



ماهنامه علمی تخصصی پایا شهر

شماره میوز مهله: ۸۰۴۰۰

زمان پذیرش نهایی: ۱۴۰۰/۰۴/۱۵

بررسی ضریب رفتار سازه های سبک و نامنظم هندسی در پلان و مقایسه با سازه های معمولی

حسین تیموری زاده^۱ مجتبی حسینی^۲

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی عمران- سازه، دانشگاه غیر دولتی و غیر انتفاعی، مؤسسه آموزش عالی جویندگان علم

۲- دکتری مهندسی عمران- سازه، استادیار دانشگاه غیر دولتی و غیر انتفاعی، مؤسسه آموزش عالی جویندگان علم

Mehdirahimi6686@gmail.com

چکیده

در طول چند دهه گذشته، مطالعات و تحقیقات بسیاری برای دستیابی به شیوه‌های جدید و مناسب به منظور افزایش ایمنی و درجه اطمینان سازه‌ها انجام گرفته است. در انواع روش‌های طراحی، سازه در مقابل زلزله‌های متوسط و شدید رفتاری غیر ارتجاعی دارد و از این رو شکل‌پذیری و جذب انرژی ناشی از زلزله به صورت تغییر شکل خمیری و ایجاد مفاصل پلاستیک از خصوصیات اساسی طراحی در این روش‌ها می‌باشد. روش‌های نوین طراحی لرزه‌ای ساختمان‌ها اغلب توصیه به حفظ رفتار ارتجاعی سیستم با افزایش میرایی و پیرو سیستم دارند. با توجه به وجود برخی از مسائل اجرایی، موقعیت و مشکلات شکل معماری، نامنظمی در سازه‌ها، در طراحی سازه و رفتار سازه در برابر زلزله تأثیرگذار است و هر چه اشکال ساختمان‌ها منظم‌تر و توزیع جرم‌ها و سختی‌ها در سطح افق (پلان) و در ارتفاع، متقارن‌تر باشند، مقاومت احتمالی آن در برابر زلزله افزایش می‌یابد، سازه‌های قاب سبک فولادی، یکی از سیستم‌های نوین ساختمانی است که مقاومت سازه‌های آن بر اساس تعدد اعضای باربر تعیین می‌گردد، که از طریق قابلیت ترکیب با سیستم‌های سازه‌های دیگر، وزن سازه‌ها را به میزان پنجاه درصد کاهش می‌دهد و موجب تحمل‌پذیری در اعضا به هنگام ضعف اجرا و عدم بهره‌برداری درست می‌گردد، که از طریق، دیوارها باربر در جهت اجرای ساختمان‌های با طبقات محدود که معمولاً تا ۵ طبقه می‌باشد استفاده می‌گردد. کاهش نیروهای حد ارتجاعی سازه به نیروی حد طراحی سازه به وسیله ضریب کاهش مقاومت ضریب رفتار نامیده می‌شود انجام می‌پذیرد. در این پژوهش به بررسی و مقایسه ضریب رفتار سازه‌های سبک و نامنظم هندسی در پلان با سازه‌های معمولی خواهیم پرداخت. لذا دو سازه پلان معماری یکسان و تعداد طبقات مساوی و دارای نامنظمی هندسی در پلان ولی مصالح متفاوت را تحلیل می‌کنیم. به منظور تجزیه و تحلیل اطلاعات از نرم افزار SAP2000 استفاده می‌شود.

کلمات کلیدی: ضریب رفتار، سازه‌های سبک و نامنظم هندسی، سازه‌های معمولی.

۱- مقدمه

تامین مسکن مورد نیاز افراد جامعه به عنوان یکی از ضروری‌ترین نیازهای بشر از اساسی‌ترین وظایف دولت‌ها به شمار می‌رود. رشد سریع جمعیت جوان کشور و سرعت کم در تولید انبوه واحدهای مسکونی مورد نیاز کشور طی سال‌های گذشته سبب شده کمبود مسکن به عنوان یکی از معضلات اساسی کشور حادثتر از هر زمان دیگر مسئولین و دست‌اندرکاران بخش مسکن را به چاره‌اندیشی وادار نماید به منظور تامین بخشی از مسکن مورد نیاز جامعه که روش‌های سنتی ساخت به دلیل ظرفیت محدود قادر به تولید آن نمی‌باشد استفاده از روش‌های نوین در راستای صنعتی نمودن ساخت و ساز الزامی است سیستم قاب فولادی سبک



ماهنامه علمی تخصصی پایا شهر

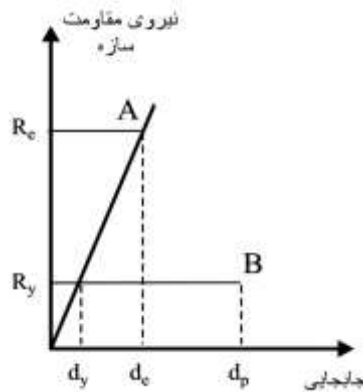
Light Steel Framing یکی از سیستم های جدیدی است که در بازار طی ۵۰-۶۰ سال اخیر وارد شده است. پدیده های طبیعی مثل زلزله و بادهای قوی توانایی این را دارند که برای سازه های ساختمانی نتایج فاجعه آمیزی را سبب شوند. این نکته حائز اهمیت است که عمدتاً در ساختمان ها از مواد و مصالحی استفاده می شود که سبک بوده، از قابلیت انعطاف پذیری بالایی برخوردارند (جراحی فریز و کرامتی، ۱۳۹۹). فولاد از مهم ترین مصالح ساختمانی است. مشخصات مهم فولاد که آن را نسبت به سایر مصالح ساختمانی ممتاز ساخته است مقاومت زیاد، شکل پذیری و یکسان بودن مقاومت آن در فشار و کشش می باشد. (گرامی و همکاران، ۱۳۹۶). عملکرد لرزه ای سازه های فولادی بستگی زیادی به نوع سیستم باربر جانبی آن دارد. متخصصین صنعت ساختمان همواره به دنبال استفاده از مصالح ساختمانی با خواص بهتر بوده اند چندین دهه از ورود فولاد به صنعت ساختمان می گذرد با توجه به قیمت مناسب و مقاومت بالا این گونه از مصالح بیش از سایر مصالح ساختمانی به ویژه مصالح بنایی مورد استفاده قرار گرفته است. (عبدالله زاده و همکاران، ۱۳۹۱). در سال های اخیر به منظور مقاوم سازی هر چه بیش تر سازه ها در برابر زلزله از روش های مختلفی بهره گرفته می شود. یکی از روش های مؤثر در بهبود رفتار لرزه ای سازه ها، استفاده از سیستم های سازه ای فولادی سبک (LSF) است. به دلیل آن که در طراحی لرزه ای این سازه ها به روش سنتی، طراحی اتصالات به درستی در نظر گرفته نمی شود، در این سازه ها اتصالات به عنوان نقطه ی ضعف اصلی این سازه ها در هنگام وقوع زمین لرزه های شدید به شمار می آید (جعفروند و جلیل خانی، ۱۳۹۹). از روش های جدید و قابل استفاده در بهبود رفتار لرزه ای سازه ها، استفاده از سیستم های سازه ای فولادی سبک LSF است. اصول کار سازه های اجرا شده با سیستم LSF بر مبنای تعدد اعضای باربر می باشد، که این امر باعث می شود که اگر عضوی در سازه به دلیل ضعف در اجرا یا هر دلیل دیگری وظیفه خود را به خوبی انجام ندهد، سایر اعضا تا حدودی ضعف آن عضواً جبران نمایند (فلاح و همکاران، ۱۳۹۷). روش های سنتی طراحی سازه ها در مقابل زلزله عملاً تحت عنوان روش های طراحی بر اساس مقاومت و شکل پذیری سازه ها معرفی می شوند، که فلسفه عمومی این روش ها بر دو اصل ایجاد سختی و مقاومت در سازه جهت کنترل تغییر مکان جانبی و جلوگیری از تخریب اعضای سازه ای و غیر سازه ای تحت اثر زلزله های کوچک و متوسط و ایجاد شکل پذیری و قدرت جذب انرژی مناسب در سازه به خاطر ممانعت از فروریختگی سازه در زلزله های شدید بنا شده است (بابای موسوی، ۱۳۹۸). در این روش های طراحی، سازه در مقابل زلزله های متوسط و شدید رفتاری غیر ارتجاعی دارد و از این رو شکل پذیری و جذب انرژی ناشی از زلزله به صورت تغییر شکل خمیری و ایجاد مفاصل پلاستیک از خصوصیات اساسی طراحی در این روش ها می باشد. این مفاصل محل تجمع خسارت بوده و اغلب قابل تعمیر نیستند. به تدریج ایده ها و راهکارهای جدیدتری توسط دانشمندان و محققان برای این منظور ارائه شد که مهم ترین آن ها به کارگیری سیستم های کنترل سازه ای است به نحوی که تغییر شکل سازه می تواند در محدوده مورد نظر باقی بماند (یاری و دهکردی، ۱۳۹۷). سازه های قاب سبک فولادی، یکی از سیستم های نوین ساختمانی است که مقاومت سازه های آن بر اساس تعدد اعضای باربر تعیین می گردد، که از طریق قابلیت ترکیب با سیستم های سازه های دیگر، وزن سازه ها را به میزان پنجاه درصد کاهش می دهد و موجب تحمل پذیری در اعضا به هنگام ضعف اجرا و عدم بهره برداری درست می گردد، که از طریق دیوارها باربر در جهت اجرای ساختمان های با طبقات محدود که معمولاً تا ۵ طبقه می باشد استفاده می گردد، سازه های قاب سبک فولادی که ورق های فولادی نورد شده می باشد به عنوان پوشش درونی و قطعات دیواره خارجی به عنوان نما تشکیل شده است که در جهت تأمین پایداری ساختمان، صفحات و تخته های گچی به کار گرفته می شود و به عنوان بزرگترین امتیاز در برابر زلزله محسوب می گردد (سارلو^۱ و همکاران، ۲۰۱۹). اغلب سازه های موجود در برابر زلزله های مخرب از حوزه رفتار ارتجاعی فراتر رفته و مقداری جابه جایی غیر ارتجاعی را پذیرا می شوند. کاهش نیروهای حد ارتجاعی سازه به نیروی حد طراحی سازه به وسیله ضریب کاهش مقاومت ضریب رفتار نامیده می شود انجام می پذیرد. بطور کلی هنگامی که سازه ای تحت تاثیر یک زلزله مخرب قرار می گیرد، اگر مقاومتی بیشتر از مقاومت تسلیم داشته باشد رفتار آن ارتجاعی و در غیر این صورت رفتار آن غیر ارتجاعی با جابجائی های خمیری خواهد بود. چنانچه $R_e \geq R_y$ باشد جابجایی برابر d_e در نقطه ی

^۱ Sarlo



ماهنامه علمی تخصصی پایا شهر

A بوده و در حالت $R_e < R_y$ ، جابه جایی برابر d_p در نقطه B خواهد بود. R_e و R_y به ترتیب مقاومت سازه و مقاومت تسلیم می‌باشند.



شکل (۱): نیروی مقاومت - تغییر مکان (آیین نامه ۲۸۰۰، ۱۳۹۹)

- مزایای سازه‌های فولادی

از مهم ترین مزایای سازه‌های فولادی ناشی از مشخصات عالی فولاد بوده و از طرف دیگر حاصل از تقسیم مناسب کار یعنی ساخت قطعات در کارخانه‌ها و کارگاه‌های آهن‌کاری و نصب آنها در محل ساختمان می‌باشد. فولاد چکش‌خوار بوده و دارای مقاومت^۱، ضریب ارتجاعی^۲ و شکل‌پذیری^۳ بزرگ و یکسان می‌باشد. مقاومت زیاد فولاد این امکان را می‌دهد که سازه‌های بزرگ با وزن کم ساخته شوند. سهم وزن سازه نسبت به کل بارهای وارده با بزرگ شدن طول دهانه افزایش می‌یابد. برای هر نوع سازه یک دهانه حدی مشخصی وجود دارد که سازه با داشتن این دهانه حدی با رعایت مقاومت مجاز فقط تحمل وزن خود را دارا است و هیچ‌گونه بار اضافی دیگری را نمی‌تواند تحمل کند. سازه‌ای که برای حمل بار مفیدی ساخته می‌شود نمی‌تواند با دارا بودن دهانه حدی، بدون عدول از تنش‌های مجاز این بار مفید را تحمل کند.

- معایب سازه فولاد

با اینکه که فولاد دارای خواص زیادی می‌باشد، دارای چندین خاصیت نامطلوب نیز می‌باشد که می‌توان اثرات این خواص نامطلوب را با به کار بردن اصول مهندسی به حداقل رساند. یکی از این خواص نامطلوب از دست دادن مقاومت تحت اثر دمای بالا است. سازه‌های فولادی چنانچه در معرض حریق قرار گیرند و دما به بالای ۵۰۰ درجه سانتی‌گراد برسد، نیاز به حفاظت در برابر آتش‌سوزی دارند. حفاظت به عنوان پوشش عایق حرارتی (ایزوله حرارتی) که ضخامت آن با توجه به مقدار اجناس قابل سوخت در محل حریق تعیین می‌شود، بر روی مقطع فولادی انجام می‌پذیرد. یکی از خواص نامطلوب فولاد امکان زنگ‌زدگی یا خوردگی آن می‌باشد. فولاد باید به وسیله رنگ‌کاری مناسب یا دیگر پوشش‌های حفاظتی در مقابل خوردگی محافظت گردد و به این ترتیب می‌توان عمر سازه را افزایش داد. یکی از امتیازات برجسته سازه‌های فولادی در تقسیم کارهای اجرایی به دو مرحله ساخت و نصب می‌باشد. سازه‌های فولادی را می‌توان طوری ساخت که قابل باز کردن و استفاده مجدد در محل دیگر باشند و بدون اینکه بازکردن و حمل و نصب مجدد آنها لطمه‌ای به قطعات وارد سازد سازه‌های کوچک فولادی معمولاً به‌طور کامل در کارگاه‌های آهن‌کاری یا کارخانه‌های صنایع فولادی پیش‌ساخته شده در زمان کوتاهی در محل سازه نصب می‌گردند. در مورد سازه‌های بزرگ سعی بر

¹ Strength

² Modulus of elasticity

³ Ductility



ماهنامه علمی تخصصی پایا شهر

این است، تا حدی که امکانات حمل و نقل و نصب اجازه می‌دهد، قطعات بزرگ در کارخانه‌ها پیش‌ساخته شود، تا نصب آنها در محل سازه‌ها در حداقل وقت ممکن انجام گیرد. این امر ارجحیت استفاده از سازه‌های فولادی را در مورد ساختمان‌هایی که محل نصب آنها مانع عبور و مرور وسایل نقلیه می‌گردد (مانند پل‌های شهری در مناطق پرتراфик) نشان می‌دهد. سازه ساختمان‌های سیار، پل‌های مواقع اضطراری و پل‌های جنگی از این نوع می‌باشند که در محل‌های مختلف با شرایط متفاوت مورد استفاده قرار می‌گیرند و معمولاً تعداد موارد استفاده به نحوی می‌باشد که هیچ مصالح ساختمانی دیگری تحمل این‌همه تعویض را ندارد. توسعه و تکمیل ساختمان‌های فولادی موجود جهت افزایش فضای کار خیلی ساده می‌باشد. در مواقع کهنگی و یا تخریب یک سازه، معمولاً قیمت جنس فولاد بیشتر از هزینه تخریب بوده و امکان استفاده مجدد از فولاد وجود دارد (تاراناس^۱، ۲۰۱۷).

مزایای سیستم LSF در ساخت و ساز

۱- از دیدگاه مهندسان و طراحان:

امکان استفاده در کنار سایر سیستم‌ها - انعطاف‌پذیری در طراحی سازه و معماری - سهولت در نصب و اجرای تأسیسات - امکان اجرای پروژه در کلیه فصول و در شرایط جوی مختلف - افزایش ایمنی و انضباط در کارگاه - نظارت کمتر - هزینه و زمان قابل پیش‌بینی - سرعت بالای اجرا - سهولت در مونتاژ و تفکیک ضایعات و پرت مصالح بسیار کم - حداقل خطای ساخت - استرکچر مناسب جهت عرشه‌ها و سایر اعضا.

۲- انعطاف در طرح:

به دلیل وجود تنوع زیاد در شکل مقاطع فولادی جدار نازک و اجرای این سیستم تنوع نامحدودی را برای ساخت این‌گونه سازه‌ها بدون نیاز به تولید مقاطع متعدد و مصالح خاص به دنبال دارد.

۳- استرکچر مناسب جهت عرشه‌ها و سایر اعضا:

عرشه‌ها و پانل‌های بار برنه تنها در برابر بارهای عمودی بر سطح مقاوم است بلکه به‌عنوان دیاگرام‌های برشی نیز عمل می‌کند که این امر خود به‌اندازه کافی پیوستگی و مقاومت خوبی را بدون نیاز به استراکچرهای متعدد و اضافی برای ساخت به طراحان می‌دهد.

۴- سرمایه‌گذاران و سازندگان:

اقتصادی‌تر - کیفیت برتر - سرعت بالا - بازگشت سرمایه سریع‌تر - ارزش افزوده بیشتر در مقایسه با سایر روش‌ها - مصرف فولاد کمتر - مصرف سیمان کمتر - ایمنی در کارگاه - سهولت در نصب سیستم‌های تأسیساتی - عدم وجود تأخیرهای آب و هوایی و ریسک کمتر را می‌توان نام برد.

۵- سرعت در اجرای سیستم:

LSF یک سیستم سریع و آسان است و بدون نیاز به نیروی کاری زیاد به دلیل سبک بودن قابل‌اجراست به راحتی حمل می‌شود به‌طور معمول یک گروه چهار نفره باتجربه قادر است تمام دیوارهای یک‌خانه سه خواب را در یک روز نصب کند.

۶- عدم وجود تأخیرهای آب و هوایی:

یکی از مهم‌ترین مزیت‌های این سیستم که به بازه زمانی مربوط است، عدم ایست عملیات در شرایط گرمایی و سرمای است. مثلاً در سازه‌های بتنی با بالا رفتن و پایین آمدن دما شرایط بتن‌ریزی خاص می‌شود یا در سازه اسکلت فلزی هنگام تگرگ شرایط خاص می‌شود.

