

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



دانشگاه آزاد اسلامی
واحد تهران مرکز

دانشکده فنی و مهندسی گروه عمران

پایان نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد (M.Sc)

گرایش: سازه

عنوان:

طراحی لرزه ای ساختمانهای بتنی مسلح چند طبقه به صورت تعمیر پذیر با بهره
گیری از حرکت گهواره ای و جذب انرژی در ستونهای تلسکوپی پیرامونی

استاد راهنما:

دکتر شهریار طاووسی تفرشی

استاد مشاور:

دکتر محمود حسینی

پژوهشگر:

طاها نکووقت تک

بهمن ۹۱

تقدیم به:

همسر مهربانم

تقدیر و تشکر:

ضمن سپاس بی کران خداوند رحمان، بر خود لازم می دانم بدین وسیله مراتب تشکر و سپاس خود را نسبت به راهنمائیهای ارزنده و زحماتی که استاد عزیز و ارجمندم جناب آقای دکتر محمود حسینی در زمینه پایان نامه متحمل نموده اند اعلام نمایم و همچنین از استاد گرامی و ارجمندم جناب آقای دکتر شهریار طاووسی تفرشی تشکر و قدردانی می نمایم. در پایان نیز از تمام عزیزانی که در انجام این تحقیق به طرق مختلف یاریگر و راهنمایم بودند، صمیمانه تشکر و سپاسگزاری می نمایم.

طاها نکووقت تک

زمستان-۹۱

تعهد نامه اصالت پایان نامه کارشناسی ارشد

اینجانب طاهای نکووقت تک دانش آموخته مقطع کارشناسی ارشد ناپیوسته به شماره دانشجویی ۸۸۰۸۳۸۵۰۴۰۰ در رشته مهندسی عمران (سازه) که در تاریخ ۱۳۹۱/۱۱/۲۳ از پایان نامه خود تحت عنوان: طراحی لرزه ای ساختمانهای بتنی مسلح چند طبقه به صورت تعمیر پذیر با بهره گیری از حرکت گهواره ای و جذب انرژی در ستونهای تلسکوپی پیرامونی با کسب نمره ۱۸ و درجه بسیار خوب دفاع نموده ام بدینوسیله متعهد می شوم :

- ۱- این پایان نامه حاصل تحقیق و پژوهش انجام شده توسط اینجانب بوده و در مواردی که از دستاوردهای علمی و پژوهشی دیگران (اعم از پایان نامه ، کتاب ، مقاله و...) استفاده نموده ام، مطابق ضوابط و رویه های موجود ، نام منبع مورد استفاده و سایر مشخصات آن را در فهرست ذکر و درج کرده ام .
- ۲- این پایان نامه قبلا برای دریافت هیچ مدرک تحصیلی (هم سطح ، پایین تر یا بالاتر) در سایر دانشگاهها و موسسات آموزش عالی ارائه نشده است .
- ۳- چنانچه بعد از فراغت از تحصیل ، قصد استفاده و هرگونه بهره برداری اعم از چاپ کتاب ، ثبت اختراع و ... از این پایان نامه داشته باشم ، از حوزه معاونت پژوهشی واحد مجوزهای مربوطه را اخذ نمایم .
- ۴- چنانچه در هر مقطع زمانی خلاف موارد فوق ثابت شود ، عواقب ناشی از آن را بپذیرم و واحد دانشگاهی مجاز است با اینجانب مطابق ضوابط و مقررات رفتار نموده و در صورت ابطال مدرک تحصیلی ام هیچگونه ادعایی نخواهم داشت .

نام و نام خانوادگی : طاهای نکووقت تک

تاریخ و امضاء:

فهرست

چکیده.....	۱
فصل ۱- انگیزه و معرفی کار.....	۲
۱-۱- مقدمه.....	۲
فصل ۲- تاریخچه استفاده از حرکت گهواره ای و کاهش خسارت لرزه ای.....	۴
۱-۲- مقدمه.....	۴
۲-۲- مروری بر پژوهش های انجام شده.....	۵
فصل ۳- طراحی دو بعدی ساختمان پنج،هفت و نه طبقه بتنی با استفاده از نرم افزار SAP.....	۲۱
۱-۳- طراحی استاتیکی معادل قاب دو بعدی ساختمان پنج، هفت و نه طبقه.....	۲۱
۱-۱-۳- طراحی بر اساس معیار مقاومت.....	۲۱
۱-۱-۱-۳- ترکیبات بارگذاری.....	۲۲
۲-۱-۳- کنترل تغییر مکان جانبی نسبی ساختمان پنج، هفت و نه طبقه در حالت استاتیکی.....	۲۴
۲-۳- کنترل تنش های قاب طراحی شده در قسمت ۱-۳ تحت اثر بار زلزله(تحلیل تاریخچه زمانی).....	۲۶
۱-۲-۳- خصوصیات شتابنگاشت های اعمالی.....	۲۶
۲-۳-۳- کنترل تغییر مکان جانبی نسبی ساختمان معمولی پنج طبقه تحت تحلیل تاریخچه زمانی.....	۳۴
۳-۳-۳- کنترل تغییر مکان جانبی نسبی ساختمان معمولی هفت طبقه تحت تحلیل تاریخچه زمانی.....	۳۶
۴-۳-۳- کنترل تغییر مکان جانبی نسبی ساختمان نه طبقه معمولی تحت تحلیل تاریخچه زمانی.....	۳۸
فصل ۴- ارائه شماتیک سیستم جاذب انرژی تعمیر پذیر و نتایج منحنی رفتار بدست آمده از نرم افزار ABAQUS.....	۴۰
۱-۴- مقدمه.....	۴۰
۲-۴- عملکرد ستون تلسکوپی.....	۴۰

