

دانشگاه محقق اردبیلی

دانشکده فنی مهندسی

گروه عمران

## بررسی و بهبود عملکرد بادبند زانویی با در نظر گرفتن اثر کمانش

استاد راهنما:

دکتر امین قلیزاد

استاد مشاور:

مهندس ناصر الدین شاهبازی

توسط :

صونا رحیمی

دانشگاه محقق اردبیل

پاییز ۱۳۹۰

تقدیم بہ

پدر و مادر مہ کہ ہمیشہ در کنار مہ بودند.

از استاد کرامت‌قدر جناب آقای دکتر قلنیزاد که بدون مساعدت و راهنمایی ارزشمند این بزرگوار

انجام این پایان‌نامه میسر نبود نهایتاً ممنون و سپاسگزارم.

همچنین بر خود لازم میدانم از جناب مهندس شهبازی که به عنوان مشاور، من را در پی‌موردن این مسیر

یاری نمودند صمیمانه تشکر می‌نمایم.

نام خانوادگی دانشجو: رحیمی	نام: صونا
عنوان پایان نامه: بررسی و بهبود عملکرد بادبند زانویی با در نظر گرفتن اثر کمانش	
استاد(اساتید راهنما): دکتر امین قلیزاد	
استاد (اساتید) مشاور: مهندس ناصر الدین شاهبازی	
مقطع تحصیلی: کارشناسی ارشد	رشته: عمران
دانشگاه: محقق اردبیلی	گرایش: سازه
دانشکده: فنی و مهندسی	تاریخ فارغ التحصیلی: آذر ۱۳۹۰
تعداد صفحه: ۱۶۸	
کلید واژه ها: قاب مهاربند زانویی، سختی متغیر، کمانش، روش تحلیل دینامیکی افزایشی	
<p><b>چکیده:</b> به منظور جلوگیری از کمانش المان قطری در بادبند زانویی مدلی با عنوان بادبند زانویی اصلاح شده (MKBF) پیشنهاد شده است. عملکرد بالای قاب زانویی بستگی به تغییر شکل پلاستیک المان زانویی دارد. کمانش عضو قطری این عملکرد را بر هم میزند و سبب کاهش در شکل پذیری و جذب انرژی میگردد. در این پایان نامه اثر کمانش بر روی رفتار غیر خطی استاتیکی تحت بار گذاری سیکلی مورد مطالعه واقع شده است کمانش عضو قطری میتواند با مقاوم سازی المان قطری در برابر کمانش و یا استفاده از مقاطع مختلف برای المان زانویی برطرف شود یکی از این دستاورد ها استفاده از المان زانویی با مقطع متغیر میباشد. نرخ بالای جذب انرژی این روش توسط پاسخ هیستریزس تحت بار گذاری استاتیکی سیکلی مشاهده شده است.</p> <p>در نرم افزار OPENSEES مواد GAP و No tention و همچنین از المان تماسی برای مدل سازی این رفتار استفاده شده است و همچنین این تکنیک پیشنهاد شده روش تحلیل دینامیکی افزایشی برای قاب های چند طبقه تحت رکورد های مختلف زمین لرزه با بادبند زانویی متدوال مقایسه شده است که در قاب ۴ طبقه حدود ۲۵٪ کاهش در ماکزیمم چرخش نسبی طبقات دارد. و در قاب های ۸ و ۱۲ طبقه تاثیر المان کمکی از این درصد کمتر می باشد.</p>	

## فهرست مطالب

صفحه	عنوان
	<b>فصل اول: کلیات</b>
۱	۱-۱- عنوان تحقیق
۱	۲-۱- تعریف مسئله و فرضیات
۲	۳-۱- هدف و ضرورت تحقیق
۲	۴-۱- پیشینه تحقیق
۵	۵-۱- معرفی فصول و محتویات پایان نامه
	<b>فصل دوم: بررسی انواع سیستم های مهاربندی</b>
۶	۱-۲- مقدمه
۸	۲-۲- سیستم های مهاربندی
۱۰	۱-۲-۲- سیستم مهاربندی همگرا ( <i>CBF</i> )
۱۳	۲-۲-۲- مهاربندی با اعضای کششی خارج از محور ( <i>OBS</i> )
۱۴	۳-۲-۲- سیستم مهاربندی واگرا ( <i>EBF</i> )
۱۸	۴-۲-۲- بادبند زانویی ( <i>KBF</i> )
۱۸	۱-۴-۲-۲- مقدمه
۲۰	۲-۴-۲-۲- ضوابط طراحی مهاربند زانویی
۲۶	۵-۲-۲- مهاربند های مقاوم در برابر کمانش <i>BRBF</i>
	<b>فصل سوم: انواع تحلیل های خطی و غیر خطی</b>
۲۸	۱-۳- تحلیل خطی
۳۰	۱-۱-۳- تحلیل خطی شبه دینامیکی یا طیفی
۳۱	۲-۱-۳- تحلیل خطی دینامیکی تاریخچه زمانی
۳۲	۲-۳- تحلیل های غیر خطی
۳۳	۱-۲-۳- تحلیل استاتیکی غیر خطی (پوش اور)