۷- سهولت در نصب سیستم‌های تأسیساتی:

تمام کابل‌ها برق، لوله‌های آب می‌تواند قبل از نصب پانل‌های گچی در فضاهای خالی موجود در داخل دیوارها انجام شود.

¹ Taranath



ماهنامه علمی تخصصی پایا شهر

۸- بهره‌برداران و ساکنین :

هزینه پایین نگهداری- ایمنی بالا در قبال آتش‌سوزی و زلزله - عمر طولانی - عدم وجود ترک‌های رایج روی سطوح نازک‌کاری را می‌توان نام برد.

۹- هزینه نگهداری کم:

سازه LSF هزینه بهره‌برداری کمی دارد که به علت دوام بالا و عملکرد خوب حرارتی برای تعمیرات سیستم‌های سرمایش و گرمایش سازه می‌باشد (مازا^۱ و همکاران، ۲۰۱۷).

۱۰- زلزله و نیروی جانبی:

رفتار مناسب با توجه به شکل‌پذیری فولاد- وزن کمتر ناشی از سازه سبک‌تر و استفاده از مصالح جدید - اتصالات مکانیکی استاندارد - دیوارها و سقف‌های مهاربندی شده - اتصال مطمئن به فونداسیون باعث ایجاد یک استاندارد قوی و ایمن در برابر زلزله می‌باشد.

چندین سال است که این سیستم در آمریکا - اروپا - ژاپن و... مورد استفاده قرار گرفته است که اخیراً نیز به سایر سیستم‌های ساختمانی در ایران افزوده شده و تعدادی کارخانه در ایران این مقاطع سرد را تولید و عرضه می‌کنند (مازا و همکاران، ۲۰۱۷).

معایب سیستم سازه LSF

۱- تعداد طبقات قابل ساخت با این سیستم محدود است به نیروی کار متخصص و خیره نیاز دارد

۲- در ابعاد دهانه محدودیت وجود دارد

۳- تأمین قطعات فلزی گالوانیزه تولید شده در کارخانه هزینه نسبتاً بالایی دارد (دن، ۲۰۱۶).

تحقیقات گذشته

جراحی و کرامتی در سال ۱۳۹۹ حرکت به سوی صنعتی شدن به پیشرفت هم زمان تمام صنایع نیاز دارد در این میان صنعت ساختمان بعنوان یک صنعت کهن که هر سال مبالغ هنگفتی از سرمایه‌های ملی در آن هزینه می‌شود و در تجربه جهانی نشان داده است در زمان‌هایی که نیاز به ساخت تعداد زیادی ساختمان و مسکن وجود دارد. تنها انبوه‌سازی به شیوه‌های صنعتی با هدف گذاری برنامه ریزی مدیریت و رشد هماهنگ صنایع وابسته میسر است. هدف از انجام این پژوهش معرفی و تحلیل و بررسی سازه‌های سبک فولادی (LSF) می‌باشد. این پژوهش به روش تحلیلی- توصیفی و با استفاده از مطالعات کتابخانه‌ای و صنعتی انجام پذیرفته است. سازه‌های سبک فلزی (LSF) به دلیل مزایای فراوان آن نسبت به سازه‌های اسکلت فولادی و بتنی جایگزین مناسبی برای صنعت ساختمان سازی می‌باشند. از یافته‌های این پژوهش می‌توان در بهبود ساخت وسازه‌های مقاوم و سریع در معماری بهره جست.

ورزی و همکاران در سال ۱۳۹۹ به پژوهشی تحت عنوان بررسی اثر خودهای بالاتر بر پاسخ لرزه‌های قاب‌های فولادی نامنظم پرداختند که، امروزه روش طراحی سازه‌ها بر اساس عملکرد در اکثر آئین‌نامه‌ها جایگزین دیگر شیوه‌ها شده است. در این روش سازه تحت یک الگوی بار جانبی قرار می‌گیرد و در آخر نمودار طیف ظرفیت که بیان‌کننده‌ی رفتار سازه است به دست می‌آید. در سازه‌های منظم این بار از ترکیب موده‌های اول سازه به دست می‌آید به نظر می‌رسد در سازه‌های نامنظم اثر موده‌های بالاتر بیشتر باشد، بنابراین در این تحقیق به بررسی این موضوع پرداخته شده است، که در ابتدا کلیه قاب‌ها توسط نرم‌افزار ETABS تحلیل و طراحی شده‌اند و سپس توسط نرم‌افزار Opensees کلیه قاب‌ها تحت سه طیف مختلف زلزله هم‌پایه شده، آنالیز می‌شوند و میزان برش پایه و جابجایی بام در این قاب‌ها استخراج می‌گردد، و نتایج نشان داده شده است که برای هر دو سازه ۳ و ۵ طبقه وجود نامنظمی در وسط ارتفاع سازه مقدار جابجایی غیر الاستیک بیشتری به دست آمده است.

¹ Mazza et all



ماهنامه علمی تخصصی پایا شهر

تارانس^۱ در سال ۲۰۱۷ رفتار برشی ۶ نمونه مختلف قاب های سازه ای LSF را مورد بررسی قرار دادند. قاب های آنها $3/6\text{ m}$ طول و $2/44\text{ m}$ ارتفاع داشتند. ۳ تا از نمونه ها با تسمه ی $110\text{ mm} \times 1/5\text{ mm}$ به صورت ضربدری که در هر دو طرف قاب به کار رفته مهار شده اند ۲ تا از قاب ها تحت بار دوره ای قرار گرفتند و قاب باقیمانده تحت بار یکنواخت قرار گرفت. بادبندها با پیچ های خودرو به قاب سازه ای متصل شده اند و اتصالات به گونه ای طراحی شده بودند که تا جاری شدن مقطع بادبندها تسلیم نشوند تا سازه از شکل پذیری مناسبی برخوردار باشند. دابینا و فلوپ نتیجه ی آزمایشات خود را این گونه گزارش دادند که در قاب های بادبندی شده فشردگی زیادی نسبت به قاب های با پوشش گچی دیده شد. به علت شکست غیر منتظره ای که در گوشه های نمونه ها رخ داد میزان جاری شدن بادبندها کمتر ظرفیتشان بود. آنها همچنین پیشنهاد دادند که نیروی بالا برنده بایستی به صورت مستقیم به انکر بولت ها منتقل شود بدون آنکه خمشی در تیرک پایینی رخ دهد.

تیان^۲ و همکاران در سال ۲۰۱۹ یک سری آزمایشات تجربی و مطالعات تئوریک بر روی مقاومت جانبی و سختی ۱۰ نمونه قاب CFS انجام دادند. ۵ عدد از نمونه های مورد آزمایش $2/45\text{ m}$ ارتفاع و $1/25\text{ m}$ عرض داشتند، که با تسمه به شکل X در یک یا دو طرف پرچ شده، مهاربندی شده اند. در ۳ عدد از قاب های بادبندی در یک طرف از تسمه های $10\text{ mm} \times 60\text{ mm}$ استفاده شده است. ۲ عدد از قاب ها نیز در دو طرف خود دارای بادبند بودند که از تسمه های $1/2\text{ mm} \times 60\text{ mm}$ به عنوان بادبند استفاده شده است. برای بررسی مقاومت جانبی و رفتار دیوار، دو روش بارگذاری (یک مرحله ای و ۳ مرحله ای) استفاده شد. در طول تست ها دو مد مشاهده گردید:

کمانش کلی ستونک های تحت فشار

شکست پرچ های بادبندها

به منظور پیش بینی بارهای شکست و سختی برشی الاستیک اولیه ی دیوارها، تیان و همکاران از آنالیز تئوریک استفاده کردند که به طور دقیق بارهای شکست را که در طول تست ثبت شده بودند، پیش بینی می کرد. هر چند آنها سختی بسیار بالاتری نسبت به آنچه اندازه گیری شده بود را پیش بینی کرده بودند. البته این تفاوت در پیش بینی سختی مربوط به نقص و عیب به مدلی بود که در آنالیز به کار برده بودند. برای دیوارهای بادبندی شده با تسمه نسبت عرض به طول (بیشتر از ۱ به ۳) بالایی پیشنهاد کردند.

روش تحقیق

طبق مدل تست شده در شرایط آزمایشگاهی در مقالات معتبر مدلسازی در نرم SAP2000 انجام میشود. ابعاد و خصوصیات رفتاری مصالح و شرایط بارگذاری و تکیه گاهی شبیه به مدل آزمایشگاهی مدلسازی میگردد. برای شبیه سازی دو سازه پلان معماری یکسان و تعداد طبقات مساوی و دارای نامنظمی هندسی در پلان ولی مصالح متفاوت را تحلیل می کنیم. در یکی مصالح فولادی از نوع st37 و دیگری از قطعات CFS استفاده می شود. پس از تحلیل نتایج برش پایه، تغییر مکان حداکثر بام و در نهایت وزن فولاد مصرفی را مقایسه می کنیم. برای طراحی سازه ها، ارزیابی و نیز بهسازی سازه های مورد بررسی از روش PBD استفاده می کنیم که بیشترین کاربرد را روش های تحلیل غیر خطی دارند و هدف از این تحلیل پیش بینی پاسخ سازه تحت لرزش زمین لرزه ای است که در آینده رخ خواهد داد. در این روش، پاسخ سازه با در نظر گرفتن رفتار غیر خطی مصالح و رفتار غیر خطی هندسی سازه محاسبه می شود. در این روش با توجه به آن که ماتریس سختی و میرایی در طول زمان می تواند تغییر کند پاسخ مدل تحت شتاب به روش های عددی برای گام های زمانی مختلف محاسبه می شود.

روش کار

¹ Taranath

² Tian



ماهنامه علمی تخصصی پایا شهر

در این پژوهش به بررسی ضریب رفتار سازه‌های سبک و نامنظم هندسی در پلان و مقایسه با سازه‌های معمولی پرداخته می‌شود.

ضوابط لرزه ای آن تحت آیین نامه ۲۸۰۰ انجام می‌شود. مدل‌ها در نرم افزار SAP2000 شبیه سازی شده است. ویژگی مدل‌ها به قرار زیر است:

۶ مدل از سه سازه با معماری مشابه ولی تعداد طبقات مختلف ایجاد می‌گردد که شامل ساختمان با طبقات ۳، ۲ و ۴ می‌باشد و یکبار با قطعات CFS و بار دیگر با فولاد ساختمانی متداول ST37 مدل سازی انجام می‌شود.

تحلیل استفاده شده در این مدل‌ها تحلیل استاتیکی خطی و همچنین دینامیکی غیر خطی (تاریخچه زمانی) تحت سه شتابنگاشت بم، طیس و ایمپریال ولی (Imperial Valley) می‌باشد.

مدل‌ها تحلیل و طراحی میشوند و در انتها تغییر مکان بام و همچنین وزن فولاد مصرفی در مدل‌ها بررسی می‌گردند.

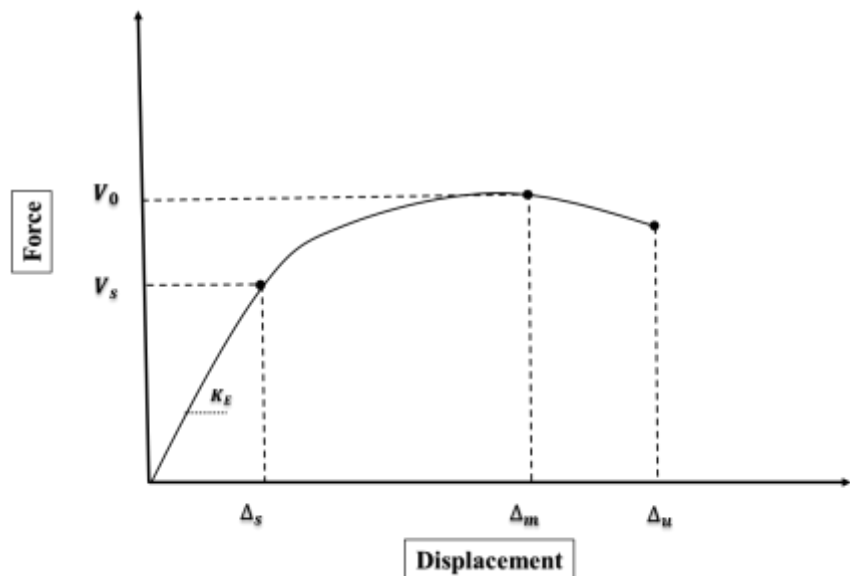
۴-۵ نحوه محاسبه ضریب رفتار

تحلیل استاتیکی غیرخطی پوش‌آور یکی از پرکاربردترین تحلیل‌های سازه‌ای می‌باشد که خروجی‌های مهمی مانند ضریب رفتار، ضریب ناشی از شکل‌پذیری، ضریب اضافه مقاومت، نسبت شکل‌پذیری، جذب انرژی، سختی اولیه، سختی ثانویه، ظرفیت باربری و نیروی ناشی از اولین مفصل پلاستیک از آن بدست می‌آید. بدین منظور ابتدا باید منحنی ظرفیت حاصل از تحلیل پوش‌آور دو خطی شود. برای محاسبه ضریب رفتار دو روش روش پریستلی-پائولی و یانگ از روش‌های معروف می‌باشند. برای دو خطی کردن در روش پریستلی-پائولی از روش چوپرا و در دومی نیز از روش یانگ برای دو خطی کردن استفاده می‌شود. ولی در نهایت فرمول مورد استفاده جهت محاسبه ضریب رفتار در هر دو یکسان می‌باشد. در حالت کلی برای محاسبه ضریب رفتار دو روش کلی وجود دارد:

الف: تحلیل استاتیکی غیر خطی پوش‌آور (در پایان‌نامه نیز از این روش استفاده شده است)

ب: تحلیل دینامیکی افزایشی

در شکل (۴-۱) نمونه‌ای از نمودار نیرو- تغییر مکان حاصل تحلیل استاتیکی غیرخطی را می‌توان مشاهده نمود [۱]. در شکل (۴-۱)، V_s و Δ_s به ترتیب برش پایه و تغییر مکان متناظر با لحظه تشکیل اولین مفصل پلاستیک می‌باشد. K_E سختی الاستیک یا همان سختی اولیه می‌باشد. V_0 و Δ_m نیز به ترتیب برش پایه ماکزیمم و تغییر مکان متناظر با آن می‌باشند و Δ_u تغییر مکان نهایی سازه بوده که می‌تواند برابر با Δ_m می‌باشد. پس از استخراج منحنی نیرو-تغییر مکان، منحنی مربوطه باید دو خطی گردد. روش‌های بسیاری برای دو خطی کردن وجود دارد.





ماهنامه علمی تخصصی پایا شهر

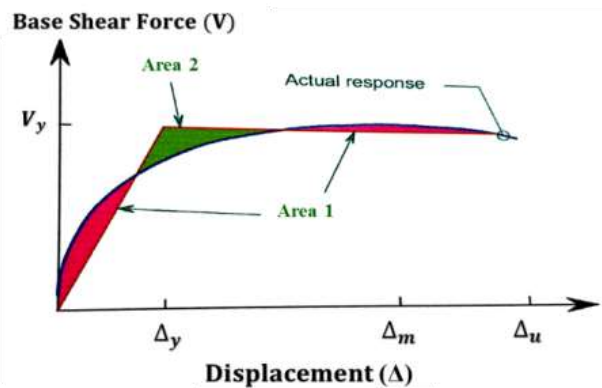


شکل (۴-۱): نمونه‌ای از نمودار نیرو- تغییرمکان

ولی در حالت کلی دو نوع سبک وجود دارد:

(۱) روش مساحت‌های برابر: برابری سطح زیر نمودار دوخطی با نمودار پوش‌آور (روش پریستلی-پائولی و یانگ جزو این دسته می‌باشند)

(۲) روش انرژی‌های معادل: سطح زیر نمودار دو خطی: در این روش منحنی دو خطی به گونه‌ای رسم می‌گردد که سطح محصور بالا و پایین منحنی نیرو- تغییرمکان و منحنی دو خطی مفروض (بین منحنی و خطوط رسم شده) با یکدیگر برابر باشند.

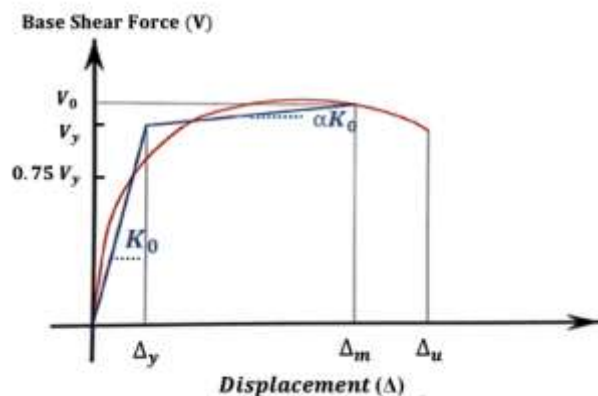


شکل (۴-۲): دوخطی سازی نمودار برش پایه-تغییرمکان به روش انرژی معادل

۴-۵-۱ دو خطی کردن منحنی پوش آور

۴-۵-۱-۱ روش پریستلی-پائولی

در این روش که توسط پریستلی و پائولی بیان شد یک مقدار برای V_y (مقاومت تسلیم سازه) فرض شده، سپس از مبدأ به نقطه $0.75V_y$ روی منحنی تغییرمکان- نیروی برش پایه (شکل ۴-۳) وصل نموده و تا خط V_y ادامه داده می‌شود. از محل تقاطع این دو خط منحنی مذکور افقی فرض می‌شود. ساده سازی روش پریستلی و پائولی در شیب صفر ناحیه بعد تسلیم می‌باشد.



