴، ۵ باشد:



شکل ۲- نمودار تغییر مکان - برش پایه طی بارگذاری ثقلی  $(DL + LL)$  و تحت اثر الگوی بار جانبی بر اساس توزیع بار جانبی در روش استاتیکی خطی در قاب جهت Y

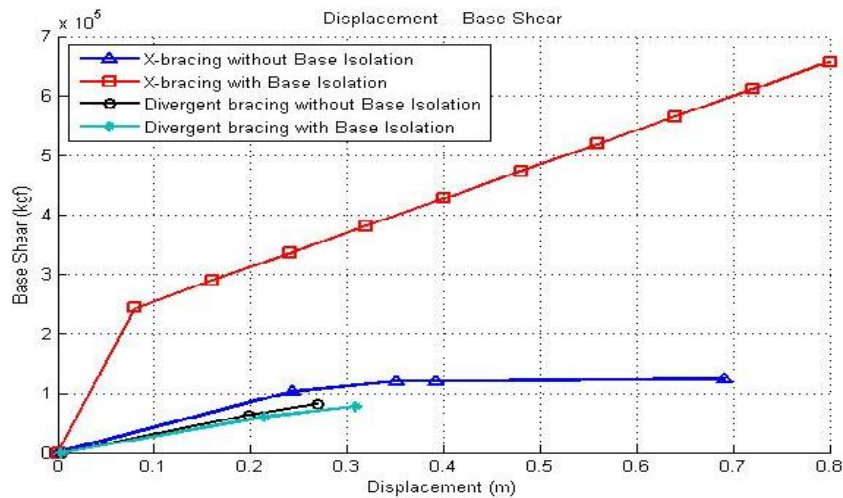


شکل ۳- نمودار تغییر مکان - برش پایه طی بارگذاری ثقلی  $(DL + LL)$  و تحت اثر الگوی بار جانبی بر اساس توزیع یکنواخت متناسب با وزن هر طبقه در قاب جهت Y



شکل ۴- نمودار تغییر مکان - برش پایه طی بارگذاری ثقیل DL ۰.۹ و تحت اثر الگوی بار جانبی بر اساس توزیع یکنواخت متناسب با وزن هر

طبقه در قاب جهت Y



شکل ۵- نمودار تغییر مکان - برش پایه طی بارگذاری ثقیل DL ۰.۹ و تحت اثر الگوی بار جانبی بر اساس توزیع بار جانبی در

روش استاتیکی خطی در قاب جهت Y

جدول ۱ مختصات نقطه عملکرد قاب ۸ طبقه با مهاربندی واگرا و ضربدری را به ازای بارگذاری های مختلف و همچنین سطح عملکرد آن را

نشان می دهد. V برش پایه و بر حسب کیلوگرم نیرو، D جابجایی تقاضا و بر حسب متر می باشد.

جدول ۱- نقطه عملکرد قاب ۸ طبقه با مهاربندی واگرا به ازای سختی و بارگذاری های مختلف در جهت Y و محدوده قرارگیری