۳۴	۲-۲-۳- تحلیل های غیر خطی دینامیکی ( <i>NDA</i> )
۳۴	۱-۲-۲-۳- آنالیز دینامیکی با استفاده از طیف پاسخ غیر خطی ( <i>RSA</i> )
۳۵	۲-۲-۲-۳- روش تحلیل دینامیکی غیر خطی افزایشی ( <i>IDA</i> )
۳۵	۱-۲-۲-۲-۳- مقدمه
۳۵	۲-۲-۲-۲-۳- روند کلی روش <i>IDA</i>
۳۶	۳-۲-۲-۲-۳- <i>IDA</i> منحنی
۳۸	۴-۲-۲-۲-۳- تعریف حالت های حدی بر روی منحنی <i>IDA</i>
۴۰	۵-۲-۲-۲-۳- ترکیب منحنی های <i>IDA</i>
۴۲	۶-۲-۲-۲-۳- صحت روش <i>IDA</i>
۴۴	۳-۲-۲-۳- آنالیز تاریخچه زمانی غیر خطی ( <i>RHA</i> )
۴۵	۳-۲-۳- تحلیل پوش اور مودال
	<b>فصل چهارم: بادی بند زانویی اصلاح شده (<i>MKBF</i>)</b>
۴۶	۱-۴- مقدمه
۴۷	۲-۴- معرفی مدل ارائه شده
۴۸	۳-۴- مدل سازی در نرم افزار <i>OPENSEES</i>
۴۹	۱-۳-۴- کمانش
۵۰	۲-۳-۴- مدل سازی حالت تماسی در <i>OPENSEES</i>
۵۱	۳-۳-۴- مدل سازی سازه بر روی قاب تک طبقه
۵۲	۱-۳-۳-۴- روش تحلیل استاتیکی سیکلی
۵۲	۲-۳-۳-۴- تحلیل دینامیکی
۵۲	۳-۳-۳-۴- بررسی نحوه اتصال المان زانویی به تیر وستون
۵۴	۴-۳-۴- قاب چند طبقه
۵۷	۱-۴-۳-۴- روش تحلیل
۵۸	۲-۴-۳-۴- انتخاب مقطع المان کمکی برای طبقات

۵۹	۴-۳-۳-۴-قاب ۴ طبقه
۶۴	۴-۳-۴-۳-۱- بررسی پروفیل چرخش نسبی طبقات
۶۷	۴-۳-۴-۲- روش IDA
۶۸	۴-۳-۴-قاب ۸ طبقه
۷۱	۴-۳-۴-۱- بررسی پروفیل چرخش نسبی طبقات
۷۲	۴-۳-۴-۲- روش IDA
۷۴	۴-۳-۴-۵-قاب ۱۲ طبقه
۷۴	۴-۳-۴-۱-۵- بررسی پروفیل چرخش نسبی طبقات
۷۸	۴-۳-۴-۲-۵- روش IDA
۸۰	۴-۴- بررسی منحنی جذب انرژی در طبقات
۸۱	۴-۵- نتیجه گیری
۱۲۴	۴-۶- پیشنهادات
۸۲	پیوست الف
۱۰۹	پیوست ب
۱۳۷	پیوست ج
۱۶۰	مراجع