شکل (۴-۳): دوخطی سازی نمودار برش پایه-تغییرمکان به روش پریستلی و پائولی



ماهنامه علمی تخصصی پایا شهر

در شکل (۳-۴) که مربوط به روش پریستلی و پائولی می‌باشد یک نمودار دو خطی برش پایه- تغییرمکان نشان داده شده است. K_0 سختی الاستیک نمودار دو خطی (K_E مربوط به سختی اولیه منحنی پوش‌آور می‌باشد) می‌باشد که در واقع همان شیب قسمت خطی منحنی نیرو- تغییرمکان است و K_1 سختی سازه بعد از تسلیم می‌باشد که به صورت ضریبی از K_0 خواهد بود:

$$K_1 = \alpha K_0 = \frac{V_0 - V_y}{\Delta_m - \Delta_y} \quad (1-4)$$

در رابطه (۱-۴) V_y نیروی برش تسلیم، V_0 نیروی برشی ماکزیمم (بر روی منحنی دو خطی)، Δ_m تغییرمکان متناظر با V_0 ، Δ_y تغییرمکان متناظر با V_y و Δ_u تغییرمکان در آستانه شکست سازه می‌باشد.

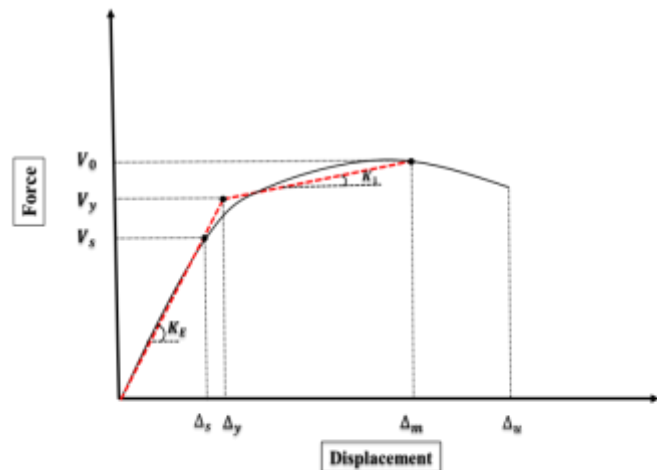
قابلیت یک سازه در داشتن تغییرمکان بالاتر از حد خطی و جذب انرژی در تغییرشکل‌های بزرگ به وسیله رفتار غیرخطی را شکل‌پذیری می‌گویند. معمولاً نسبت شکل‌پذیری به صورت رابطه (۲-۴) تعریف می‌شود:

$$\mu = \frac{\Delta_m}{\Delta_y}, \quad \mu_{\max} = \frac{\Delta_u}{\Delta_y} \quad (2-4)$$

اگر منحنی پوش‌آور نزولی نباشد دو رابطه ارائه شده برای شکل‌پذیری یکی می‌شوند اما اگر منحنی پوش‌آور نزولی باشد، تغییر مکان متناظر با برش پایه ماکزیمم ملاک خواهد بود.

۴-۱-۵-۴ روش یانگ

در این روش منحنی دو خطی با ادامه دادن محدوده الاستیک و به دست آوردن برش پایه تسلیم و سپس وصل کردن آن به برش پایه حداکثر به نحوی که انرژی کرنشی ذخیره شده تغییری ننماید حاصل می‌شود. در این حالت سطح زیر نمودار پوش‌آور معادل سطح زیر نمودار منحنی دوخطی فرض می‌شود.



شکل (۴-۴): دوخطی سازی نمودار برش پایه-تغییرمکان به روش یانگ

در این روش K_E برابر با K_0 می‌باشد. به عبارتی شیب اولیه منحنی پوش‌آور و منحنی دو خطی با هم برابرند (ساده‌سازی روش یانگ) ولی در عوض سختی ثانویه را خواهیم داشت.

۴-۵-۴ پارامترهای مؤثر بر ضریب رفتار

تحقیقات محققین دانشگاه برکلی نشان داده است که اجزا تشکیل دهنده ضریب رفتار از چهار ضریب تشکیل می‌شوند که در رابطه (۳-۴) ذکر شده است.

$$R = R_s R_\mu R_R R_\xi \quad (3-4)$$



ماهنامه علمی تخصصی پایا شهر

در رابطه (۳-۴) R_s ضریب اضافه مقاومت، R_{μ} ضریب ناشی از شکل پذیری، R_R ضریب نامعینی و R_{ξ} ضریب میرایی می-باشد.

۴-۵-۲-۱ ضریب اضافه مقاومت

مقاومت جانبی ساختمان عموماً از مقاومت طراحی آن تجاوز می کند و اکثراً اعضای با ظرفیتی مساوی یا بیشتر از بارهای طراحی طرح می شوند و تقریباً تمامی اعضای دارای مقاومت اضافی هستند. در برخی از موارد هندسه و یا برخی الزامات طراحی آیین نامه‌ای اندازه اعضای بزرگتر و در نتیجه ظرفیت بیشتری از الزاماتی که در روابط نیرویی و تنشی آیین نامه‌ای موجود است به وجود می آورد. در بعضی از موارد، الزامات طراحی با توجه به تغییر مکان ضرورت می گیرد که اندازه بزرگتری برای اعضای از اندازه‌ای که مقدار تنش لازم می داند به دست می آید. ضریب اضافه مقاومت به عوامل زیادی بستگی دارد که به طور کلی و خلاصه می توان به صورت زیر بیان نمود:

الف: درجه نامعینی

مطالعات آماری روی سازه‌ها نشان داده است که در توزیع مجدد نیروها در سازه در محدوده رفتار غیرخطی درجه نامعینی بیشترین تأثیر را روی اضافه مقاومت سازه‌های شکل پذیر دارا می باشد. اکثر سازه‌ها دارای درجات نامعین زیادی هستند که به دلیل وجود قیود اضافه بر نیاز برای پایداری سازه است. وجود این قیود اضافی باعث می شود تا نه تنها سازه با تشکیل اولین مفصل پلاستیک دچار ناپایداری نشود بلکه بتواند به باربری خود ادامه دهد و پس از تشکیل اولین مفصل پلاستیک دچار ناپایداری نشود بلکه بتواند به باربری خود ادامه دهد و پس از تشکیل مفصل پلاستیک نیز افزایش بارهای وارده را تحمل کند. بدین ترتیب برای ناحیه غیر الاستیک سازه‌ها یک مقاومت، افزون بر آنچه که در تحلیل و طراحی به روش خطی دیده شده است به وجود می آید که به این مقاومت ناشی از غیرخطی شدن مصالح و تشکیل مفاصل پلاستیک از لحظه تشکیل اولین مفصل پلاستیک تا فرو ریختن سازه، مقاومت افزون یا اضافه مقاومت می گویند. بدیهی است که هر چه میزان قیود اضافی و نامعین سازه بیشتر باشد اضافه مقاومت افزایش می یابد.

ب: مقاومت مصالح

مصرفی اغلب بیشتر از مقاومت مشخصه اسمی ذکر شده برای آنها می باشد و سخت شدگی کرنش در فولاد نیز باعث اضافه شدن مقاومت آنها می شود که در طراحی منظور نمی شود.

ج: ضوابط محافظه کارانه آیین نامه‌ها

محدودیت تعداد مقاطع مورد استفاده از نظر اندازه و شکل و اهمیت بیشتر بارهای قائم در طراحی نیز باعث افزایش مقاومت می شود.

د: اثرات اجزای غیر سازه‌ای

در طراحی به عنوان بخشی از سیستم مقاوم جانبی منظور نمی شوند ولی عملاً در باربری جانبی شرکت می کنند و همچنین تأثیری که این اعضا می توانند بر روی سختی سازه داشته باشند و در واقع نحوه انتخاب سختی اعضا نیز از مواردی محسوب می شود که بر روی ضریب اضافه مقاومت تأثیر می گذارند.

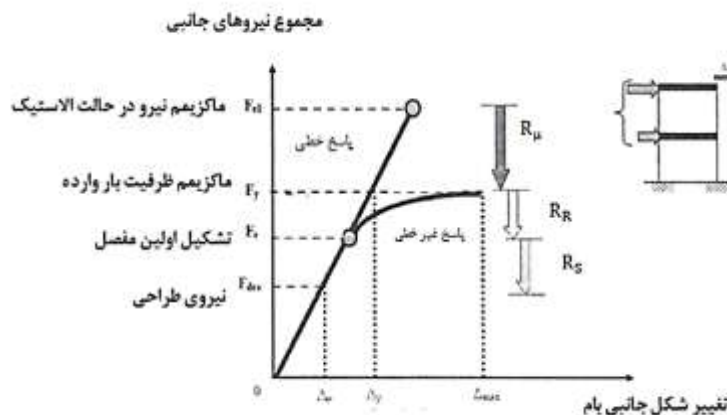
ه: فرضیات محافظه کارانه

در مدل‌هایی که برای تحلیل سازه‌ها به کار می روند عموماً از فرضیات محافظه کارانه استفاده می شود. مثلاً صرف نظر از رفتار سه بعدی سازه و همچنین روش طراحی نیروی جانبی معادل استاتیکی عموماً نتایج محافظه کارانه ای ارائه می دهد. مثلاً در سیستم منظم با چند درجه آزادی این روش برش پایه بزرگ تری نسبت به روش تحلیل طیفی ارائه می دهد. از عوامل دیگر موثر بر ضریب اضافه مقاومت می توان به اثرات خاک خیلی نرم، اثرات $P-\Delta$ ، اثرات پیچشی زلزله، اندرکنش خاک و سازه اشاره نمود. با توجه به توضیحاتی که در رابطه با ضریب اضافه مقاومت بیان شد مشخص می شود که این ضریب تابع پارامترهای مختلفی می باشد و با توجه به شرایط مختلف مقدار آن در هر قاب متفاوت می باشد.



ماهنامه علمی تخصصی پایا شهر

در شکل (۴-۵) نمونه‌ای از رفتار واقعی سازه با در نظر گرفتن اضافه مقاومت نشان داده شده است. برای تعیین مقدار ضریب اضافه مقاومت علاوه بر روش‌های آزمایشگاهی می‌توان از روش‌های تحلیلی همچون روش استاتیکی غیرخطی استفاده نمود. ضریب اضافه مقاومت به صورت رابطه (۴-۴) محاسبه کرد.



شکل (۴-۵): رفتار کلی سازه

$$R_s = \frac{V_y}{V_d} \quad (4-4)$$

در رابطه (۴-۴) V_d برش پایه طرح بر اساس آیین‌نامه می‌باشد. برش پایه طراحی در بعضی از مقالات برابر برش پایه هنگامی که اولین مفصل پلاستیک ایجاد می‌شود، در نظر گرفته شده است که در این مقاله نیز به همین صورت عمل خواهد شد. پس در نهایت رابطه (۴-۴) به صورت رابطه (۴-۵) تغییر خواهد کرد:

$$R_s = \frac{V_y}{V_s} \quad (5-4)$$

بسته به روش دو خطی انتخابی مقدار V_y متفاوتی حاصل خواهد شد. در روش تنش مجاز مقدار V_s کمتر در نظر گرفته می‌شود، لذا مقادیر بزرگتری در حالت تنش مجاز حاصل می‌شود.

۴-۲-۵-۲ ضریب نامعینی

این ضریب فقط در سیستم‌های مختلف ساختمانی که جهت مقابله با نیروی افقی به کار گرفته می‌شوند، خود را نمایان می‌سازد که جهت تکمیل بحث به آن می‌پردازیم. یک قاب ساختمانی نامعین از چند خط عمودی قاب تشکیل شده است که نیروهای ناشی از زلزله را به شالوده منتقل می‌کنند. تحقیقات کمی بر تاثیر نامعین قاب‌های مقاوم در برابر زلزله از لحاظ کمی انجام شده است. با وجود این، چنین تحقیقاتی برای قاب‌های مقاوم در برابر نیروی باد توسط موسس در سال ۱۹۷۴ انجام گرفته است. در این مطالعه نشان داده شده است که حاشیه ایمنی برای مد خرابی قاب‌های مقاوم در برابر باد و همچنین در برابر زلزله بستگی به جمع متغیرهای باد و مقاومت دارند، بنابراین اعتمادپذیری به سیستم‌های قابی، بزرگ‌تر از اعتمادپذیری به قاب‌های منفرد بیشتر است. موسس نتیجه گرفت که ضریب ایمنی نسبت کوچکتر و یا مساوی یک برای سیستم‌های نامعین مناسب است و چنین پیشنهاد داد که ضریب کاهش مقاومت میانگین به طور معکوس با جذر تعداد جملات مقاومت غیر وابسته (مفصل پلاستیک در یک مکانسیم جانبی) در یک سیستم نسبت داد. همچنین تحقیقات برترو و ویتاکر قاب‌های با ۴ دهانه خمشی مقاوم در برابر زلزله در هر جهت را به عنوان تعداد دهانه‌های بهینه برای تأمین مقاومت جانبی در برابر زلزله پیشنهاد می‌نماید که در این حالت $R_R = 1$ خواهد بود. این تحقیقات نشان می‌دهد که سیستم‌های مقاوم در برابر بار جانبی باید دارای مقاومت و سختی یکسان باشند. مطالعات آزمایشگاهی استفاده از سیستم‌های دوگانه دیوار برشی و قاب خمشی در



ماهنامه علمی تخصصی پایا شهر

حالیکه دیوار برشی دارای سختی ۱۰ برابر قاب خمشی می باشد، نشان داده است که قاب خمشی نه تنها در پاسخ سازه در برابر بار جانبی چندان موثر نیست بلکه در جذب انرژی نیز تأثیر ندارد مگر اینکه سختی و مقاومت آنها با یکدیگر مساوی باشد. در جدول (۱-۴) نتایج بررسی‌ها آمده است.

جدول(۱-۴): مقدار ضریب رفتار ناشی نامعینی بر حسب خطوط دهانه خمشی

ضریب نامعینی	تعداد خطوط (دهانه‌های خمشی) مقاوم در برابر زلزله
۰/۷۱	۲
۰/۸۶	۳
۱/۰۰	۴

۴-۲-۵-۴ ضریب میرایی

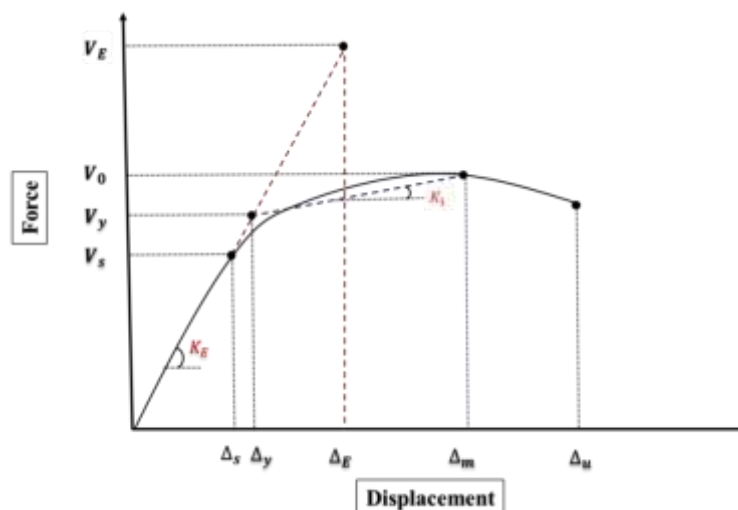
میرایی یک مفهوم عمومی است که اغلب برای بیان خاصیت جذب انرژی در قاب‌های ساختمانی بکار می‌رود. از اینکه انرژی جذب شده با رفتار هیستریزیس یا رفتار لزجی انجام می‌گیرد میرایی که از طریق هیستریزیس در یک ساختمان در محدوده الاستیک صورت می‌گیرد عموماً میرایی معادل لزجی نامیده می‌شود و ۵٪ میرایی بحرانی در نظر گرفته می‌شود. با توجه به این مطلب استفاده از ضریب میرایی R_E به عنوان یکی از اجزای ضریب رفتار فقط هنگامی درست می‌باشد که المان‌های ویسکوز به طور صریح در مراحل طراحی به حساب آورده شده باشند یا به عبارتی نیروهای ناشی از میرایی به صورت صریح در فرآیند طراحی به حساب آمده باشند. تحقیقات هانسون و همکاران و اطلاعات ارائه شده UBC1994 برای میرایی ۵ درصد ضریب میرایی برابر یک می‌باشد. در این مقاله نیز مقدار ضریب میرایی برابر یک در نظر گرفته می‌شود. اگر در سازه میراگری در نظر گرفته شود این ضریب دیگر برابر ۱ نمی‌باشد.

۴-۲-۵-۴ ضریب شکل پذیری

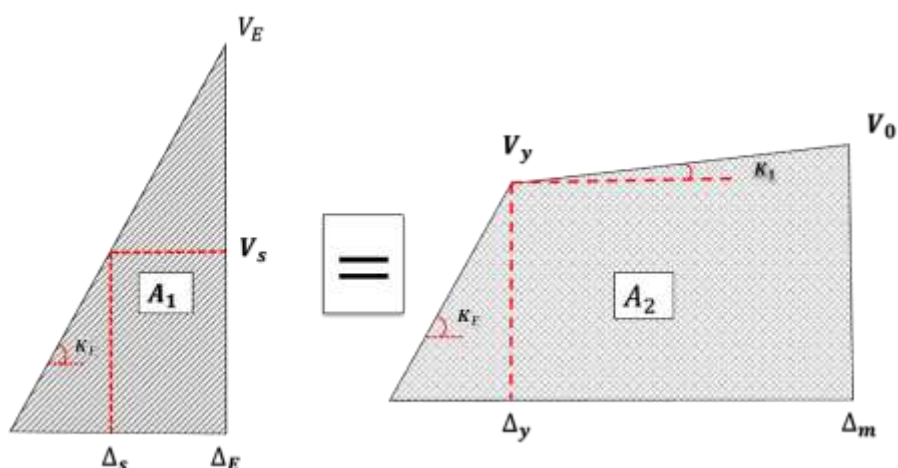
پارامترهای مربوط به ظرفیت تغییر مکان و شکل پذیری ارتباط نزدیکی با یکدیگر دارند، اما گاهی گیج کننده به نظر می‌رسند. مثلاً یک سازه با ظرفیت تحمل تغییر شکل‌های بزرگ، ممکن است شکل پذیری و نسبت شکل پذیری کوچکی داشته باشد و یک سازه با ظرفیت تغییر مکان کم، شکل پذیری کوچک اما نسبت شکل پذیری بزرگ داشته باشد. روابط مختلفی برای محاسبه R_M ارائه شده‌اند که در این پژوهش از روش یانگ استفاده شده است. فلسفه محاسبه ضریب شکل پذیری بر این اصل استوار است که سطح زیر منحنی دوخطی باید با سطح زیر منحنی قسمت الاستیک سازه برابر باشد (V_E برش پایه حد الاستیک). به عبارتی منحنی الاستیک سازه تا جایی ادامه می‌یابد که سطح زیر آن با سطح زیر نمودار منحنی دو خطی برابر باشد (شکل ۴-۴ و ۴-۷).