۴۰	۳-۴- ابعاد و خصوصیات ستون تلسکوپی در ساختمان پنج طبقه
۴۰	۱-۳-۴- هندسه ستون تلسکوپی
۴۱	۲-۳-۴- خصوصیات فولاد ستون تلسکوپی در محدوده الاستیک
۴۲	۳-۳-۴- خصوصیات رفتار پلاستیک ستون تلسکوپی
۴۲	۴-۴- مش بندی ستون تلسکوپی
۴۳	۵-۴- نمودار هیستریزیس ستون تلسکوپی تحت بار محوری ۴۰ تن
۴۴	۶-۴- هندسه سیستم فیوز پیشنهادی در مرکز ساختمان
۴۵	فصل ۵- تحلیل تاریخچه زمانی سازه فیوزگذاری شده با استفاده از نرم افزار SAP
۴۵	۱-۵- معرفی عملکرد لینک WEN در نرم افزار SAP
۴۶	۲-۵- تحلیل و بررسی تنش ها و جابجایی نسبی در ساختمان پنج طبقه با استفاده از فیوزها
۴۶	۱-۲-۵- بررسی نسبت تنش در المانهای سازه ای
۴۷	۲-۲-۵- کنترل تغییر مکان جانبی نسبی ساختمان پنج طبقه فیوزدار
۴۹	۳-۵- تحلیل و بررسی تنش ها و جابجایی نسبی در ساختمان هفت طبقه با استفاده از فیوزها
۴۹	۱-۳-۵- بررسی نسبت تنش در المانهای سازه ای
۵۱	۲-۳-۵- کنترل تغییر مکان جانبی نسبی ساختمان هفت طبقه فیوزدار
۵۲	۴-۵- تحلیل و بررسی تنش ها و جابجایی نسبی در ساختمان نه طبقه با استفاده از فیوزها
۵۲	۱-۴-۵- بررسی نسبت تنش در المانهای سازه ای
۵۴	۲-۴-۵- کنترل تغییر مکان جانبی نسبی ساختمان نه طبقه فیوزدار
۵۶	۵-۵- شتاب نسبی طبقه بام در ساختمان های پنج، هفت و نه طبقه
۵۶	۱-۵-۵- شتاب نسبی بام در ساختمان پنج طبقه
۵۷	۲-۵-۵- شتاب نسبی بام در ساختمان هفت طبقه
۵۸	۳-۵-۵- شتاب نسبی بام در ساختمان نه طبقه
۵۹	فصل ۶- نتیجه گیری و پیشنهادات
۵۹	۱-۶- نتیجه گیری
۶۰	۲-۶- پیشنهادات

فهرست اشکال

- شکل ۰-۱. سه نوع سیستم گهواره ای..... ۶
- شکل ۰-۲. مدل قاب مهار شده با پایه گیردار..... ۷
- شکل ۰-۳. مدل قاب معرفی شده با اعضای گهواره ای مدل SCR..... ۷
- شکل ۲-۴. نمودار برش پایه - تغییر مکان سقف و نیروی بلند شدگی..... ۸
- شکل ۰-۵. مقدار پاسخ بلند شدگی در صفحه ستون های تسلیم شونده در مدل SCR..... ۹
- شکل ۰-۶. میزان خسارت در مدل SCR و در مدل F..... ۹
- شکل ۰-۷. سازه دارای صفحه ستون های جاری شونده..... ۱۱
- شکل ۰-۸. سیستم معادل تک جرمی..... ۱۲
- شکل ۲-۹. منحنی نیرو- تغییر مکان صفحه ستون..... ۱۲
- شکل ۲-۱۰. پلان صفحه ستون های تشکیل شونده..... ۱۳
- شکل ۰-۱۱. طیف پاسخ شتاب زلزله کوبه..... ۱۳
- شکل ۰-۱۲. شتابنگاشت زلزله کوبه..... ۱۳
- شکل ۰-۱۳. شتابنگاشت زلزله BCJ..... ۱۴
- شکل ۰-۱۴. تاریخچه زمانی لنگر دورانی..... ۱۴
- شکل ۰-۱۵. تاریخچه زمانی تغییر مکان بام..... ۱۴
- شکل ۲-۱۶. دو نمونه از سیستم حرکت گهواره ای..... ۱۶
- شکل ۲-۱۷. مدل سازه ای..... ۱۷
- شکل ۲-۱۸. صفحه ستون برای مدل BP..... ۱۷
- شکل ۲-۱۹. مدل دارای تکیه گاه ساده..... ۱۷
- شکل ۲-۲۰. رابطه بین حداکثر شتاب ورودی و مقادیر پاسخ هر مدل..... ۱۹
- شکل ۲-۲۱. برش طبقات..... ۲۰
- شکل ۳-۱. نسبت تنش های موجود در المانها ناشی از تحلیل استاتیکی معادل در ساختمان پنج طبقه بتنی.. ۲۳
- شکل ۳-۲. نسبت تنش های موجود در المانها ناشی از تحلیل استاتیکی معادل در ساختمان هفت طبقه بتنی.. ۲۳
- شکل ۳-۳. نسبت تنش های موجود در المانها ناشی از تحلیل استاتیکی معادل در ساختمان نه طبقه بتنی.. ۲۴