آن در منحنی پوش آور مربوطه

نقطه عملکرد سازه با $(V, D)$ جدا ساز	نقطه عملکرد سازه بدون جدا ساز $(V, D)$	سطح عملکرد سازه دارای جداساز لرزه ای	سطح عملکرد سازه بدون جداساز لرزه ای	توضیحات
(۷۶۲۵۷,۵۸۶,۰,۳۰۹)	(۸۰۵۸۶,۷۹۳,۰,۲۷۱)	آستانه فروریزش	آستانه فروریزش	قاب دارای بادبند واگرا طبق بارگذاری شکل ۲
(۸۵۸۲۲,۶۴,۰,۲۷۴)	(۹۱۲۰۰,۷۴,۰,۲۲۲)	آستانه فروریزش	آستانه فروریزش	قاب دارای بادبند واگرا طبق بارگذاری شکل ۳
(۸۶۴۷۷,۷۴۶,۰,۲۷۴)	(۹۱۷۷۱,۶۷۵,۰,۲۲۱)	آستانه فروریزش	آستانه فروریزش	قاب دارای بادبند واگرا طبق بارگذاری شکل ۴
(۷۶۸۴۶,۰۰۵,۰,۳۰۹)	(۸۱۱۰۶,۸۴۷,۰,۲۷)	آستانه فروریزش	آستانه فروریزش	قاب دارای بادبند واگرا طبق بارگذاری شکل ۵
(۲۵۱۶۱۹,۴۲,۰,۰۹۴)	(۱۱۸۰۱۲,۹۵,۰,۳۸۲)	قابلیت استفاده بی وقفه	خرابی و فروپاشی گسترده سازه	قاب دارای بادبند همگرا طبق بارگذاری شکل ۲
(۲۵۱۶۱۹,۴۲,۰,۰۹۴)	(۱۵۰۶۶۲,۹۲,۰,۳۱۹)	قابلیت استفاده بی وقفه	قابلیت استفاده بی وقفه	قاب دارای بادبند همگرا طبق بارگذاری شکل ۳
(۲۵۱۶۱۹,۴۲,۰,۰۹۴)	(۱۴۶۷۸۲,۱۱,۰,۳۰۸)	قابلیت استفاده بی وقفه	خرابی و فروپاشی گسترده سازه	قاب دارای بادبند همگرا طبق بارگذاری شکل ۴
(۲۵۱۶۱۹,۴۲,۰,۰۹۴)	(۱۱۹۸۹۸,۵۵,۰,۳۷۸)	قابلیت استفاده بی وقفه	خرابی و فروپاشی گسترده سازه	قاب دارای بادبند همگرا طبق بارگذاری شکل ۵

#### ۴. نتیجه گیری

کاربرد جداساز در سازه با مهاربندی همگرا، به شرطی که درست طراحی شود، کمک می کند که رفتار اجزای سازه ای در محدوده ارتجاعی باقی بماند و سازه نیاز به بهسازی لرزه ای نداشته باشد. اما در سازه بدون جداساز، ساختمان نمی تواند معیارهای پذیرش سطح عملکرد Immediate Occupancy (استفاده بی وقفه) که از فرضیات اولیه تحلیل ما در این مقاله بود، را طی بارگذاری های فوق برآورده نماید، لذا نیاز به

بهسازی دارد. وجود جداساز در قاب دارای بادبند ضربدری بر خلاف قاب دارای بادبند واگرا، باعث بهینه شدن عملکرد سازه یا قاب شده لذا نیاز به بهسازی ندارد. که این امر نیز از نظر اقتصادی مقرون به صرفه می باشد. وجود جداساز لرزه ای در سازه دارای بادبند واگرا هیچ تاثیری در تغییر سطح عملکرد سازه ندارد. بنابراین می بایست جهت کمتر شدن هزینه ها، حتی الامکان سعی گردد جداساز در سازه های دارای بادبند ضربدری یا بطور کلی دارای بادبند همگرا که تعداد مفصل های پلاستیک اختصاص داده شده به مقاطع کمتر می باشند، استفاده گردد. هر چه تعداد مفصل های پلاستیک اختصاص داده شده به مقاطع سازه (تشکیل شده در زمان زمین لرزه) کمتر باشد، با وجود جداساز در سازه، عملکرد سازه نیز بهتر می شود.

## ۵. مراجع

۱. Ellis, B. R., Ji, T., Dynamic testing and numerical modeling of Cardington steel framed building from construction to completion.
۲. تقی نژاد ر.، طراحی و بهسازی لرزه ای سازه ها بر اساس سطح عملکرد با استفاده از تحلیل پوش آور ETABS-SAP۲۰۰۰. ۱۳۸۷.
۳. قوامی ماسوله، س. م.، تحلیل غیر خطی ساختمانهای فولادی به روش بار افزون، پایان نامه کارشناسی ارشد، به راهنمایی دکتر فرهاد دانشجو، دانشگاه تربیت مدرس، ۱۳۸۰.
۴. El-Dardiry, E., Ji, T., Modelling of the dynamic behavior of profiled composite floors.
۵. Naeim, F; Kelly, J.M. Design of Seismic Isolated Structures From Theory to Practice, John Willy & Sons, ۱۹۹۹.
۶. معاونت امور فنی دفتر امور فنی، تدوین معیارها و کاهش خطرپذیری ناشی از زلزله، دستورالعمل بهسازی لرزه ای سازه های موجود، ۱۳۸۵.