ماهنامه علمی تخصصی پایا شهر



شکل (۴-۶): رفتار کلی سازه



شکل (۴-۷): برابر قرار دادن سطح زیر نمودار الاستیک و منحنی دوطرفی

۳-۵-۴ تحلیل دینامیکی غیرخطی

این نوع تحلیل عموماً برای ساختمان‌های نامنظم مورد استفاده قرار می‌گیرد (ساختمان‌های مدهای نوسانی داشته باشد که در آن مدها حرکت در یک امتداد توأم با حرکت در امتداد عمود بر آن باشد برای ملحوظ نمودن اثرات این حرکات توأم ساختمان باید به وسیله روش تحلیل دینامیکی محاسبه شود). این نوع تحلیل بازتاب‌های سازه در هر مقطع زمانی در مدت وقوع زلزله با تأثیر دادن شتاب‌های ناشی از حرکت زمین (شتاب‌نگاشت) در تراز پایه ساختمان و انجام محاسبات دینامیکی مربوطه تعیین می‌شود. تحلیل دینامیکی مورد استفاده در این پروژه تحلیل با استفاده از تاریخچه زمانی می‌باشد.

شتاب‌نگاشت‌ها به گونه‌ای مقیاس شوند که طیف حاصل از این شتاب‌نگاشت‌ها مساوی یا بزرگتر از دامنه طیف طرح در محدوده فرکانسی مورد نظر باشد. البته این پیشنهاد هیچ گونه اطمینانی ایجاد نمی‌کند که واقعاً چه تعداد شتاب‌نگاشت برای تحلیل غیرخطی یک سازه لازم است. این عدد ممکن است برای سازه‌های مختلف متفاوت باشد. از طرف دیگر تعریف محدوده فرکانسی مورد نظر چندان روشن به نظر نمی‌رسد و حساسیت پاسخ سازه به محدوده فرکانس‌ها باید مورد مطالعه قرار گیرد. پراکندگی بالای پاسخ‌های دینامیکی تحت شتاب‌نگاشت‌هایی که مطابق ضوابط استاندارد ۲۸۰۰ ایران انتخاب و

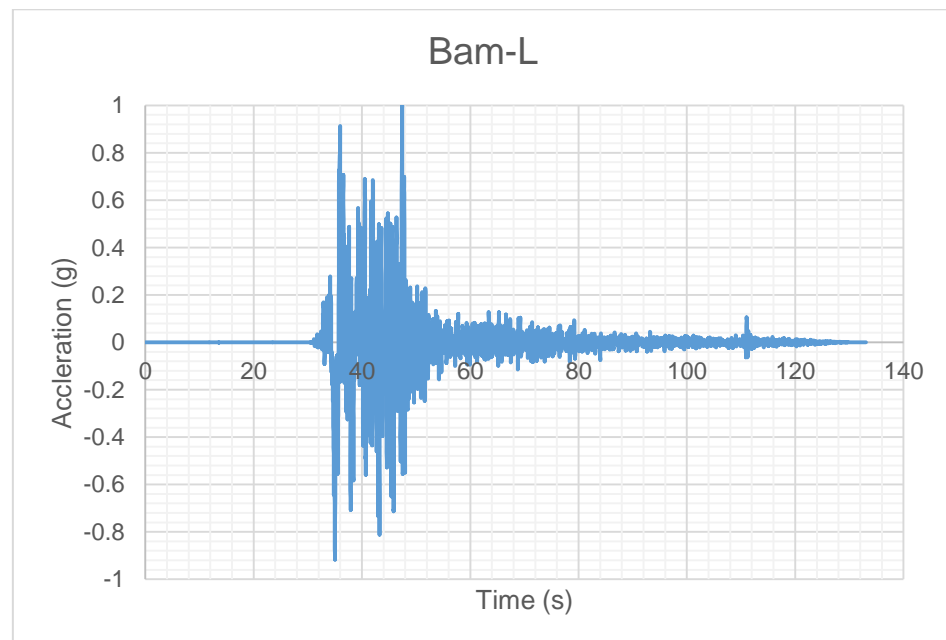


ماهنامه علمی تخصصی پایا شهر

مقیاس می شوند، امکان ناپذیر است. به منظور انجام آنالیز تاریخیچه زمانی غیرخطی، ۳ رکورد زلزله مطابق جدول ۴-۲ با در نظر داشتن مقررات موجود در آیین نامه ۲۸۰۰ انتخاب شده و پس از تطابق با طیف طرح استاندارد، مورد استفاده قرار گرفته است. جدول (۴-۲): مشخصات رکوردهای انتخاب شده در آنالیز دینامیکی تاریخیچه زمانی غیرخطی (بر گرفته از سایت peer)

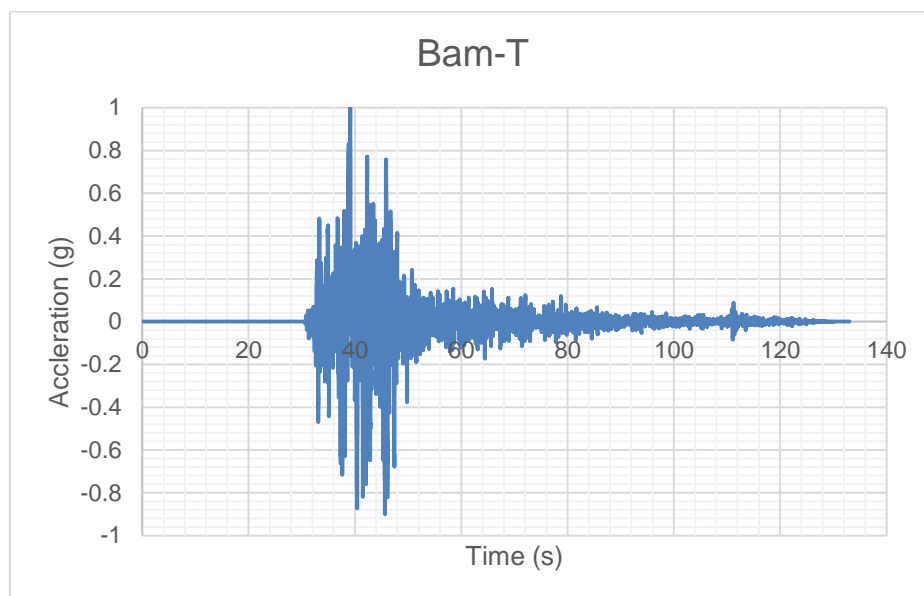
ایستگاه	سال	فاصله	شماره رکورد	محل زلزله
Bond Corner	۱۹۷۹	۲۶۶	۱۶۰	Imperial Valle
Ferdows	۱۹۷۸	۹۱.۱۴	۱۴۰	Tabas
Bam	۲۰۰۳	۱.۷	۴۰۴۰	Bam

برای تولید طیف پاسخ الاستیک نیز از نرم افزار Seismosignal استفاده شده است. در اولین گام کلیه شتاب نگاشت ها نسبت به PGA آن همپایه می گردد، سپس طیف پاسخ هر زوج شتاب نگاشت برای میرایی ۵٪ ترسیم می گردد. شتاب نگاشت چنان مقیاس گردیده که برای هر پریود در محدوده $0.2T$ الی $1/5T$ ، مقدار طیف مربوط به شتاب نگاشت، از مقدار متناظر طیف طرح استاندارد کمتر نشود. سپس ضریب مقیاس تعیین شده در شتاب نگاشت مقیاس شده ضرب گردیده و در تحلیل دینامیکی مورد استفاده قرار گرفته است.

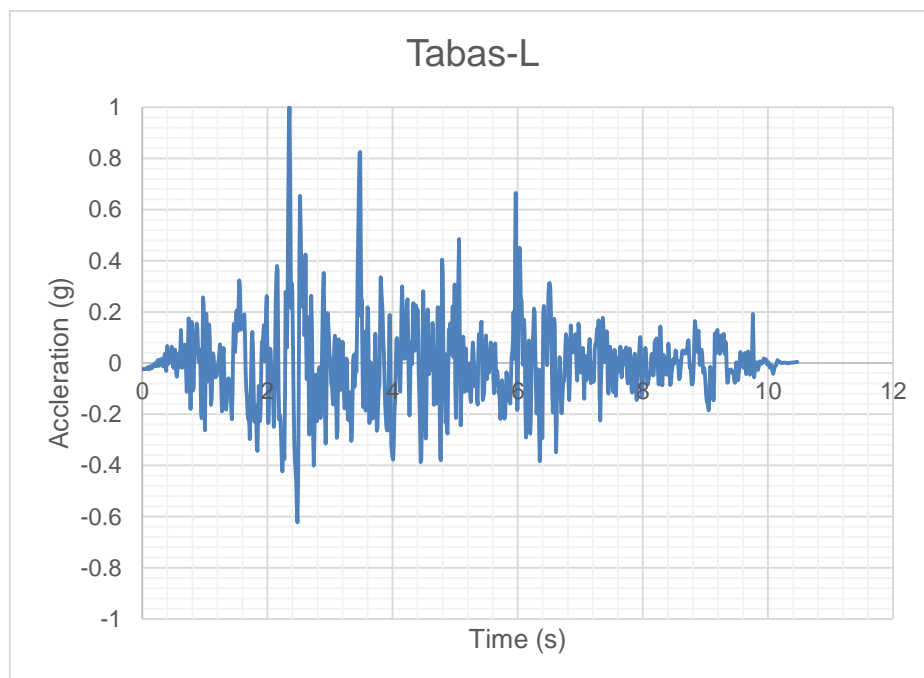




ماهنامه علمی تخصصی پایا شهر

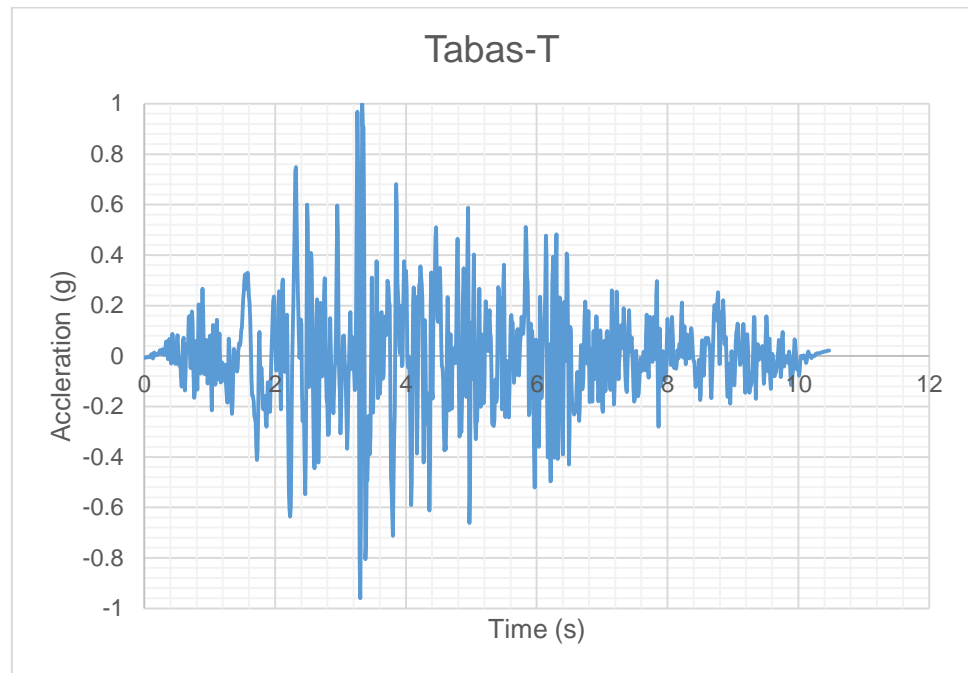


شکل (۴-۸): شتاب‌نگاشت مؤلفه X زلزله بم (بر گرفته از سایت اینترنتی peer)

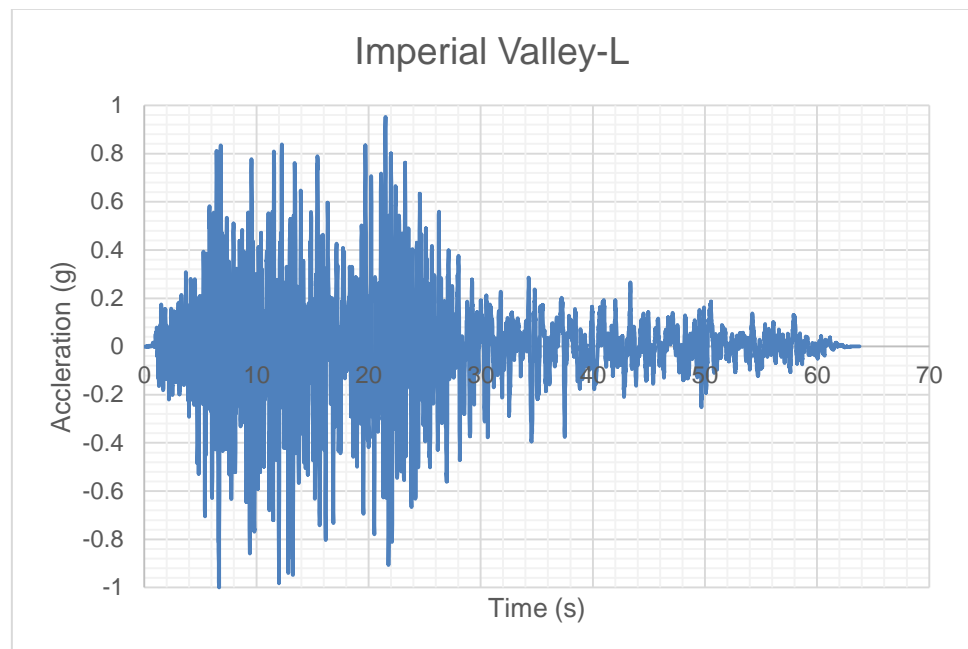




ماهنامه علمی تخصصی پایا شهر

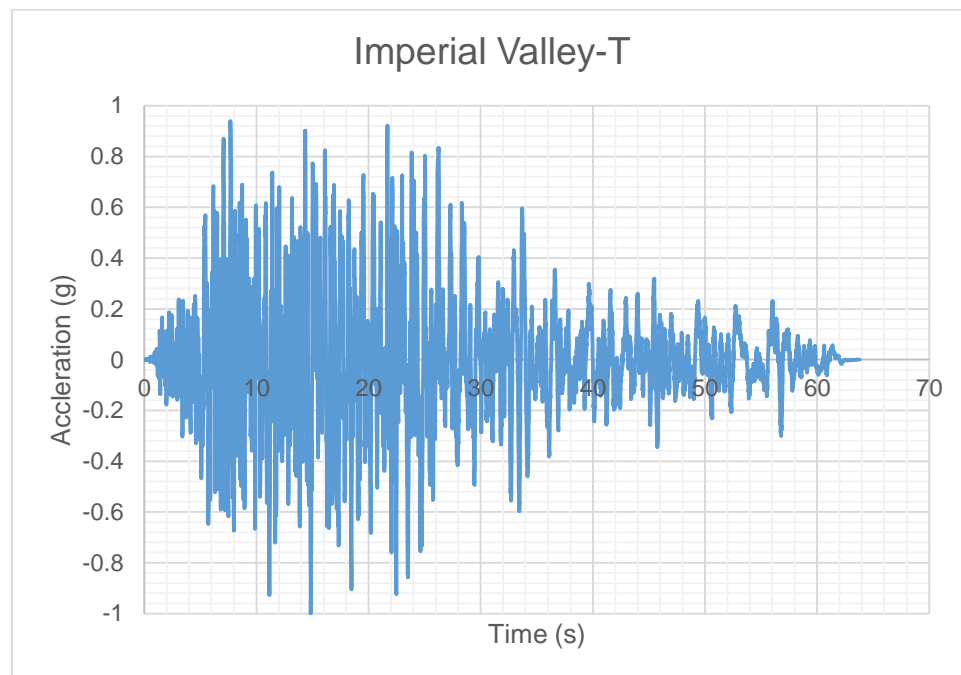


شکل (۴-۹): شتاب‌نگاشت مؤلفه X زلزله طبس (بر گرفته از سایت اینترنتی peer)





ماهنامه علمی تخصصی پایا شهر



شکل (۴-۱۰): شتاب‌نگاشت مؤلفه x زلزله Imperial valley (بر گرفته از سایت اینترنتی peer)

۴-۶ تحلیل پوش آور یا تحلیل استاتیکی غیر خطی

با اعمال ضریب رفتار می‌توان سازه را در محدوده خطی تحلیل و طراحی کرد و از صحت رفتار سازه در محدوده خطی اطمینان حاصل نمود. اما زمانی که سازه وارد محدوده غیرخطی می‌شود، کنترل دقیقی در رفتار سازه وجود ندارد و نمی‌توان با تحلیل‌های خطی رفتار سازه را در محدوده غیرخطی مورد بررسی قرار داد. امروزه با پیشرفت نرم‌افزارهای محاسباتی و افزایش تخصص مهندسان محاسب با انجام تحلیل‌های غیرخطی می‌توان رفتار سازه را در محدوده غیرخطی با دقت خوبی مورد بررسی قرار داد و از صحت عملکرد سازه اطمینان حاصل نمود.