- شکل ۳-۴ تاریخچه شتاب – زمان افقی زلزله Kobe (Japan) ۲۶
- شکل ۳-۵ تاریخچه شتاب – زمان مولفه قائم زلزله Kobe (Japan) ۲۶
- شکل ۳-۶ تاریخچه سرعت- زمان مولفه افقی زلزله Kobe (Japan) ۲۷
- شکل ۳-۷ تاریخچه جابجایی- زمان مولفه افقی زلزله Kobe (Japan) ۲۷
- شکل ۰-۸ محتوی فرکانسی مؤلفه افقی زلزله Kobe, Japan (TAK۰۰) ۲۷
- شکل ۰-۹ طیف شتاب بر حسب فرکانس مؤلفه افقی زلزله Kobe, Japan (TAK۰۰) ۲۸
- شکل ۰-۱۰ طیف جابه‌جایی بر حسب فرکانس مؤلفه افقی زلزله Kobe, Japan (TAK۰۰) ۲۸
- شکل ۰-۱۱ طیف شبه سرعت بر حسب فرکانس مؤلفه افقی زلزله Kobe, Japan ۲۹
- شکل ۳-۱۲ تاریخچه شتاب – زمان مولفه افقی زلزله Imperial valley ۲۹
- شکل ۳-۱۳ تاریخچه شتاب – زمان مولفه قائم زلزله Imperial valley ۲۹
- شکل ۳-۱۴ تاریخچه سرعت – زمان زلزله Imperial valley ۳۰
- شکل ۳-۱۵ تاریخچه جابجایی – زمان زلزله Imperial valley ۳۰
- شکل ۰-۱۶ محتوی فرکانسی مؤلفه افقی زلزله Imperial valley ۳۰
- شکل ۰-۱۷ طیف شتاب بر حسب فرکانس مؤلفه افقی زلزله Imperial valley ۳۱
- شکل ۰-۱۸ طیف شبه سرعت بر حسب فرکانس مؤلفه افقی زلزله Imperial valley ۳۱
- شکل ۰-۱۹ طیف جابه‌جایی بر حسب فرکانس مؤلفه افقی زلزله Imperial valley ۳۲
- شکل ۳-۲۰ نسبت تنش های موجود در المانها ناشی از تحلیل تاریخچه زمانی(زلزله Kobe) در ساختمان پنج طبقه ۳۳
- شکل ۳-۲۱ نسبت تنش های موجود در المانها ناشی از تحلیل تاریخچه زمانی(زلزله Imperial valley) در ساختمان پنج طبقه ۳۳
- شکل ۳-۲۲ نسبت تنش های موجود در المانها ناشی از تحلیل تاریخچه زمانی(زلزله Kobe) در ساختمان هفت طبقه ۳۵
- شکل ۳-۲۳ نسبت تنش های موجود در المانها ناشی از تحلیل تاریخچه زمانی(زلزله Imperial valley) در ساختمان هفت طبقه ۳۵
- شکل ۳-۲۴ نسبت تنش های موجود در المانها ناشی از تحلیل تاریخچه زمانی(زلزله Kobe) در ساختمان نه طبقه ۳۷