در آنالیزهای غیرخطی نیازی به اعمال ضریب رفتار سازه نیست چراکه شما رفتار واقعی سازه را با اعمال کل نیروی وارد به سازه مورد بررسی قرار می‌دهید و ضریب رفتار که مقدار برش پایه در محدوده خطی مشخص می‌کند در این نوع تحلیل جایگاهی ندارد. در ضمن با تحلیل‌های غیرخطی می‌توان از ظرفیت سازه استفاده بیشتری کرد و مقاطع کوچک‌تری به دست آورد چراکه در تحلیل‌های خطی با اعمال ضریب رفتار که محافظه‌کارانه است، مقاطع بزرگ‌تری به دست می‌آید.

امروزه در آیین‌نامه‌های دنیا استفاده از تحلیل‌های غیرخطی کاربرد بیشتری پیدا کرده است در آیین‌نامه‌های ایران نیز از سال ۱۳۸۵ در نشریه ۳۶۰ (دستورالعمل بهسازی لرزه‌ای ساختمان‌های موجود) و استاندارد ۲۸۰۰ ویرایش چهارم تحلیل‌های غیرخطی آورده شده است. تحلیل‌های غیرخطی به‌عنوان تحلیل‌های دقیق‌تر که می‌تواند عملکرد سازه را بسیار بهتر و کامل‌تر از تحلیل‌های خطی بررسی کند. در بهسازی لرزه‌ای ساختمان‌ها و پروژه‌های تحقیقاتی کاربرد بسیار زیادی دارد.

به همین منظور در این پژوهش قصد بر آن است تا رفتار سازه‌های بتن مسلح با میراگر ویسکوز تحت تحلیل استاتیکی غیرخطی مورد ارزیابی و مقایسه قرار گیرند. پس از تحلیل اولیه ساختمان (تحلیل استاتیکی خطی) و کنترل خروجی‌های مورد نظر، مقاطع بهینه تعیین شده و به المان‌های مورد نظر اختصاص داده شد.

در ترکیب بارهای ثقلی و الگوهای بار جانبی بایستی اثر $P-\Delta$ در نظر گرفته شود، در تحقیق اثر $P-\Delta$ لحاظ شده است. ترکیب بارهای ثقلی مطابق بند ۳-۲-۸ نشریه ۳۶۰ از روابط زیر می‌باشند

$$Q_G = 1.1[Q_D + Q_L]$$



ماهنامه علمی تخصصی پایا شهر



$$Q_G = 0.9Q_D$$

که در آن Q_D بار مرده و Q_L معادل ۲۵٪ بار زنده طراحی کاهش نیافته است که نباید از بار زنده واقعی موجود در هنگام ارزیابی کمتر باشد. مطابق بند ۴-۳-۱-۲ نشریه ۳۶۰ در تحلیل استاتیکی غیر خطی مرکز جرم بام به عنوان نقطه کنترل تغییر مکان سازه انتخاب می شود.

Load Case Data - Nonlinear Static

Load Case Name: Gravity1

Load Case Type: Static

Initial Conditions: Zero Initial Conditions - Start from Unstressed State

Analysis Type: Nonlinear

Geometric Nonlinearity Parameters: P-Delta

Load Type	Load Name	Scale Factor
Load Pattern	DEAD	1.1
Load Pattern	DEAD	1.1
Load Pattern	LIVE	0.275

Other Parameters: Load Application: Full Load; Results Saved: Final State Only; Nonlinear Parameters: Default

شکل (۴-۱۱): تنظیمات بار ثقلی نوع اول تحلیل پوش آور

Load Case Data - Nonlinear Static

Load Case Name: Gravity-2

Load Case Type: Static

Initial Conditions: Zero Initial Conditions - Start from Unstressed State

Analysis Type: Nonlinear

Geometric Nonlinearity Parameters: P-Delta

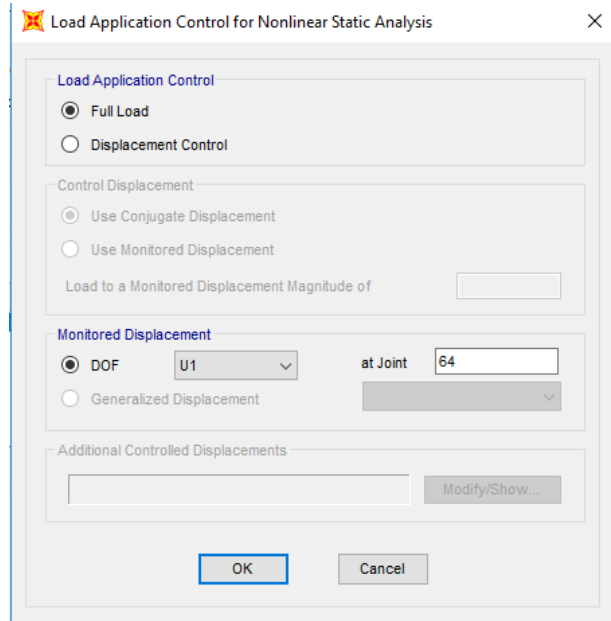
Load Type	Load Name	Scale Factor
Load Pattern	DL	0.9
Load Pattern	DL	0.9

Other Parameters: Load Application: Full Load; Results Saved: Final State Only; Nonlinear Parameters: Default

شکل (۴-۱۲): تنظیمات بار ثقلی نوع دوم تحلیل پوش آور

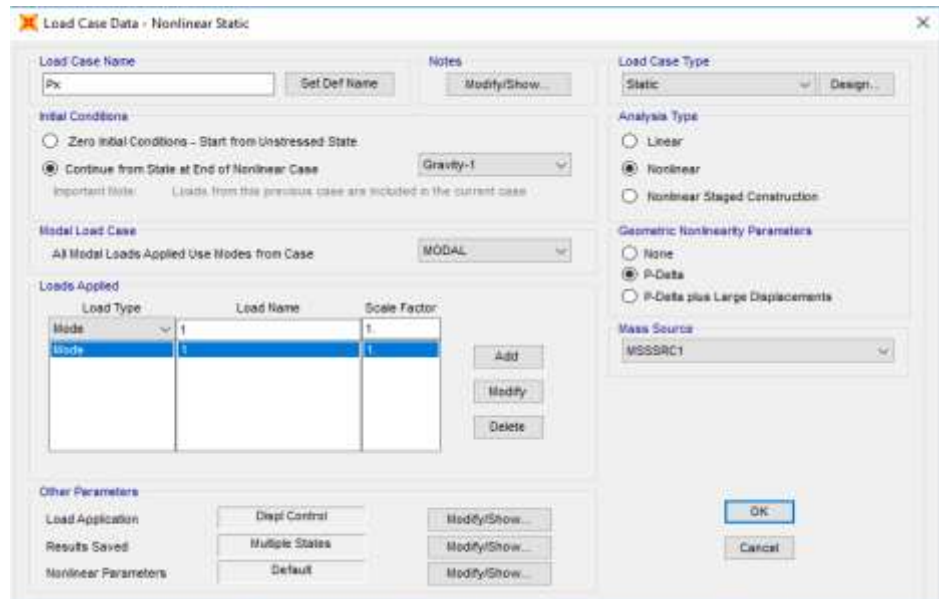


ماهنامه علمی تخصصی پایا شهر



شکل (۴-۱۳) کنترل برنامه بار برای تجزیه و تحلیل استاتیک غیر خطی

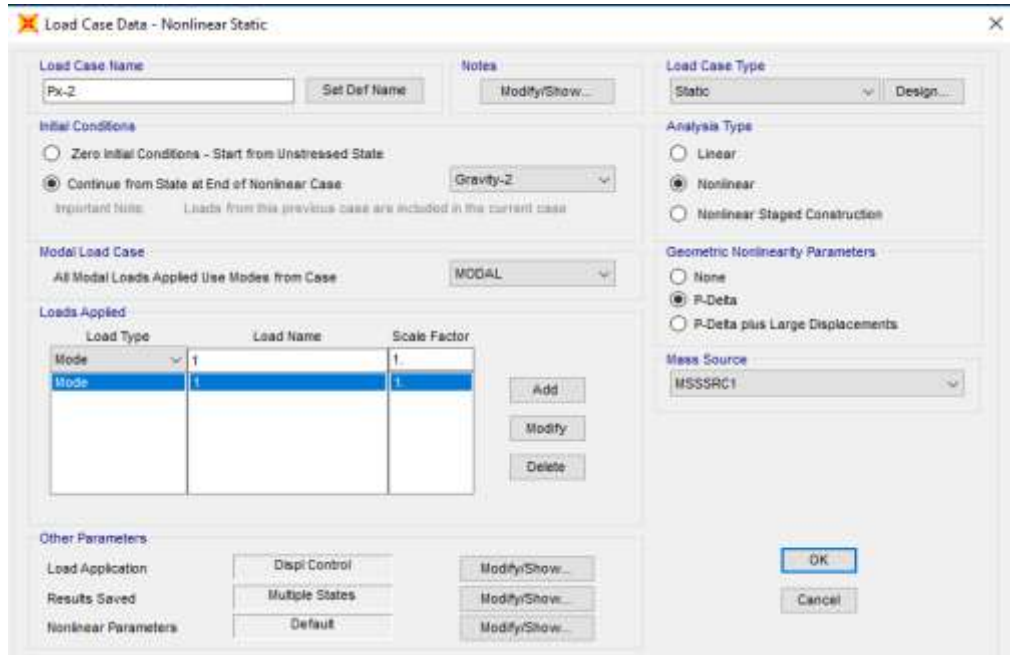
جهت تغییر مکان را $U1$ معادل X و شماره گره را براساس گره گوشه بام قرار می دهیم. یکبار هم برای جهت Y این مقادیر تعریف می گردند. سپس بار جانبی را نیز مطابق شکل زیر برای هردو جهت ایجاد میکنیم.



شکل (۴-۱۴) تنظیمات تحلیل پوش آور تحت بار ثقلی نوع اول



ماهنامه علمی تخصصی پایا شهر



شکل (۴-۱۵) تنظیمات تحلیل پوش آور تحت بار ثقلی نوع دوم

شکل ۴-۱۴ و ۴-۱۵ معرفی ترکیب بار ثقلی نوع اول و دوم را در نرم افزار SAP نمایش می دهد. مطابق بند ۴-۳-۱-۳ نشریه ۳۶۰ توزیع بار جانبی در مدل سازه باید تا حد امکان شبیه به آنچه که هنگام زلزله رخ خواهد داد باشد و حالت های بحرانی تغییر شکل و نیروهای داخلی را در اعضا ایجاد نماید، توزیع بار جانبی باید متناسب با دو نوع توزیع زیر به سازه اعمال شود.

۱- توزیع نوع اول: توزیع متناسب با شکل مود اول ارتعاش در جهت مورد نظر

۲- توزیع نوع دوم: توزیع یکنواخت که در آن بار جانبی متناسب با وزن هر طبقه محاسبه می شود.

مطابق بند ۳-۴-۳-۲-۱ نشریه ۳۶۰ تغییر مکان هدف برای سازه با دیافراگم های صلب باید با در نظر گرفتن رفتار غیر خطی سازه برآورد شود به عنوان روش تقریبی می توان مقدار تغییر مکان در هر امتداد را از رابطه زیر محاسبه نمود.

$$\delta_t = C_0 C_1 C_2 S_a \frac{T_e^2}{4\pi^2} g$$

که در آن:

T_e : زمان تناوب موثر ساختمان

C_1 : ضریب تصحیح برای اعمال تغییر مکان غیر ارتجاعی سیستم که از رابطه زیر محاسبه می شود.

$$T_e \leq 0.2 \rightarrow c_1 = 1 + \frac{25(R_u - 1)}{a}$$

$$0.2 < T_e < 1 \rightarrow c_1 = 1 + \frac{R_u - 1}{aT_e^2}$$

$$> 1 \rightarrow c_1 = 1$$

C_2 : ضریب تصحیح برای اثرات کاهش سختی و مقاومت اعضای سازه ای بر تغییر مکان ها ناشی از زوال چرخه ای و مقدار آن با استفاده از رابطه زیر تعیین می شود.



ماهنامه علمی تخصصی پایا شهر

$$T < 0.7 \rightarrow C_2 = 1 + \frac{1}{800} \left(\frac{R_u - 1}{T_E} \right)^2$$

$$0.7 \rightarrow C_2 = 1$$

مطابق بند ۱-۷-۲-۱-۲-۱ نشریه ۳۶۰ تهیه طیف در این روش مستلزم برآورد مقدار شتاب طیفی در زمان تناوب کوتاه ۰/۲ ثانیه (S_s) و نیز مقدار شتاب طیفی در زمان تناوب بلند ۱/۰ ثانیه (S_1) در سطح خطر مدنظر است. این مقادیر برای نسبت میرایی ۰/۵ و در سنگ بستر (سطح بستر لرزه ای) محاسبه می شود. برآورد مقادیر فوق با یکی از دو روش زیر تعیین می شود:

- ۱- نقشه های معتبری که مقادیر شتاب طیفی را در سنگ بستر برای دوره بازگشت مورد نظر در اختیار قرار دهد.
- ۲- انجام تحلیل خطر ویژه ساختگاه برای محاسبه مقادیر شتاب طیفی در سنگ بستر برای دوره بازگشت مورد نظر.

اثرات ساختگاهی بر مقادیر طیفی را می توان با استفاده از روابط زیر لحاظ نمود:

$$S_{XS} = F_a S_s$$

$$S_{X1} = F_v S_1$$

در این روابط F_v و F_a ضرایب نمایانگر اثرات ساختگاهی اند که از جداول ۳-۴ و ۴-۴ بر اساس نوع خاک نیز مقادیر پارامترهای S_s و S_1 قابل برآوردند.

جدول (۳-۴): مقادیر F_a برحسب نوع خاک و مقدار S_a

نوع خاک	مقدار شتاب طیفی در زمان تناوب کوتاه				
	$S_s < 0.25$	$S_s < 0.50$	$S_s < 0.75$	$S_s < 1.00$	$S_s > 1.25$
۱	۱	۱	۱	۱	۱
۲	۱.۲	۱.۲	۱.۱	۱	۱
۳	۱.۶	۱.۴	۱.۲	۱.۱	۱
۴	۲.۵	۱.۷	۱.۲	۰.۹	۰.۹

جدول (۴-۴): مقادیر F_v برحسب نوع خاک و مقدار S_1

نوع خاک	مقدار شتاب طیفی در زمان تناوب بلند				
	$S_1 < 0.1$	$S_1 < 0.20$	$S_1 < 0.3$	$S_1 < 0.4$	$S_1 > 0.5$
۱	۱	۱	۱	۱	۱
۲	۱.۷	۱.۶	۱.۵	۱.۴	۱.۳
۳	۲.۴	۲	۱.۸	۱.۶	۱.۵
۴	۳.۵	۳.۲	۲.۸	۲.۴	۲.۴

برای برآورد مقادیری از S_s و S_1 که در بین حدود ارائه شده قرار دارند، از درون یابی خطی استفاده می شود. پس از برآورد S_{XS} و S_{X1} طیف طرح شتاب افقی بر اساس روابط زیر ساخته می شود.

$$S_a = S_{XS} \left[\left(\frac{5}{B} - 2 \right) \frac{T}{T_s} + 0.4 \right] \quad 0 < T < T_0$$

$$T_0 < T < T_s$$

/B



ماهنامه علمی تخصصی پایا شهر



$$T > T_s$$

که در این روابط T_0 و T_s عبارتند از:

$$T_0 = 0.2T_s$$

$$T_s = S_{X1} / S_{XS}$$

همچنین ضریب B به صورت تابعی از نسبت میرایی موثر β بیان می شود.

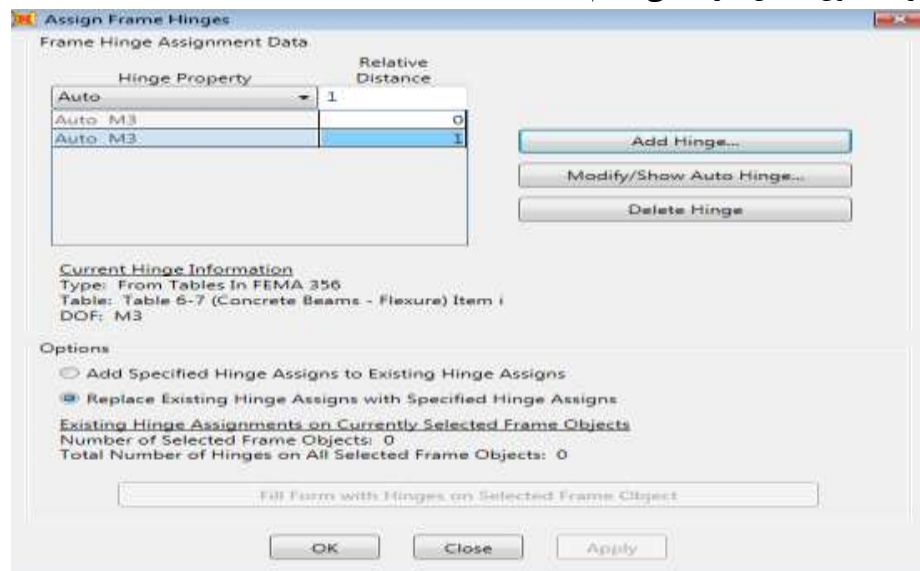
$$B = 4 / [5.6 - \ln(100\beta)]$$

برای نسبت میرایی ۵ درصد مقدار B واحد است.

۷-۴ معرفی مفصل پلاستیک

۷-۴-۱ معرفی مفصل پلاستیک برای ستون ها :

ابتدا تمامی ستون ها را select میکنیم ، سپس به منوی Assign/frame/hinges... میرویم و مطابق با شکل های زیر برای ستون مفصل تعریف می کنیم.



شکل (۷-۴): مشخصات مفصل پلاستیک برای ستون ها



ماهنامه علمی تخصصی پایا شهر



شکل (۴-۱۷): مشخصات مفصل پلاستیک برای ستون ها

۴-۷-۲ معرفی مفصل پلاستیک برای تیرها :

ابتدا تمامی تیر ها را select میکنیم ، سپس به منوی Assign/frame/hinges... میرویم و مطابق با شکل های زیر برای ستون مفصل تعریف می کنیم.

Hinge Property	Relative Distance
Auto	0.95
Auto M3	0.05
Auto M3	0.95

شکل (۴-۱۸): مشخصات مفصل پلاستیک برای تیر ها



ماهنامه علمی تخصصی پایا شهر



شکل (۴-۱۹): مشخصات مفصل پلاستیک برای تیر ها

۴-۸ دو خطی کردن منحنی پوش آور

۴-۸-۱ روش چوپرا (مورد استفاده در روش پریستلی و پائولی)

همان طور که گفته شد در روش پریستلی-پائولی شیب ناحیه دوم دو خطی برابر صفر می باشد. طبق رابطه (۴-۱) داریم:

$$K_1 = \alpha K_0 = \frac{V_0 - V_y}{\Delta_m - \Delta_y} \xrightarrow{\alpha=0} V_0 = V_y$$

مطابق شکل (۴-۳) شیب الاستیک منحنی یا سختی اولیه منحنی دو خطی به صورت رابطه (۴-۶) می باشد. لازم به ذکر است که در روش پریستلی و پائولی سختی اولیه منحنی پوش آور (K_E) یا سختی اولیه منحنی دو خطی (K_0) یکی نمی باشد.

$$\begin{cases} K_0 = \frac{V_y}{\Delta_y} \Rightarrow K_0 = \frac{V_0}{\Delta_y} \\ V_0 = V_y \end{cases} \quad (۴-۶)$$

لذا طبق روش پریستلی-پائولی برش پایه تسلیم با برش پایه ماکزیمم حاصل از پوش آور برابر است. لذا داریم:

$$V_0 = V_y \rightarrow 0.75V_0 = 0.75V_y$$

در رابطه (۴-۶) مهمترین مجهول ما مقدار Δ_y می باشد. با مشخص شدن Δ_y سه نقطه منحنی دو خطی معلوم می شود. برای محاسبه K_0 همچنین می توان از طریف $0.75V_y$ و تغییر مکان متناظر با آن (Δ_1 نامگذاری می شود) شیب نمودار دو خطی را محاسبه نمود. حال می توان مقدار K_0 به صورت زیر محاسبه نمود:

$$\begin{cases} K_0 = \frac{V_y}{\Delta_y} \\ K_0 = \frac{0.75V_0}{\Delta_1} \end{cases} \Rightarrow \frac{0.75V_0}{\Delta_1} = \frac{V_0}{\Delta_y} \Rightarrow \Delta_y = \frac{4}{3} \Delta_1 \quad (۷-۴)$$

ضریب ناشی از شکل پذیری هم در روش چوپرا و هم در روش یانگ به صورت رابطه (۴-۸) محاسبه می شود:



ماهنامه علمی تخصصی پایا شهر



$$R_{\mu} = \frac{V_E}{V_y} = \frac{\Delta_E}{\Delta_y} \quad (8-4)$$

مقادیر مساحت‌های A_1 و A_2 طبق شکل (۷-۴) برابر است با:

$$A_1 = \frac{V_E \Delta_E}{2} \quad (9-4)$$

$$A_2 = \frac{V_y \Delta_y}{2} + \frac{(V_y + V_0)(\Delta_m - \Delta_y)}{2} \quad (10-4)$$

با توجه به برابر بودن V_0 با V_y در روش پریستلی و پائولی رابطه (۱۰-۴) به صورت رابطه (۱۱-۴) نوشته می‌شود.

$$A_2 = \frac{V_y \Delta_y}{2} + (V_0 \times (\Delta_m - \Delta_y)) \quad (11-4)$$

مطابق شکل (۶-۴) و (۷-۴) سختی الاستیک منحنی پوش‌آور (K_E) برابر Δ_s و Δ_E می‌باشد. ولی با توجه به مجهول بودن V_E و Δ_E از رابطه اول استفاده می‌شود. لذا مقدار K_E برابر رابطه (۱۲-۴) می‌باشد.

$$K_E = \frac{V_s}{\Delta_s} = \frac{V_E}{\Delta_E} \quad (12-4)$$

بر اساس نتایج تحلی پوش‌آور به راحتی می‌توان مقادیر V_s و Δ_s را با تشخیص اولین شکست در منحنی پوش‌آور بدست آورد. با استفاده از رابطه (۹-۴) و (۱۲-۴) و مساوی قرار دادن سطح زیر منحنی‌های دو خطی و الاستیک مقدار V_E و Δ_E به دست می‌آید.

$$V_E = K_E \Delta_E \quad (13-4)$$

$$\begin{cases} A_1 = A_2 \\ \frac{1}{2} V_E \Delta_E \Rightarrow A_2 = \frac{1}{2} V_E \Delta_E \end{cases} \quad (14-4)$$

دلیل نوشتن رابطه (۱۴-۴) این است که مقدار A_2 به راحتی با مشخص بودن Δ_y قابل محاسبه می‌باشد. از روابط (۱۳-۴) و (۱۴-۴) داریم:

$$A_2 = \frac{1}{2} K_E \Delta_E^2 \rightarrow \Delta_E = \sqrt{\frac{2A_2}{K_E}} \quad (15-4)$$

با مشخص شدن Δ_E مقدار V_E نیز از رابطه (۱۲-۴) محاسبه می‌شود. حال به سادگی می‌توان ضریب اضافه مقاومت (R_s) و ضریب ناشی از شکل‌پذیری (R_{μ}) را محاسبه و مقدار ضریب رفتار حاصل می‌شود.

$$R_{\mu} = \frac{V_E}{V_y} = \frac{\Delta_E}{\Delta_y}$$

$$\begin{cases} R_s = \frac{V_0}{V_s} \xrightarrow{V_0=V_y} R_s = \frac{V_y}{V_s} \\ R_{\mu} = \frac{V_E}{V_y} = \frac{\Delta_E}{\Delta_y} \end{cases} \Rightarrow R = R_s R_{\mu}$$

* لازم به ذکر است که فقط در روش پریستلی و پائولی که با استفاده از روش چوپرا منحنی دوخطی حاصل می‌شود مقدار V_0 برابر V_y می‌باشد و سختی ثانویه مساوی صفر می‌باشد.



ماهنامه علمی تخصصی پایا شهر

۴-۸-۲ روش یانگ (مورد استفاده در روش یانگ)

فلسفه کار این روش با پریستلی و پائولی یکی می‌باشد. تفاوت اصلی در شکل ظاهری منحنی دو خطی و شیب اولیه و ثانویه می‌باشد. مطابق روش چوپرا در اینجا نیز دنبال سه نقطه $(0,0)$ و (Δ_y, V_y) و (Δ_m, V_0) هستیم. پس از آن باید سطح زیر نمودار قسمت الاستیک را با سطح زیر منحنی دو خطی برابر قرار داده شود. در این حالت سختی اولیه منحنی دوخطی و منحنی پوش‌آور با هم برابر است (رابطه ۴-۱۶).

$$K_0 = K_E = \frac{V_s}{\Delta_s} = \frac{V_y}{\Delta_y} = \frac{V_E}{\Delta_E} \quad (16-4)$$

همان‌طور که ذکر شد ضریب ناشی از شکل‌پذیری، نسبت شکل‌پذیری، سطح زیر نمودار منحنی دوخطی (A_2) و سطح زیر نمودار الاستیک (A_1) به ترتیب از روابط زیر به دست می‌آید.

$$R_\mu = \frac{V_E}{V_y} = \frac{\Delta_E}{\Delta_y}$$

$$\mu = \frac{\Delta_m}{\Delta_y} \quad (17-4)$$

$$A_1 = \frac{V_E \Delta_E}{2}$$

$$A_2 = \frac{V_y \Delta_y}{2} + \frac{(V_y + V_0)(\Delta_m - \Delta_y)}{2}$$

مشابه روش قبل داریم:

$$\begin{cases} V_E = K_E \Delta_E \\ V_E = \frac{2A_1}{\Delta_E} \end{cases} \rightarrow \Delta_E = \sqrt{\frac{2A_1}{K_E}} \quad (18-4)$$

از طرفی می‌بایستی مساحت‌های A_1 و A_2 با هم برابر باشند:

$$\Delta_E = \sqrt{\frac{2A_2}{K_E}} \quad (19-4)$$

از رابطه (۴-۱۹) می‌توان نوشت:

$$V_E = K_E \Delta_y \quad (20-4)$$

از این به بعد محاسبات برعکس روش پریستلی و پائولی به صورت دستی قابل محاسب نمی‌باشد و حتماً باید از نرم‌افزارهای کمکی مانند اکسل کمک گرفته شود. پارامترهای V_0 و Δ_m از خروجی‌های نرم‌افزار قابل محاسبه می‌باشد. از طرفی سطح زیر منحنی دو خطی (A_2) با پوش‌آور برابر است. بدین منظور در نرم‌افزار اکسل به روش تبدیل سطح به دوزنقه‌های کوچک و جمع آن‌ها می‌توان به سادگی سطح زیر نمودار پوش‌آور را بدست آورد. سپس با استفاده از رابطه (۴-۲۰) و فرمول‌نویسی‌های مربوطه در محیط نرم‌افزار، با آزمون و خطا مقدار Δ_y را چنان می‌یابیم که مقدار V_y ، سطح زیر منحنی دوخطی با منحنی پوش‌آور برابر باشد. به عبارتی ابتدا مقدار Δ_y با توجه به مقدار آن نسبت به Δ_s حدس زده می‌شود $(\Delta_s < \Delta_y)$. پس از به-دست آوردن Δ_y و A_2 با توجه به روابط (۱۸)، (۱۹) و (۲۰) به ترتیب V_y ، Δ_E و V_E محاسبه می‌شود. از روی آن‌ها ضریب ناشی از شکل‌پذیری و ضریب اضافه مقاومت و در نهایت مقدار ضریب رفتار از حاصل ضرب آن‌ها حاصل می‌شود.



ماهنامه علمی تخصصی پایا شهر



$\frac{KL}{r} \geq 4.2 \sqrt{\frac{E}{F_{ye}}} = 4.2 \sqrt{\frac{2100000}{1.1 \times 2400}} = 118.45$								
۹ΔC	۷ΔC	۷ΔC	۵ΔC	۰/۲۵Δ	۰/۳	۹ΔC	۰/۵ΔC	مقطع قوطی

جدول (۴-۷): پارامترهای مدل سازی و معیارهای پذیرش ستون های تحت کشش طبق جدول (۴-۵) نشریه بهسازی

معیارهای پذیرش					پارامترهای مدل سازی			جزء/تلاش
اعضای غیراصلی		اعضای اصلی		کلیه اعضا	نسبت تنش پس ماند	تغییر شکل خمیری		
CP	LS	CP	LS	IO	c	b	a	
۷ΔT	۶ΔT	۵ΔT	۳ΔT	۰/۲۵ΔT	۱	۷ΔT	۵ΔT	ستون تحت کشش

جدول (۴-۸): مقاومت های کششی و فشاری مهاربندها

Section	A(cm ²)	Fe (Kg/cm ²)	F _{cr} (k)	φPn(ton)	T(ton)
BR100-8	۲۹.۴۴	۲۹.۴۴	۱۰۲۳.۲۲۹	۳۰.۱۲	۸۱.۲۵
BR80-6	۱۷.۷۶	۱۷.۷۶	۱۰۳۳.۳۸۳	۱۸.۳۵	۴۹.۰۲
BR60-6	۱۲.۹۶	۱۲.۹۶	۱۰۳۳.۳۸۳	۱۳.۳۹	۳۵.۷۷

جدول (۴-۹): مقاومت های کششی و فشاری ستون های مهاربندی

Section	A(cm ²)	Fe (Kg/cm ²)	F _{cr} (kg)	φPn(ton)	T(ton)
HE140B	۴۳.۰۰	۲۹۴۲.۵۸	۱۷۰۵.۹۰	۷۳.۳۵	۱۱۸.۶۸
HE160B	۵۴.۳۰	۳۷۷۳.۵۲	۱۸۳۹.۰۸	۹۹.۸۶	۱۴۹.۸۷

۴-۱۰ مدل سازی

۴-۱۰-۱ تعریف مصالح

مصالح مصرفی در این سازه فولاد CFS می باشد که تنش تسلیم آن ۲۸۵۰ کیلوگرم بر سانتی متر مربع و حداقل تنش نهایی ۳۵۰۰ کیلوگرم بر سانتی متر مربع می باشد.

۴-۱۰-۲ بارگذاری

- بار ثقلی و زنده در سازه LSF:

بار مرده دیوارهای پیرامونی برابر ۱۲۰ کیلوگرم بر متر است.

بار مرده سطحی نیز ۳۰۰ کیلوگرم بر مترمربع و بار زنده ۲۰۰ کیلوگرم بر مترمربع برای طبقات در نظر گرفته شده است.

- بار ثقلی و زنده در سازه St. 37:

بار مرده دیوارهای پیرامونی برابر ۱۰۰۰ کیلوگرم بر متر است.

بار مرده سطحی نیز ۳۰۰ کیلوگرم بر مترمربع و بار زنده ۲۰۰ کیلوگرم بر مترمربع برای طبقات و ۱۵۰ کیلوگرم بر مترمربع برای بام در نظر گرفته شده است.



ماهنامه علمی تخصصی پایا شهر



شکل (۴-۲۰): تعریف مشخصات مصالح در نرم افزار SAP2000

- بار زلزله:

محاسبه بار زلزله در کشور ایران بر اساس آئین نامه ۲۸۰۰ انجام می شود.

- طبقه بندی نوع زمین:

یکی از پارامترهای طراحی لرزه ای ساختمان، رده بندی ساختمان می باشد. در آیین نامه ایران رده بندی ساختمان و طبقه بندی نوع زمین به چهار گروه I, II, III, IV تقسیم بندی می شود. تیپ خاک مورد بررسی در این پژوهش از نوع خاک تیپ II می باشد.

- حرکت زمین و پهنه لرزه خیزی زمین

اثر حرکت زمین در آیین نامه ها بر اساس طیف طرح تعیین می شود. این طیف منعکس کننده اثر حرکت زمین است که به پارامترهایی وابسته می باشد. این پارامترها در هر آیین نامه متفاوت است. در آیین نامه ایران برای تعیین اثر حرکت زمین برای زلزله پارامترهای نسبت شتاب مبنای طرح، و ضریب بازتاب ساختمان باید مورد بررسی قرار گیرد. برای تعیین پهنه لرزه خیزی زمین، نقشه هایی از پهنه بندی نرخ رویداد زمین لرزه ها و بزرگ ترین زمین لرزه های رخ داده برای کل گستره ایران تهیه می شود. این متغیرها به ترتیب بیان کننده شمار زمین لرزه های رخ داده در سال در پهنه ایران است و بر پایه پهنه بندی آنها می توان مناطق مختلف با فعالیت های لرزه ای متفاوت را از یکدیگر جدا کرد. A شتاب مبنای طرح است و معرف نسبت شتاب زلزله احتمالی به شتاب ثقل می باشد. استاندارد ۲۸۰۰ زلزله، ایران را در ۴ منطقه لرزه خیزی معرفی می کند و برای هر کدام شتاب مبنای طراحی را ارائه می دهد.



ماهنامه علمی تخصصی پایا شهر

- ضریب اهمیت سازه:

ضریب اهمیت سازه در واقع سطح عملکرد ساختمان را نشان می دهد. سطح عملکرد سازه‌ها با توجه به اهمیت ساختمان ارزیابی می شود. هر چه سازه از اهمیت بیشتری برخوردار باشد، مقدار عددی این ضریب بزرگتر است. این ضریب در محاسبه ضریب زلزله مستقیماً دخیل می باشد. علت استفاده از ضریب اهمیت I، در اصلاح سطح نیروی طراحی متناظر با سطح عملکرد مورد نیاز سازه است. در تحلیل های غیر خطی توزیع خرابی و سطح عملکرد مفاصل پلاستیک قابل بررسی است، اما در تحلیل های خطی با توجه به آن که پاسخ های غیر الاستیک سیستم دیده

نمی شود، آیین نامه از طریق این ضریب، موضوع سطح عملکرد را غیر مستقیم پشتیبانی می کند و کاربرد های مختلف را در ۴ گروه اهمیت معرفی کرده است.

جدول (۴-۱۰): مناطق لرزه خیزی زمین و شتاب مبنای طرح مطابق با آیین نامه ایران

منطقه	توصیف	نسبت شتاب مبنای طرح به شتاب ثقل
۱	پهنه با خطر نسبی خیلی زیاد	۰/۳۵
۲	پهنه با خطر نسبی زیاد	۰/۳
۳	پهنه با خطر نسبی متوسط	۰/۲۵
۴	پهنه با خطر نسبی کم	۰/۲

جدول (۴-۱۱): ضریب اهمیت سازه در آیین نامه ایران

آیین نامه ایران		
ضریب اهمیت	طبقه بندی ساختمان	
۱/۴	گروه با اهمیت بسیار زیاد	۱
۱/۲	گروه با اهمیت زیاد	۲
۱	گروه با اهمیت متوسط	۳
۰/۸	گروه با اهمیت کم	۴

- محاسبه ضریب زلزله در آیین نامه ایران-۲۸۰۰:

قاب های مورد بررسی در این پژوهش، با اهمیت بسیار زیاد در نظر گرفته شده است. بار گذاری زلزله بصورت تعریف برش پایه $V=CW$ است که در آن W مجموع وزن بار مرده و درصدی از بار زنده است. مطابق جدول ۳-۱ آیین نامه مذکور درصد مشارکت بار زنده برابر ۲۰٪ است.

ضریب برش پایه (ضریب C) به صورت زیر قابل تعریف است:

که در آن A نسبت شتاب مبنای طرح است. قاب در منطقه با خطر نسبی زیاد فرض شده است و طبق آیین نامه ۲۸۰۰ مقدار شتاب مبنای طرح آن برابر ۰/۳ می باشد.

ضریب I، ضریب اهمیت قاب است. این قاب با اهمیت بسیار زیاد تلقی می شود (گروه ۱) و بر این اساس ضریب اهمیت برابر ۱ می باشد.

B، ضریب بازتاب ساختمان است و به نوع خاک و زمان تناوب اصلی سازه بستگی دارد.