- شکل ۳-۲۵ نسبت تنش های موجود در المانها ناشی از تحلیل تاریخچه زمانی (زلزله Imperial valley) در ساختمان نه طبقه..... ۳۷
- شکل ۰-۱. ستون تلسکوپی پیرامونی (ابعاد بر حسب سانتی متر)..... ۴۱
- شکل ۰-۲ مدل سه بعدی ستون تلسکوپی..... ۴۱
- شکل ۰-۳ روش پارتیشن بندی جهت مش بندی در نرم افزار ABAQUS..... ۴۲
- شکل ۰-۴ نمودار نیرو-جابجایی (هیستریزیس) ستون تلسکوپی تحت بار محوری ۴۰ تن..... ۴۳
- شکل ۰-۵. هسته مرکزی سه بعدی (عامل حرکت گهواره ای)..... ۴۴
- شکل ۰-۶. هسته مرکزی (عامل حرکت گهواره ای)..... ۴۴
- شکل ۰-۵ مدل رفتاری لینک غیرخطی Wen در نرم افزار SAP..... ۴۵
- شکل ۵-۲ نسبت تنش های موجود در المانها ناشی از تحلیل تاریخچه زمانی (زلزله Kobe) در ساختمان پنج طبقه فیوزگذاری شده..... ۴۶
- شکل ۵-۳ نسبت تنش های موجود در المانها ناشی از تحلیل تاریخچه زمانی (زلزله Imperial valley) در ساختمان پنج طبقه فیوز گذاری شده..... ۴۷
- شکل ۵-۴ نسبت تنش های موجود در المانها ناشی از تحلیل تاریخچه زمانی (زلزله Kobe) در ساختمان هفت طبقه فیوزگذاری شده..... ۴۹
- شکل ۵-۵ نسبت تنش های موجود در المانها ناشی از تحلیل تاریخچه زمانی (زلزله Imperial valley) در ساختمان هفت طبقه فیوزگذاری شده..... ۵۰
- شکل ۵-۶ نسبت تنش های موجود در المانها ناشی از تحلیل تاریخچه زمانی (زلزله Kobe) در ساختمان نه طبقه فیوزگذاری شده..... ۵۲
- شکل ۵-۷ نسبت تنش های موجود در المانها ناشی از تحلیل تاریخچه زمانی (زلزله Imperial valley) در ساختمان نه طبقه فیوزگذاری شده..... ۵۳
- شکل ۵-۸ شتاب نسبی طبقه بام ساختمان پنج طبقه فیوز گذاری نشده تحت زلزله (Kobe)..... ۵۶
- شکل ۵-۹ شتاب نسبی طبقه بام ساختمان پنج طبقه فیوز گذاری تحت زلزله (Kobe)..... ۵۶
- شکل ۵-۱۰ شتاب نسبی طبقه بام ساختمان هفت طبقه فیوز گذاری نشده تحت زلزله (Kobe)..... ۵۷
- شکل ۵-۱۱ شتاب نسبی طبقه بام ساختمان هفت طبقه فیوز گذاری شده تحت زلزله (Kobe)..... ۵۷
- شکل ۵-۱۲ شتاب نسبی طبقه بام ساختمان نه طبقه فیوز گذاری نشده تحت زلزله (Kobe)..... ۵۸
- شکل ۵-۱۳ شتاب نسبی طبقه بام ساختمان نه طبقه فیوز گذاری شده تحت زلزله (Kobe)..... ۵۸

فهرست جداول

- جدول ۱-۲. میزان خسارت ایجاد شده در مدل F و SCR..... ۱۰
- جدول ۲-۲. مشخصات فیزیکی صفحه ستون های تسلیم..... ۱۳
- جدول ۱-۳. کنترل تغییر مکان نسبی ساختمان پنج طبقه در حالت معمولی (بدون فیوز) با تحلیل استاتیکی معادل..... ۲۵
- جدول ۲-۳. کنترل تغییر مکان نسبی ساختمان هفت طبقه در حالت معمولی (بدون فیوز) با تحلیل استاتیکی معادل..... ۲۵
- جدول ۳-۳. کنترل تغییر مکان نسبی ساختمان نه طبقه در حالت معمولی (بدون فیوز) با تحلیل استاتیکی معادل..... ۲۵
- جدول ۴-۳. کنترل تغییر مکان ساختمان پنج طبقه در حالت معمولی (بدون فیوز) با تحلیل تاریخچه زمانی (زلزله Kobe)..... ۳۴
- جدول ۵-۳. کنترل تغییر مکان ساختمان پنج طبقه در حالت معمولی (بدون فیوز) با تحلیل تاریخچه زمانی (زلزله Imperial valley)..... ۳۴
- جدول ۶-۳. کنترل تغییر مکان ساختمان هفت طبقه در حالت معمولی با تحلیل تاریخچه زمانی (زلزله Kobe)..... ۳۶
- جدول ۷-۳. کنترل تغییر مکان ساختمان هفت طبقه در حالت معمولی با تحلیل تاریخچه زمانی (زلزله Imperial valley)..... ۳۶
- جدول ۸-۳. کنترل تغییر مکان ساختمان نه طبقه در حالت معمولی در تحلیل تاریخچه زمانی (زلزله Kobe)..... ۳۸
- جدول ۹-۳. کنترل تغییر مکان ساختمان نه طبقه در حالت معمولی در تحلیل تاریخچه زمانی (زلزله Imperial valley)..... ۳۹
- جدول ۱-۵. کنترل تغییر مکان ساختمان پنج طبقه ناشی از تحلیل تاریخچه زمانی (زلزله Kobe) در حالت فیوز گذاری شده..... ۴۸
- جدول ۲-۵. کنترل تغییر مکان ساختمان پنج طبقه ناشی از تحلیل تاریخچه زمانی (زلزله Imperial valley) در حالت فیوز گذاری شده..... ۴۸
- جدول ۳-۵. کنترل تغییر مکان ساختمان هفت طبقه ناشی از تحلیل تاریخچه زمانی (زلزله Kobe) در حالت فیوز گذاری شده..... ۵۱

جدول ۵-۴ کنترل تغییر مکان ساختمان هفت طبقه ناشی از تحلیل تاریخچه زمانی (Imperialvalley زلزله)	
در حالت فیوز گذاری شده.....	۵۱
جدول ۵-۵ کنترل تغییر مکان ساختمان نه طبقه ناشی از تحلیل تاریخچه زمانی (Kobe زلزله) در حالت	
فیوز گذاری شده.....	۵۴
جدول ۵-۶ کنترل تغییر مکان ساختمان نه طبقه ناشی از تحلیل تاریخچه زمانی (Imperial valley زلزله)	
در حالت فیوز گذاری شده.....	۵۵