ماهنامه علمی تخصصی پایا شهر

ضریب R ، ضریب رفتار ساختمان است. این ضریب نشان دهنده میزان جذب انرژی در زلزله است که به نوعی نشان دهنده نسبت تغییر مکان نهایی تحت زلزله به تغییر مکان اولین تسلیم در سازه است. مقدار ضریب R از آئین نامه ۲۸۰۰، بر اساس نوع جنس اسکلت (بتنی یا فلزی) و نوع تأمین جذب انرژی در آنها (قاب ویژه، متوسط یا معمولی) تعیین می شود.

– ضریب بازتاب ساختمان (B):

ضریب بازتاب ساختمان بیانگر نحوه پاسخ ساختمان به حرکت زمین است. این ضریب با استفاده از روابط زیر و در نظر داشتن مقدار تناوب ساختمان و تیپ خاک به دست می آید.

$$B = B_1 N$$

در این رابطه B_1 ضریب شکل طیف و N ضریب اصلاح طیف است.

ضریب شکل طیف B_1 با در نظر گرفتن بزرگنمایی خاک در پروده های مختلف و میزان لرزه خیزی منطقه مشخص میشود. این ضریب با استفاده از روابط زیر تعیین می گردد.

$$B_1 = S_0 + (S - S_0 + 1) (T / T_0) \quad 0 \leq T \leq T_0$$

$$B_1 = S + 1 \quad T_0 \leq T \leq T_s$$

$$B_1 = (S + 1) (T_s / T) \quad T \geq T_s$$

S_1, S, T_s, T پارامترهایی هستند که به نوع زمین و میزان خطر لرزه خیزی منطقه وابسته اند.

ضریب اصلاح طیف N ، به شرح زیر تعیین می شود:

الف- برای پهنه های با خطر نسبی خیلی زیاد و زیاد:

$$N = 1 \quad T < T_s$$

$$N = 1 + \frac{0.7(T - T_s)}{4 - T_s} \quad T_s < T < 4sec$$

$$N = 1.7 \quad 4sec < T$$

ب- برای پهنه های با خطر نسبی متوسط و کم:

$$N = 1 \quad T < T_s$$

$$N = 1 + \frac{0.4(T - T_s)}{4 - T_s} \quad T_s < T < 4sec$$

$$N = 1.4 \quad 4sec < T$$

جدول (۴-۱۲): پارامترهای مربوط به روابط ضریب بازتاب

خطر نسبی زیاد و خیلی زیاد		خطر نسبی کم و متوسط		T_s	T_0	نوع زمین
S_0	S	S_0	S			
۱	۱/۵	۱	۱/۵	۰/۴	۰/۱	I
۱	۱/۵	۱	۱/۵	۰/۵	۰/۱	II
۱/۱	۱/۷۵	۱/۱	۱/۷۵	۰/۷	۰/۱۵	III
۱/۱	۱/۷۵	۱/۳	۲/۲۵	۱	۰/۱۵	IV

– زمان تناوب ساختمان (T):

زمان تناوب اصلی نوسان بسته به مشخصات سازه و ارتفاع آن از تراز پایه با استفاده از روابط تجربی زیر حاصل می گردد.

الف: برای ساختمان های با سیستم قاب خمشی:

در قاب های فولادی:

$$T = 0.08(h)^{0.75}$$



ماهنامه علمی تخصصی پایا شهر

$$T = 0.05(h)^{0.9}$$

درقاب های بتن مسلح:

$$T = 0.08(h)^{0.75}$$

ب: برای ساختمان های با سیستم مهاربندی واگرا،

$$T = 0.05(h)^{0.75}$$

پ: در سایر سیستم ها:

بکارگیری این سیستم در مناطق لرزه

خیز با خطر نسبی بسیار زیاد (مطابق آئین نامه ۲۸۰۰ ایران) مجاز نمی باشد. در مناطق با خطر نسبی کم، متوسط و زیاد (مطابق آئین نامه ۲۸۰۰ ایران) استفاده از این سیستم سازه ای به عنوان قاب ساختمانی ساده به همراه دیوار برشی بتن آرمه حداکثر در پنج طبقه یا ارتفاع ۱۸ متر از تراز پایه مجاز دانسته است. تولید آن در ایران هنوز رواج چندانی نیافته است. استفاده از این سیستم در مناطق با خطر نسبی کم، متوسط و زیاد (مطابق آئین نامه ۲۸۰۰ ایران) تا حداکثر دو طبقه یا ارتفاع ۷/۲۰ متر از تراز پایه، با اجرای مهار بندی قطری مجاز است.

محاسبات لرزه ای مدل:

$$T = 0.05H^{0.75} = 0.05 \times 12^{0.75} = 0.322$$

$$T_0 = 0.1, T_s = 0.5, S = 1.5, S_1 = 1.1$$

$$T = 0.322 \text{ Sec} < T_s = 1 \text{ Sec}$$

$$T_s < B_1 = (S+1) = (1.5+1) = 2.5 \quad T$$

$$N = 1 \quad T_s > T$$

$$B = B_1 N = 2.5 \times 1 = 2.5$$

$$C = \frac{ABI}{R} = \frac{0.3 \times 2.5 \times 1}{3.5} = 0.21$$

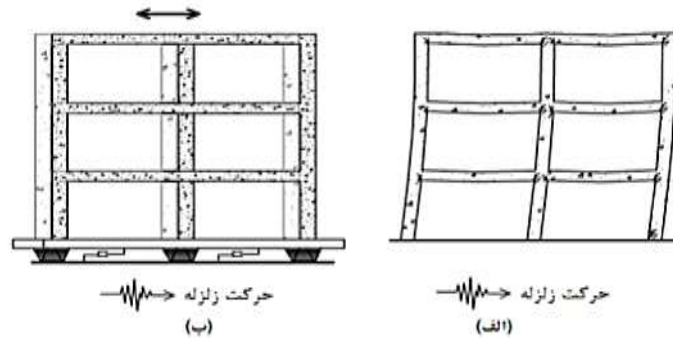
$$K = 1$$

۲- جداسازی لرزه ای

جداسازی پایه یکی از تمهیدات عملی مهم در طرح مقاوم لرزه ای سازه ها است که در سالیان اخیر به عنوان یک فن آوری کامل و کارا تشخیص داده شده است. در نتیجه از این ایده می توان برای توسعه عملکرد لرزه ای ساختمان های مهم و حساس از قبیل مدارس، بیمارستان ها، مراکز ارتباط جمعی و مراکز اضطراری، اداره های پلیس و ایستگاه های آتش نشانی، در زمانی که به آنها نیاز است یعنی بلافاصله پس از وقوع زلزله، استفاده نمود. انتخاب سیستم جداساز مناسب برای یک کاربرد خاص بستگی به آن دارد که کدامیک از مقادیر پاسخ در طراحی مانند برش پایه، تغییر مکان پایه، هزینه، کنترل برش ها در حرکات زمین لرزه، بحرانی تر است. در سازه های جداسازی شده پایه، با تعبیر یک سطح انعطاف پذیر مابین فونداسیون و سازه از انتقال تمام حرکات زمین لرزه به سازه پیشگیری می گردد. بنابراین سیستم جداسازی ضمن جذب بخشی از انرژی ورودی ناشی از زمین لرزه، پریود ارتعاشی اصلی سازه را به مقدار بزرگ تری تغییر می دهد همچنین مقدار نیرویی را که می تواند به روسازه منتقل شود محدود کرده و تغییر مکان نسبی میان طبقه و شتاب های طبقات را به شدت کاهش می دهد. فرکانس سازه های جداسازی شده پایه ای بسیار پایین تر از فرکانس های اصلی زمین لرزه ها می باشد، لذا عمل جداسازی پایه از نقطه نظر مقاومت در برابر زلزله، یک سیستم سازه ای انعطاف پذیرتر و مناسب تر را به وجود می آورد. جداساز لرزه ای عبارتست از جداساز کل یا بخشی از سازه از زمین یا قسمت های دیگر سازه به منظور کاهش پاسخ لرزه این آن بخش در زمان رویداد زلزله [۱۷].



ماهنامه علمی تخصصی پایا شهر



شکل(۱): رفتار سازه الف) بدون سامانه‌ی جداساز لرزه ای، ب) به همراه سامانه‌ی جداساز لرزه ای

۳- عملکرد جداسازی لرزه ای

در جداسازی لرزه ای کل یا بخشی از سازه برای کاهش پاسخ لرزه ای آن بخش در زلزله از زمین یا قسمت های دیگر سازه جدا می شود. این کار با استفاده از جداسازهایی که بر اساس مشخصات دینامیکی سازه، اهداف عملکردی مورد نظر طرح و شرایط خطر لرزه ای ساختگاه، طراحی و ساخته شده اند صورت می گیرد. وظیفه ی اصلی این جداسازها ایجاد فاصله بین دوره ی تناوب طبیعی سازه و محدوده ی دوره ی تناوب حاکم در ارتعاش زمین لرزه احتمالی در محل سازه ی مورد نظر است. علاوه بر این، انرژی ارتعاشی ناشی از زلزله نیز با کمک سازو کارهای مختلفی جذب شده و از انتقال آن به سازه جلوگیری می گردد. جداساز سامانه ای است که سازه روی خود را از بخش زیرین خود جدا می کند. برای اینکه در زمان بروز زلزله هیچ نیرویی به سازه منتقل نشود، لازم است این سامانه، سازه را به حالت شناور در آورد. این امر با توجه به نیاز به کنترل تغییر مکان های نسبی جانبی در زمان تحریک زلزله از نظر اجرایی درست و امکان پذیر نیست. دو گروه اصلی از جداسازهای لرزه ای برای کنترل نیروی منتقل شده به روسازه در ساختمان ها استفاده می شوند [۱۸].

الف - استفاده از جداسازهای لاستیکی برای افزایش دوره تناوب طبیعی سازه

ب- استفاده از جداسازهای اصطکاکی و کنترل حداکثر نیروی منتقل شده به روسازه و استهلاک انرژی در محل جداساز. جداسازها باید مقاومت لازم برای تحمل وزن سازه روی خود را داشته باشند. در عین حال جداسازهای لاستیکی باید در جهت افقی به اندازه ی کافی نرم باشند. در زمان طراحی توجه به این نکته ضروری است که با نرم تر شدن جداسازها، تغییر مکان نسبی بین زمین و سازه افزایش می یابد. به این ترتیب تغییر مکان نسبی تراز جداسازی و پاسخ شتاب سازه همواره با هم نسبت عکس دارند. در این شرایط با انتخاب سازو کار استهلاک انرژی مناسب در سامانه ی جداسازی لرزه ای می توان هم به کاهش مورد نیاز در شتاب مجموعه دست پیدا کرد و هم میزان تغییر مکان نسبی ذکر شده را در محدوده ی مورد نظر طراحی نگاه داشت. به این ترتیب، از جداسازها، قابلیت تحمل بار، تغییر مکان های زیاد و بازگشت به محل اولیه پس از پایان رفتن زلزله انتظار می رود. در جداسازهای اصطکاکی ضریب اصطکاک مناسب عامل کنترل نیروی انتقالی به روسازه و همچنین کنترل تغییر مکان جانبی سازه خواهد بود. از سوی دیگر این نوع جداسازها ممکن است باعث انتقال ارتعاشات با فرکانس های نسبتاً زیاد به سازه گردند [۱۷].

۴- انواع جداسازهای لرزه ای

به طور کلی جداسازهای لرزه ای را می توان به دو دسته ی جداسازهای لاستیکی و جداسازهای اصطکاکی تقسیم بندی کرد.



ماهنامه علمی تخصصی پایا شهر

۴-۱- جداسازهای لاستیکی

۴-۱-۱- جداسازهای لاستیکی با ورقه های فولادی

جداسازهای لاستیکی با ورقه های فولادی یکی از جداسازهایی هستند که نیاز به انتقال دوره ی تناوب طبیعی سازه و وظیفه ی جدا نمودن ارتعاش روسازه از بستر خود را برای مهندسان و طراحان برآورد می کنند. جداسازهای لاستیکی با ورقه های فولادی از ورقه های نازک لاستیکی و فولادی که به ترتیب بر روی هم چیده شده و تحت فشار و حرارت به شکل مجموعه ای متورق و یکپارچه در می آیند تشکیل شده اند [۱۹].

۴-۱-۲- جداسازهای لاستیکی با هسته ی سربی

این جداساز شامل یک هسته ی سربی است که در داخل جداساز لاستیکی محصور شده است. همان طور که ذکر شد. جداسازهای لاستیکی قادر به تامین میرایی زیاد و جذب انرژی مناسب نیستند. هسته ی سربی در جداسازهای لاستیکی با تسلیم شدن در زمان ارتعاش، میزان میرایی را از حدود ۳ درصد میرایی بحرانی در جداسازهای لاستیکی به چیزی در حدود بیش از ۱۰ درصد می افزاید. همچنین هسته ی سربی با تامین سختی اولیه ی کافی، سازه ی جداسازی شده را در برابر بارهای جانبی ضعیف مانند باد یا زلزله های خفیف مقاوم می کند [۲۰].

۴-۲- جداسازهای اصطکاکی

در این نوع از جداسازی، روسازه اجازه می یابد تا در زمان رخداد زلزله های نسبتا بزرگ بر روی جداساز بلغزد. سازه به محض تجاوز نیروی برشی در طبقه ی جداسازی شده از میزان نیروی اصطکاکی در نظر گرفته شده برای جداسازها بر روی آن ها شروع به لغزش می کند و به این ترتیب از ارسال نیروهای لرزه ای بزرگ به سازه جلوگیری می شود. در این حال نیروی اصطکاکی به وجود آمده در جداسازها در مقابل نیروی محرک زلزله عمل کرده و انرژی جنبشی را مستهلک می کند. در مواردی که از این نوع جداسازها به تنهایی استفاده می شوند، سامانه ی جداسازی به محتوای فرکانسی موجود در ارتعاش تحریک حساس نبوده و موجب تشدید مولفه ی خاصی از آن نیز نمی گردد. در این حالت شتاب اعمال شده به سازه در طی ارتعاش را کاهش داد. برای کاهش میزان اصطکاک موادی مانند تفلون و فولاد استیل کارایی قابل توجهی در این گونه جداسازها از خود نشان داده اند. هرچند کاهش ضریب اصطکاک به هر میزان دلخواه به معنای افزایش تغییر مکان به وجود آمده در تراز جداسازی است.

۴-۳- جداسازهای الاستیک اصطکاکی

این جداسازها شامل چندین لایه ی اصطکاکی پوشیده شده با تفلون است که با هم و با یک هسته ی لاستیکی در تماس هستند. هسته ی مرکزی لاستیکی نیروی بازگرداننده را در مجموعه به وجود می آورد و اصطکاک بین صفحات باعث از بین رفتن انرژی ارتعاشی می گردد.

۴-۴- جداسازهای اصطکاکی پاندولی

نیروی بازگرداننده در این جداسازها توسط جاذبه ی زمین و وزن سازه تامین می شود. بخش داخلی این جداساز از یک سطح مقعر فولاد استیل تشکیل شده است که یک قطعه ی فولادی با مقاومت زیاد و اصطکاک کم بر روی آن حرکت می کند [۱۷].

۵- شرایط امکان پذیری جداسازی لرزه ای

اگر شرایط زیر وجود داشته باشد آنگاه معمولا سازه ها برای جداسازی لرزه ای مناسب اند:
} خاک زیرین باعث حاکم شدن حرکت زمین با زمان تناوب طولانی نشود.



ماهنامه علمی تخصصی پایا شهر

سازه دو طبقه یا بیشتر باشد (یا به طور غیر معمول سنگین باشد)

منطقه اجازه ۶ اینچ جابجایی افقی در قسمت کف را بدهد.

ساختمان نسبتاً کوتاه و حجیم باشد. و بارهای جانبی باد

دیگر بارهای غیر لرزه‌ای تقریباً کمتر از ۱۰ درصد وزن سازه باشند [۲۱].

۶- اجزای اصلی سیستم های جداگر لرزه ای

سه جز اساسی را می توان در هر سیستم عملی برای جداسازی ضد زلزله مشاهده کرد که به شرح زیر می باشد:

یک تکیه گاه انعطاف پذیر، به نحوی که زمان تناوب ارتعاش کل سیستم را به مقدار کافی طولانی کند تا باعث کاهش نیروی پاسخ شود.

یک میرا کننده یا تلف کننده انرژی، به نحوی که بتوان تغییر شکل های نسبی بین ساختمان و زمین را در یک حد طراحی عملی کنترل کرد.

ابزاری برای تامین صلابت تحت اثر بارهای کم (خدمت)، نظیر باد و زلزله های کوچک [۲۲].

۷- خصوصیات فنی جداگرهای لرزه ای

۷-۱- انعطاف پذیری

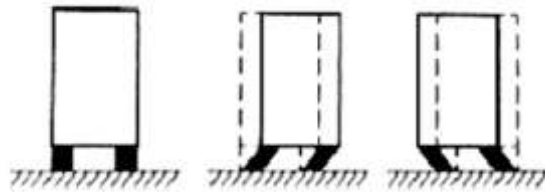
با افزایش ضخامت تکیه گاه می توان به انعطاف پذیری و زمان تناوب بیشتر دست یافت. در حالی که انعطاف پذیری جانبی زیاد ممکن است مطلوب باشد، انعطاف پذیری قائم اضافی خوشایند نیست. صلابت قائم را می توان با ساختن تکیه گاه لاستیکی (شکل ۲) به صورت لایه لایه و قرار دادن ورقهای فولادی در بین لایه ها حفظ کرد. ورق های فولادی که به لایه های لاستیکی متصل می شوند جلوی تغییر شکل جانبی آنها را در اثر بار قائم می گیرند. در نتیجه سفتی قائم تکیه گاه چند صد برابر سفتی جانبی آن بوده و از نظر مرتبه مشابه سفتی ستون های ساختمان های مرسوم است (شکل ۳) [۲۳].



شکل (۲): روش های فولادی در تکیه گاه های الاستومری



ماهنامه علمی تخصصی پایا شهر



شکل (۳): سختی جانبی کم نسبت به سختی قائم

در صورت افزایش زیاد زمان تناوب ارتعاش سازه، امکان کاهش بسیار زیاد برش پایه وجود دارد. به علاوه انعطاف پذیری اضافی که برای طولانی تر کردن زمان تناوب سازه ضروری است باعث افزایش تغییر مکان‌های نسبی در تکیه گاه های انعطاف پذیر خواهد شد.

۷-۲- تاثیر آن بر شتاب و جابجایی

انرژی ورودی از یک زمین لرزه با توان دوم سرعت رابطه مستقیم دارد. اجرا و پیاده سازی جداسازهای لرزه ای در آیین نامه‌ها بر این فرض استوار است که برای فرکانسهای میانی (برای دوره تناوب بین ۰.۵ و ۴ ثانیه) انرژی ورودی ثابت میباشد و بنا براین سرعت نیز ثابت است و آیین نامه های طراحی نظیر آیین نامه UBC و NZS ۴۲۰۳ با این فرض عمل میکنند. برای یک مقدار سرعت ثابت، جابجایی متناسب با پیوند سازه میباشد ولی شتاب رابطه معکوس با پیوند دارد. به این معنی که اگر پیوند ۲ برابر شود، جابجایی سازه نیز ۲ برابر میشود، ولی شتاب نصف خواهد شد [۲۳].

۷-۳- ساختمان های بلند

به دلیل نسبی بودن مفاهیم بلندی و اندازه و متغیر بودن این مفاهیم در طول زمان و در زمان‌های مختلف، نمی‌توان تعریف دقیقی از ساختمان های بلند ارائه داد. همچنین تعریف دقیق انواع ساختمان بلند، ساختمان بلند مرتبه و آسمان خراش، به دلیل نسبی بودن معیارها، امکان پذیر نمی‌باشد. با وجود عدم اتفاق نظر در تعریف این سه نوع از ساختمان های بلند، آنچه که مشخص است ارتفاع زیاد هر سه مورد می باشد که در میان این سه نیز آسمان خراش ها بلندتر از دو گروه دیگر می‌باشند. ساختمان‌ها، از نظر تعداد طبقات و نحوه قرارگیری بر زمین، به صورت زیر دسته بندی می‌شوند:

۸- دسته بندی کلی

آ- ساختمان های یک و دو طبقه، ب- ساختمان های سه و چهار طبقه و پ- ساختمان های بیش از چهار طبقه تا ارتفاع ۲۳ متر و ت- ساختمان های با ارتفاع بیش از ۲۳ متر.

۸-۱- گروه بندی جزئی

آ- ساختمان های یک و دو طبقه :

گروه ۱: ساختمان های ردیفی و متصل؛

گروه ۲: ساختمان های مجزا و منفصل؛

گروه ۳: ساختمان های ترکیبی با الگوی حیاط مرکزی [۲۴].

ب- ساختمان های سه و چهار طبقه :

گروه ۴: ساختمان های ردیفی و منفصل؛

گروه ۵: ساختمان های مجزا و منفصل.



ماهنامه علمی تخصصی پایا شهر

پ- ساختمان های بیش از چهار طبقه تا ۲۳ متر ارتفاع :

گروه ۶: ساختمان های ردیفی و متصل

گروه ۷: ساختمان های مجزا و منفصل

ت- ساختمان های بلند

گروه ۸: ساختمان های بیش از ۲۳ متر ارتفاع

از نظر مهندسی سازه ساختمان های بلند، طراحی و پیاده سازی ساختمان در جهت تحمل نیروهای جانبی ناشی از باد و زلزله است که تأثیر این نیروها در ارتفاع بالا (حدود ۲۳ متر) بر سازه بیشتر است؛ اما از نظر معماری نسبت ارتفاع به عرض حداقل ۱۴.۳ است.

از بعد منظر شهری، مشکل اساسی ساختمان های بلندمرتبه در ایران، عدم انعطاف تعریف و توجه خاص به ارتفاع آنها است. براساس مصوبه سال ۱۳۷۷ شورای عالی معماری و شهرسازی ایران، ساختمان بلندمرتبه به ساختمان های بالای ۶ طبقه و در طرح جامع تهران، مصوب سال ۱۳۸۶، به بناهای بالای ۱۲ طبقه اطلاق شده است. این در حالی است که برج علاوه بر ارتفاع، دارای معانی نسبی دیگری است که باید در برنامه ریزی ها به آن توجه شود. به همین دلیل، تعریف ساختمان های بلند می تواند ترکیبی از متغیرهای کمی و کیفی باشد. به طور مثال تعریف ساختمان های بلند در برخی مناطق انگلستان براساس ارتفاع، تأثیرگذاری بر محیط اطراف یا تأثیر بر خط آسمان است. اگر بنایی یکی از این شرایط را داشته باشد؛ ساختمان، بلندمرتبه محسوب میشود. با این تعریف، یک ساختمان با ارتفاع متوسط هم به شرط تأثیرگذاری بر خط آسمان یا محیط اطراف، میتواند تابع ضوابط بلندمرتبه سازی باشد. انجمن ساختمان های بلند و زیستگاه شهری آمریکا (CTBUH) بیان میکند: هیچ تعریف قطعی و دقیقی برای ساختمان بلند وجود ندارد. یک ساختمان بلند ساختمانی است که برخی از عناصر و خصوصیات بلند بودن را ارائه دهد و از یک یا چند نمونه از خصوصیات که بیان میشود، پیروی کند.

• نسبت ارتفاع به مساحت

• تناسب و قرینه

• فن آوری ساختمان های بلند [۲۵].

۹- زلزله

تنش یا امواج لرزه‌ای در اثر آزاد شدن ناگهانی انرژی به علت گسیختگی ایجاد می‌شوند. گسیختگی‌های تنش در عمق چندین کیلومتر از سطح زمین رخ می‌دهند و در این اعماق به علت بارهای فشاری ناشی از مصالح رویی آن، تنش های ایجاد شده معمولاً به صورت تنش های برشی متجلی می‌شود خواص امواج زلزله با عبور از لایه‌های مختلف خاک دچار تحولاتی می‌گردد که تأثیر این لایه‌ها بر روی امواج زلزله ممکن است به صورت کاهش یا افزایش باشد. به عبارت دیگر لایه‌های خاک سطحی زمین می‌تواند با کاهش دامنه لرزش، تأثیر زلزله بر محیط را کمتر نموده و یا با ایجاد پدیده تشدید باعث افزایش دامنه لرزش شده و خسارات فراوانی به وجود آورد [۲۶]. زلزله یکی از نیروهایی است که رفتار شناخته شده ای ندارد، طبق تعریف لرزش زمین که در اثر عبور امواج لرزه‌ای ایجاد می‌شود، زلزله نامیده می‌شود، به طوری که می‌توان گفت زلزله حالت خاصی از تغییر شکل توده‌های سنگی است که در آن پدیده های گسیختگی در مقیاس متفاوت رخ می‌دهد، عامل ایجاد امواج لرزه‌ای پاسخ زمین به انرژی‌های اندوخته می‌باشد اجسام در برابر نیرو تا حد الاستیک مقاومت کرده و انرژی را در خود ذخیره می‌کنند اما با افزایش تنش در بیش از حد الاستیک، سنگ می‌شکند و امواج لرزه ای را آزاد می‌کند و بعد به شکل اولیه خود برمی‌گردند، اگر این نیرو در اعماق به سنگ وارد شود سنگ خاصیت شکل پذیر از خود نشان می‌دهد. جریان‌های حیاتی در واقع خطوط ارتباطی جوامع مختلف بشری هستند، مواردی چون جاده‌ها، اتوبان‌های بین شهری، مترو، کانال‌ها، لوله‌های آب، فاضلاب، نفت و گاز، مجاری کابل‌های مخابراتی و برق و غیره را می‌توان تحت این نام قرار داد که همه آن‌ها برای دوام سطح مطلوب زندگی



ماهنامه علمی تخصصی پایا شهر

امروزی که جمعیت شهری است، اساسی می‌باشند و نقش حیاتی این شریان‌ها در اقتصاد امروزی ما در هزاران کیلومتر خطوط لوله کار گذاشته شده و همچنین هزاران کیلومتر جاده‌ها و اتوبان‌ها در مناطق مختلف کشور بازتاب می‌یابد، این سیستم‌ها با خاک (زمین) در ارتباط مستقیم بوده و اکثراً به صورت مدفون در زیرزمین هستند و زلزله به عنوان عامل ویرانگر سازه‌ها بر روی آن‌ها اثر مستقیم دارد [۲۷].

۱۰- انواع زمین لرزه

زلزله‌ها از دید جهت آزاد شدن انرژی به دوگونه افقی و عمودی تقسیم‌بندی می‌شوند. خرابی‌های عمده و وسیع معمولاً بر اثر زلزله‌هایی از نوع افقی صورت می‌پذیرند. چرا که اغلب بناها در برابر بارهای عمودی مقاومت کافی دارند. علاوه بر این، عوامل مختلف دیگری نیز باعث ایجاد لرزش در زمین می‌گردند که عبارتند از:

۱-۱۰- زمین لرزه های فروریختی

بر اثر فروریختن غارها و کانالهای زیرزمینی، لرزه‌هایی ایجاد می‌شود که به نام زمین لرزه‌های فروریختی موسومند. این تکانها همواره بسیار کوچکند و تنها اهمیت محلی دارند.

۲-۱۰- زلزله های آتشفشانی

این زلزله‌ها فقط در نواحی فعال آتشفشانی اتفاق می‌افتد و به انفجارهای آتشفشانی نیز معروف است.

۳-۱۰- زمین لرزه های القایی

بر اثر آگیری یا تغییرات ناگهانی سطح آب دریاچه‌های پشت سدها، تزریق آب یا سیالهای دیگر به داخل زمین و یا استخراج آنها، مخصوصاً در جاهایی که گسل‌های فعال وجود دارد، زمین لرزه‌هایی ایجاد می‌شود. در واقع دلیل اصلی این لرزه‌ها را می‌توان بارگذاری سریع بر روی زمین و یا برداشتن ناگهانی بار زیادی از روی آن ذکر کرد. این لرزه‌ها به نام القایی موسومند. لرزه‌های ناشی از معادن نیز در این دسته قرار می‌گیرند.

۴-۱۰- زمین لرزه های ناشی از انفجارها

انفجارهای نظامی و صنعتی، همچنین آمد و شد و یا فعالیت‌های ساختمانی، نیز لرزه‌هایی را ایجاد می‌نمایند که شدت، زمان وقوع و محل آنها قابل پیش‌بینی است [۲۷].

۱۱- نتیجه گیری

جداسازی در ابتدا برای سازه‌های کوتاه مرتبه با رفتار روسازه نسبتاً صلب توسعه یافت، با این وجود، کاربرد آن در سازه‌های متوسط و بلند رو به افزایش است. در کشور ژاپن از زمان زلزله سال ۱۹۹۵ کوبه تاکنون، استفاده از جداسازی لرزه‌ای در سازه‌های بلند مرتبه محبوبیت فزاینده‌ای داشته است. تا به امروز، در حدود ۲۰۰ سازه بلند مرتبه جداسازی شده با ارتفاعی بین ۹۰ تا ۱۸۰ متر، در ژاپن ساخته شده است که بیشتر آنها ساختمان‌های مسکونی بتنی هستند. با این وجود، این استراتژی هنوز در بیشتر نقاط جهان غیر معمول است. در حالی که سازه‌های بلند، خود دارای پرپود بلند و در نتیجه شتاب ورودی اندکی است، افزودن جداساز به آنها می‌تواند دریافت بین طبقه‌ای و شتاب کف را به مقدار چشمگیری کاهش داده و از محتویات ساختمان به خوبی حفاظت کند. به این ترتیب، ساختمان‌های بلندمرتبه می‌توانند حین زلزله به صورت کامل قابلیت استفاده خود را حفظ نموده و بلافاصله پس از زلزله قابل اسکان باشند.



- [1]. Perotti, F., Domaneschi, M., & De Grandis, S. (2013). The numerical computation of seismic fragility of base-isolated Nuclear Power Plants buildings. *Nuclear Engineering and Design*, 262, 189-200.
- [2]. Falborski, T., & Jankowski, R. (2013). Polymeric bearings—a new base isolation system to reduce structural damage during earthquakes. In *Key Engineering Materials* (Vol. 569, pp. 143-150). Trans Tech Publications Ltd.
- [3]. De Domenico, D., & Ricciardi, G. (2018). Earthquake-resilient design of base isolated buildings with TMD at basement: application to a case study. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 113, 503-521.
- [4]. Nanda, R. P., Shrikhande, M., & Agarwal, P. (2016). Low-cost base-isolation system for seismic protection of rural buildings. *Practice Periodical on Structural Design and Construction*, 21(1), 04015001.
- [5]. Cancellara, D., & De Angelis, F. (2017). Assessment and dynamic nonlinear analysis of different base isolation systems for a multi-storey RC building irregular in plan. *Computers & Structures*, 180, 74-88.
- [6]. Lin, Y. S., Chan, R. W., & Tagawa, H. (2020). Earthquake early warning-enabled smart base isolation system. *Automation in Construction*, 115, 103203.
- [7]. Naderpour, H., Naji, N., Burkacki, D., & Jankowski, R. (2019). Seismic response of high-rise buildings equipped with base isolation and non-traditional tuned mass dampers. *Applied Sciences*, 9(6), 1201.
- [8]. Islam, A. S., Ahmad, S. I., Jameel, M., & Zamin, M. J. (2012). Seismic base isolation for buildings in regions of low to moderate seismicity: practical alternative design. *Practice Periodical on Structural Design and Construction*, 17(1), 13-20.
- [9]. Hoseini Vaez, S. R., Naderpour, H., & Barros, R. C. (2014, June). Influence of equivalent pulses of near fault ground motions on base-isolated RC structures. In *9th International Conference on Structural Dynamics (EURODYN 2014)*, Jun (pp. 2101-2106).
- [10]. Cameron, K., & Harcourt, M. (2009). *City making in paradise: Nine decisions that saved Vancouver*. D & M Publishers
- [۱۱]. دائمی، فرید، کارگر، حمیدرضا، ۱۳۹۸، تحلیل لرزه ای قاب خمشی فولادی ویژه با جداگر لرزه ای لاستیکی با در نظر گرفتن اثر اندرکنش خاک و سازه، چهارمین کنفرانس بین المللی پژوهشهای نوین در عمران، معماری، مدیریت شهری و محیط زیست، کرج، دانشگاه جامع علمی کاربردی - سازمان همیاری شهرداری ها و مرکز توسعه خلاقیت و نوآوری علوم نوی
- [۱۲]. موسوی راد، فرشته، ۱۳۹۷، نحوه توزیع انواع جداگرهای لرزه ای در ساختمانهای بلند، کنفرانس بین المللی عمران، معماری و مدیریت توسعه شهری در ایران، تهران، دانشگاه صنعتی مراغه با همکاری دانشگاه تبریز - دانشگاه شهید مدنی آذربایجان
- [۱۳]. حاصلی، سپیده، پورشاء، مهدی، ۱۳۹۷، بررسی پاسخهای لرزه ای ساختمان های جداسازی شده پایه تحت اثر زلزله های حوزه ی نزدیک گسل، نشریه مهندسی عمران امیرکبیر، دوره ۵۰، شماره ۳، سال ۱۳۹۷، صفحات ۵۹۷-۵۹۶.
- [۱۴]. واعظ، روح الله، نادیور، حسین، ۱۳۹۵، بررسی نحوه آرایش جداگرهای لرزه ای در ساختمان های کوتاه مرتبه، مجله مدلسازی در مهندسی، سال چهاردهم، شماره ۴۴، بهار ۱۳۹۵.
- [15]. Luco, J. E. (2014). Effects of soil–structure interaction on seismic base isolation. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 66, 167-177.
- [16]. Öncü-Davas, S., & Alhan, C. (2019). Reliability of semi-active seismic isolation under near-earthquakes. *Mechanical Systems and Signal Processing*, 114, 146-164.
- [17]. Li, J., Li, Y., Li, W., & Samali, B. (2013, April). Development of adaptive seismic isolators for ultimate seismic protection of civil structures. In *Sensors and Smart Structures Technologies for*



ماهنامه علمی تخصصی پایا شهر



- Civil, Mechanical, and Aerospace Systems 2013 (Vol. 8692, p. 86920H). International Society for Optics and Photonics.
- [18]. Quaranta, G., Marano, G. C., Greco, R., & Monti, G. (2014). Parametric identification of seismic isolators using differential evolution and particle swarm optimization. *Applied Soft Computing*, 22, 458-464.
- [19]. McVitty, W. J., & Constantinou, M. C. (2015). Property modification factors for seismic isolators: Design Guidance for Buildings. MCEER report, 15-0005.
- [20]. Hedayati Dezfuli, F., & Alam, M. S. (2017). Effect of different steel-reinforced elastomeric isolators on the seismic fragility of a highway bridge. *Structural Control and Health Monitoring*, 24(2), e1866.
- [21]. Di Sarno, L., Cosenza, E., & Pecce, M. R. (2007, May). Application of base isolation to a large hospital in Naples, Italy. In *Proceedings, 10th World Conference on Seismic Isolation, Energy Dissipation and Active Vibrations Control of Structures* (p. 12).
- [22]. Ozdemir, G., & Constantinou, M. C. (2010). Evaluation of equivalent lateral force procedure in estimating seismic isolator displacements. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 30(10), 1036-1042.
- [23]. Tan, P., Xu, K., Wang, B., Chang, C., Liu, H., & Zhou, F. (2014). Development and performance evaluation of an innovative low-cost seismic isolator. *Science China Technological Sciences*, 57(10), 2050-2061.
- [24]. Cameron, K., & Harcourt, M. (2009). *City making in paradise: Nine decisions that saved Vancouver*. D & M Publishers
- [25]. Taranath, B. S. (2016). *Structural analysis and design of tall buildings: Steel and composite construction*. CRC press.
- [26]. ساقی، حسن، زاهدی، سیف الله، ۱۳۹۵، بررسی تونل های متروی شهری تحت اثر زلزله با رویکرد تونل خط ۲ قطارشهری مشهد، سومین کنفرانس جامع مدیریت بحران و HSE دانشگاه تهران.
- [27]. Crooks, A., Croitoru, A., Stefanidis, A., & Radzikowski, J. (2013). # Earthquake: Twitter as a distributed sensor system. *Transactions in GIS*, 17(1), 124-147.