چکیده

ایران با ساختار ویژه لرزه‌زمین ساخت، وجود گسل‌های فعال و لرزه‌خیزی زیاد در زمره مناطق با خطر بالایی زلزله در جهان قرار دارد. فلسفه آیین نامه‌های موجود کشور هم اکنون بر این اصل استوار که ساختمان پس از وقوع زلزله آسیب ببیند اما خطرات جانی وجود نداشته باشد. با دقت بیشتر بر روی این فلسفه متوجه خواهیم شد که شهری مثل تهران پس از زلزله با تعداد بسیار زیادی ساختمان غیر قابل سکونت و افراد بی سرپناه مواجه می‌باشد. این واقعیت سبب شکل‌گیری نظریه استفاده از المان‌های جاذب انرژی شد. این المان‌ها با مفهوم هدایت خسارت، خسارت را به مکان‌های تعمیر پذیر هدایت می‌نمایند و در این صورت پس از وقوع زلزله با تعویض این المان‌ها می‌توانیم مجدداً از سازه بهره‌برداری نماییم، به نحوی که بر عواقب مطرح شده بعد از زلزله فائق می‌آییم. این تعمیرپذیری در ابعاد اقتصادی و زمانی حداکثر بازده را دارا می‌باشد.

ابتدا ساختمان پنج، هفت و نه طبقه بتنی در ۴ دهانه ۵ متری را در حالت دو بعدی طراحی کرده و سپس ساختمان طراحی شده با همان مقاطع و بار (مرده وزنده) را تحت تحلیل تاریخچه زمانی قرار داده و دریافت طبقات و نسبت تنش المانها را بدست آورده و سپس ستونهای طبقه اول حذف و به جای ستونهای کناری المانهای پیشنهادی به صورت ستون‌های تلسکوپی با تیغه‌های تسلیم شونده را ابتدا در نرم افزار ABAQUS مدل سازی کرده و منحنی رفتار آنها بدست آورده و به جای ستون میانی المان پیچشی (عامل حرکت گهواره ای) را جایگزین کرده و سپس فیوزها در نرم افزار SAP با لینک WEN مدل شده و با قرار دادن شتابنگاشت‌های مختلف در پایه سازه، عملکرد لرزه ای آن مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج حاکی از آن است که با در نظر گرفتن ابعاد مناسب ستون‌های تعمیر پذیر (فیوز) و تعبیه نمودن سختی پیچشی مناسب در تراز زیر طبقه اول در مرکز سازه (جهت ایجاد حرکت گهواره ای) می‌توان به نحو مطلوبی از وارد شدن انرژی زلزله به تراز بالای طبقه اول جلوگیری نمود به نحوی که پس از زلزله سازه به صورت کاملاً الاستیک باقی‌ماند و المانهای تعمیر پذیر آسیب دیده تعمیر و یا تعویض شوند.

فصل ۱- انگیزه و معرفی کار

۱-۱- مقدمه

با توجه به این کشور عزیز ما ایران بسیار لرزه خیز میباشد به طوریکه هر چند سال یکبار زلزله مخربی در آن رخ می دهد فلسفه آیین نامه های موجود مبنی بر عملکرد سازه ها به نحوی می باشد که سازه امنیت جانی ساکنین را فراهم آورد، این امر سبب آن می شود که پس از زلزله با ساختمان هایی روبرو باشیم که هرچند ساکنان سالم مانده اند، اما این سازه ها دیگر قابل سکونت نیستند. به طوری که جمع آوری خرابی آن ها مستلزم صرف هزینه و زمان زیادی در یک شهر آسیب زده می باشد. در نهایت احداث سازه های جدید برای کشوری که از لحاظ اقتصادی به سبب وقوع زلزله خسارت زیادی بر آن تحمیل شده است، امری بسیار سنگین و چه بسا غیر ممکن می باشد.

از طرفی از آنجا که بسیاری از ساختمان ها به صورتی طراحی می شوند که با استفاده از سختی و قابلیت شکل پذیری و همچنین استهلاک انرژی در برابر زلزله از خود مقاومت نشان دهند، مقدار میرایی در ساختمانها بسیار کم می باشد از این رو انرژی مستهلاک شده در محدوده رفتار الاستیک سازه بسیار ناچیز می باشد. در هنگام وقوع زلزله های قوی ساختمانها بعد از محدوده رفتار الاستیک، تغییر مکانهای زیادی می یابند و فقط به واسطه چگونگی تغییر مکانهای غیر الاستیک پایدار باقی می مانند. این تغییر مکانهای غیر الاستیک موجب بوجود آمدن مفاصل پلاستیک به صورت موضعی در نقاطی از سازه می گردند که خود باعث افزایش شکل پذیری و همچنین افزایش استهلاک انرژی زلزله می شود، در نتیجه مقدار زیادی از انرژی زلزله بواسطه تخریب های موضعی در سیستم مقاوم جانبی سازه مستهلاک می گردد، به طوری که فلسفه کنونی طراحی بیان می دارد که سازه ها در برابر زلزله وارد محدوده تغییر شکلهای زیادی شده و آسیب ببینند ولی ویران نشوند. این روند بخشی از خسارتهای ماندگار را به خود می گیرد، در بعضی حالتها فقط با فروریزش بخش کوچکی از سازه همراه می شود اما همین فروریزش جزئی می تواند به خسارتهای ثانویه منجر شود که از لحاظ اقتصادی چشمگیر تر از فرو ریختن کل سازه شود(ممکن است وسایل و تجهیزات داخل ساختمان ارزشی به مراتب بیشتر از خود ساختمان داشته باشد) و به این دیدگاه منتهی به نظریه احداث ساختمان ها همراه با المان های تعمیر پذیر شد. به نحوی که پس از زلزله خسارت به مکان های مخصوص تعمیرپذیر هدایت شود، تا بتوان با تعویض قسمت های آسیب دیده از ساختمان ها همانند قبل بهره برداری نمود. در این تحقیق ابتدا به شناخت و تاریخچه مختصری در خصوص سیستم کنترل ارتعاشات در سازه ها و سیستم های کاهش

خسارات لرزه ای در ساختمان ها مورد بحث قرار گرفته و سپس در ادامه به معرفی یک نوع از المان ها تعمیر پذیر (ستونهای تلسکوپی) پرداخته و مورد تجزیه و تحلیل قرار می دهیم. و در ادامه با استفاده از نظریه پیشنهادی می خواهیم از سیستم عملکرد حرکت گهواره ای در پایه ساختمان استفاده نماییم.

فصل ۲- تاریخچه استفاده از حرکت گهواره ای و کاهش خسارت لرزه ای

۲-۱- مقدمه

صدمات و خسارات ناشی از وقوع زلزله را به روشهای مختلفی می توان کاهش داد که یکی از روشهای کاهش میزان خسارت، استفاده از میراکننده انرژی و سیستم های هدایت کننده خسارت در سازه می باشد.

صدمات اولیه زلزله را می توان با طراحی و ساخت مقاوم ساختمان ها و استفاده از سیستم میراکننده انرژی و سیستم های هدایت خسارت کم کرد. در روند طراحی جدید سازه های مقاوم در برابر زلزله برای مقابله با انرژی ورودی به سازه دو دیدگاه وجود دارد.

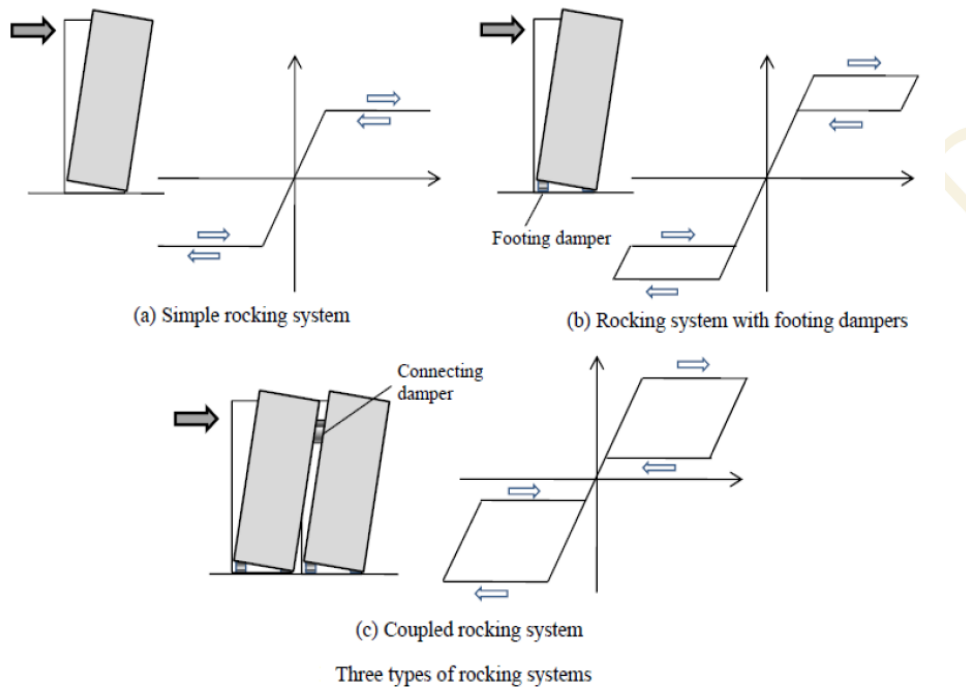
دیدگاه اول شامل طرح هایی است که سبب کاهش نیروی وارد به سازه از طریق افزایش پریود سازه می باشد که سیستم های جداساز لرزه ای در این طبقه قرار می گیرند. در این سیستم با افزایش پریود سازه نیروهای وارده به سازه در اثر زلزله کاهش می یابد. دومین دیدگاه توصیه بر استفاده از مکانیزم اتلاف انرژی در سازه در جهت افزایش میرایی سازه دارد. در این حالت با قرار دادن ادوات جذب انرژی در محل های مناسب سازه، بخشی از انرژی ورودی زلزله بوسیله آن ها مستهلک شده، در نتیجه خسارت وارده به سازه که ناشی از اتلاف انرژی به صورت هیستریزیس می باشد، کاهش می یابد.

۲-۲- مروری بر پژوهش های انجام شده

امروزه بسیاری از ساختمان‌ها نیاز دارند که بعد از چندین زلزله به سرعت به عملکرد و وظیفه اولیه خود باز گردند. یکی از روش‌هایی که پیشنهاد می‌شود استفاده از حرکت گهواره‌ای ساختمان در پایه خودش بوسیله اعضای سازه‌ای گهواره‌ای می‌باشد، در حقیقت در این سیستم از اثر وزن ساختمان در تمرکز و هدایت آسیب استفاده می‌شود، این سیستم از تسلیم شدن سازه‌های فلزی در اثر تغییر شکل‌های پسماند جلوگیری کرده و سازه بعد از چندین زلزله قابل استفاده می‌باشد.

استفاده از حرکت گهواره‌ای باعث کاهش خسارات لرزه‌ای ساختمان‌های در معرض زلزله‌های قوی می‌گردد، بر همین اساس این روش دوران حول محور خود ساختمان به عنوان یک سیستم کنترل غیر فعال در بسیاری از مقالات ارائه شده است (۱). با استفاده از اثر وزن خود ساختمان، سیستم حرکت گهواره‌ای قابلیت جلوگیری از تسلیم شدن در اثر تغییر شکل‌های پسماند را برای سازه ساختمان بعد از چندین زلزله دارا می‌باشد.

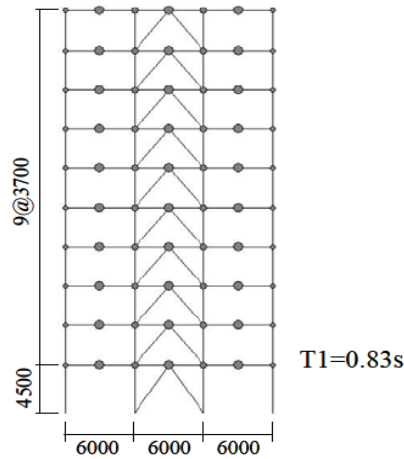
سه نوع از مفهوم سیستم گهواره‌ای در شکل ۲-۱ نشان داده شده است. توانایی هر سیستم در حرکت حول محور خودش به صورت رابطه نیرو- تغییر مکان نشان داده شده است. در سیستم گهواره ای ساده شکل ۲-۱(a) سازه قابلیت بلند شدن را بسادگی دارد و این سیستم به راحتی برای سازه‌های ساختمان‌های لاغر قابل استفاده می‌باشد اما احتمال بلند شدگی و حرکت جانبی زیاد در این سیستم در زلزله وجود دارد و همچنین ضربه ایجاد شده در پای سازه می‌تواند خسارات جدی به سازه وارد آورد. بنابراین برای جلوگیری از این پدیده از میراگرها در پایه سازه جهت کنترل پاسخ بلند شدگی استفاده می‌گردد که به آن سیستم گهواره‌ای با میراگرهای پایه‌ای گفته می‌شود شکل ۲-۱(b). یکی دیگر از حالت‌های استفاده از حرکت گهواره‌ای در سازه‌های چند دهانه استفاده از سیستم زوج گهواره‌ای که در بین آن‌ها میراگرهای قائم قرار گرفته است می‌باشد، این اتصال میراگرها باعث اتلاف انرژی بیشتر در سازه می‌گردد شکل ۲-۱(c).



شکل ۲-۱. سه نوع سیستم گهواره ای

محققان Azuhata ، Midorikawa و Ishihara در تحقیق خود به بررسی کاهش خسارات لرزه‌ای بوسیله حرکت گهواره‌ای پرداخته‌اند (۲). در این تحقیق دو نوع قاب یکی با پایه‌های گیردار به نام مدل F (Fix Model) و دیگری مدل با اعضای سازه‌ای گهواره‌ای مدل SCR (Self-Centering Rocking) با استفاده از آنالیز PushOver و آنالیز دینامیکی پرداخته‌اند. در مدل SCR دو جفت قاب مهارشده و صفحه ستون‌های تسلیم شونده و تیرهای گهواره‌ای یک جهته معرفی شده‌اند. در مدل SCR از صفحه ستون‌های تسلیم شونده به جای میراگرهای پایه‌ای برای ایجاد حرکت گهواره‌ای در اثر بلند شدن صفحه ستون و تسلیم شدن آن در کشش استفاده شده است. سیستم زوج گهواره‌ای شکل ۲-۱(c) دارای میراگرهای قائم که بین دو سیستم گهواره‌ای قرار گرفته در این تحلیل در نظر گرفته شده است.

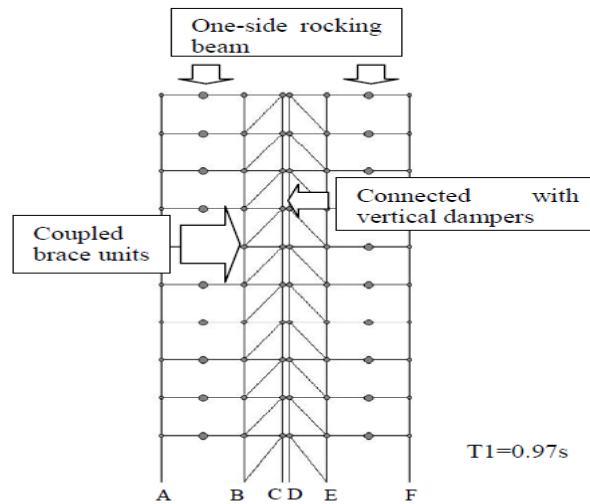
مدل قاب مهاربندی شده معمولی دارای ده طبقه و سه دهانه می‌باشد شکل ۲-۲، ارتفاع کل سازه برابر ۳۷/۸ متر و عرض آن ۱۸ متر و وزن کل آن برابر ۵۴۰ تن می‌باشد. تنش تسلیم فولاد برای تمامی اعضا برابر ۲۴۹ نیوتون بر میلی‌متر مربع می‌باشد.



Braced frame model with fixed bases

شکل ۲-۲. مدل قاب مهار شده با پایه گیردار

برای بکارگیری مفهوم سیستم سازه‌ای گهواره‌ای از دو جفت قاب مهاربندی شده و تیرهای یک‌جته گهواره‌ای در این مدل قابی SCR به کار رفته است شکل ۲-۳. این دو سیستم قاب مهاربندی شده در مدل SCR بوسیله میراگرهایی که فقط تغییر شکل قائم می‌دهند به یکدیگر متصل شده‌اند. میراگرهای ویسکو-الاستیک یا اصطکاکی می‌توانند به عنوان وسایل اتصال استفاده شده و احتمالاً بعد از زلزله نیاز به تعمیر ندارند.



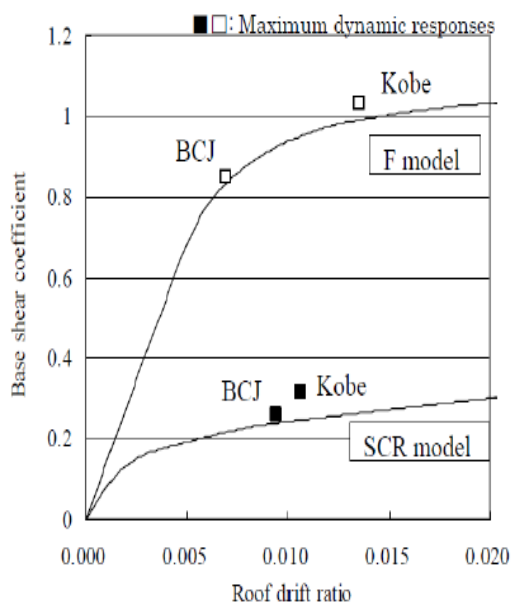
Frame model introduced rocking members

شکل ۲-۳. مدل قاب معرفی شده با اعضای گهواره‌ای مدل SCR

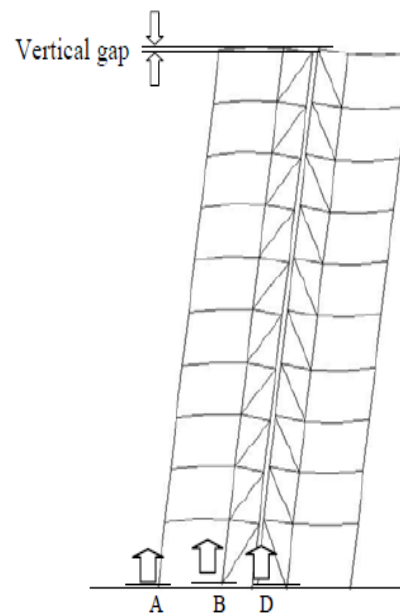
پایه ستون‌ها بوسیله صفحات نازک که در کشش یعنی نیروی بلندشدگی، تسلیم می‌شوند به زمین وصل شده‌اند. صفحات زیر ستون از چهار بال تشکیل شده و دارای ضخامت ۲۵ میلی‌متر می‌باشند، در

حین زلزله‌های قوی هر دو لبه صفحه ستون در اثر نیروی بلندشدگی ستون تحت خمش قرار گرفته و تسلیم می‌شوند.

نمودار برش‌پایه - تغییر مکان سقف برای مدل قاب F و مدل قاب SCR که به‌صورت آنالیز پوش‌اور و آنالیز دینامیکی انجام شده است در شکل ۲-۴ (a) نشان داده شده است، نتایج پاسخ لرزه‌ای برش پایه مدل SCR کوچکتر از مدل F در هر دو رکورد BCJ و JMA Kobe می‌باشد، در حالی که تغییر مکان مربوط به بام در مدل SCR تقریباً برابر و یا کوچکتر از مدل F می‌باشد، لذا با استفاده از اعضای گهواره‌ای مقادیر برش پایه کاهش پیدا می‌کنند. شکل ۲-۴ (b) نیروی بلند شدگی در مدل SCR که از تحلیل آنالیز پوش‌اور بدست آمده است را نشان می‌دهد.



a- Relationship between roof displacement and base shear obtained by static pushover analysis and corresponding maximum dynamic responses.



b- Uplift aspect of SCR model

شکل ۲-۴. نمودار برش پایه - تغییر مکان سقف و نیروی بلند شدگی

شکل ۲-۵ مقدار پاسخ بلند شدگی را در صفحه ستون‌های تسلیم شونده در مدل SCR و در دو رکورد زلزله مورد بررسی نشان می‌دهد، حداکثر بلند شدگی مربوط به صفحه ستون‌های دهانه‌های مهاربندی شده می‌باشد.