## فهرست اشکال

صفحه	عنوان
۸.....	شکل ۲-۱- نمایی از اشکال مختلف قاب مهاربندی.....
۹.....	شکل ۲-۲- نمایی از اتصال بادبند به قاب بتنی و جزئیات اتصال آن.....
۱۰.....	شکل ۲-۳- نمونه ای از منحنی هیستریزیس قاب مهاربندی شده هم مرکز ( <i>CBF</i> ).....
۱۱.....	شکل ۲-۴- اشکال مختلف قاب هم گرا.....
۱۲.....	شکل ۲-۵- نمونه ای از رفتار هیستریزیس یک مهاربند معمولی ، با قابلیت رفتار فشاری و کششی.....
۱۲.....	شکل ۲-۶- بادبندهای خارجی با مقیاس بزرگتر.....
۱۳.....	شکل ۲-۷- شمایی از مهاربندی با اعضای کششی خارج از محور ( <i>OBS</i> ).....
۱۴.....	شکل ۲-۸- شمایی از مهاربندی با اعضای کششی خارج از محور ( <i>OBS</i> ).....
۱۵.....	شکل ۲-۹- اشکال مختلف قابهای با بادبندی واگرا.....
۱۵.....	شکل ۲-۱۰- نمونه ای از منحنی رفتار هیستریزیس قاب با بادبندی واگرا ( <i>EBF</i> ).....
۱۹.....	شکل ۲-۱۱- انواع سیستم های مهاربند زانویی $KBF(a)$ - $KBF(b)$ - $KBF(c)$ با یک المان قطری و یک زانویی $KBF(d)$ با یک المان قطری و دو زانویی.....
۲۰.....	شکل ۲-۱۲- پارامتر های اولیه <i>KBF</i> .....
۲۱.....	شکل ۲-۱۳- منحنی نیرو جابه جایی نقطه <i>A</i> برای <i>x</i> متفاوت.....
۲۲.....	شکل ۲-۱۴- منحنی نیرو جابه جایی برای مقاطع مختلف زانویی.....
۲۳.....	شکل ۲-۱۵- مدل و نیروی ها داخلی در المان زانوی.....
۲۴.....	شکل ۲-۱۶- منحنی نیرو تغییر مکان در نقطه <i>A</i> برای طول تیر های متفاوت.....
۲۵.....	شکل ۲-۱۷- منحنی نیرو جابه جایی در نقطه <i>A</i> برای مقاطع مختلف تیر.....
۲۵.....	شکل ۲-۱۸- منحنی نیرو تغییر مکان در نقطه <i>A</i> برای طول ستون های متفاوت.....
۲۶.....	شکل ۲-۱۹- منحنی نیرو جابه جایی در نقطه <i>A</i> برای مقاطع مختلف ستون.....
۲۷.....	شکل ۲-۲۰- طرح پیشنهادی فوجیموتو.....

- شکل ۲-۲۱- طرح اولیه بادبند کمانش تاب..... ۲۷
- شکل ۲-۲۲- مقایسه رفتار هیستریک مهاربند های فولادی معمولی و مفید شده در برابر کمانش..... ۲۸
- شکل ۲-۲۳- افزایش بار و کمانش هسته در مد بالا..... ۲۹
- شکل ۳-۱- اختلاف دو روش خطی و غیر خطی..... ۳۵
- شکل ۳-۲- منحنی  $IDA$  برای یک قای ۵ طبقه ( $T=1.8sec$ ) تحت ۴ زلزله مختلف..... ۴۰
- شکل ۳-۳- مقادیر حدی تعریف شده روی یک منحنی  $IDA$ ..... ۴۱
- شکل ۳-۴- (الف) منحنی ۲۰ زلزله  $IDA$  ب) ترکیب ۵۰٪/۸۴٪ و ۱۶٪ دسته منحنی های  $IDA$ ..... ۴۲
- شکل ۳-۵- منحنی  $IDA$  برای سازه ۹ طبقه ( $T=2.2sec$ ) (الف)  $PGA$  ب)  $S_a(T_1, 5\%)$ ..... ۴۳
- شکل ۴-۱- رفتار المانهای قطری بادبند  $X-KBF$  تحت بار جانبی..... ۴۹
- شکل ۴-۲- رفتار المان کمکی (الف) در حالت عادی ب) زمانی که المان قطری تحت فشار قرار گیرد (ج) زمانی که المان قطری تحت کشش قرار می گیرد..... ۵۰
- شکل ۴-۳- جزئیات پروفیل، المان و بارگذاری اعمال شده در مقاله یوریز..... ۵۱
- شکل ۴-۴- منحنی هیستریزس المان برای انحنای اولیه متفاوت در مقاله یوریز..... ۵۱
- شکل ۴-۵- منحنی نیرو تغییر مکان (هیستریزس) با انحنای اولیه ۳٪ انجام شده در این پایان نامه..... ۵۲
- شکل ۴-۶- قاب ارائه شده در مقاله مفید..... ۵۳
- شکل ۴-۷- الگوی بار گذاری  $ATC24$  به صورت ضربی از تغییر شکل تسلیم ( $\Delta_y$ )..... ۵۴
- شکل ۴-۸- نمودار پوش اور دو خطی برای قاب زانویی..... ۵۴
- شکل ۴-۹- بارگذاری سیکلی اعمال شده بر روی قاب بر اساس  $\Delta_y$  بدست آمده..... ۵۵
- شکل ۴-۱۰- منحنی هیستریزس قاب در حالت با کمانش و بدون کمانش..... ۵۵
- شکل ۴-۱۱- تاثیر استفاده از المان کمکی بر روی منحنی هیستریزس..... ۵۶
- شکل ۴-۱۲- منحنی هیستریزس مدل تحت زلزله سن فرناندو با المان کمکی و بدون المان کمکی در حالت اتصال مفصلی المان کمکی به تیر و ستون در قاب تک طبقه..... ۵۷
- شکل ۴-۱۳- تاریخچه زمانی برای تغییر مکان پشت بام برای مدل  $KBF$  و  $MKBF$  قاب تک طبقه..... ۵۷
- شکل ۴-۱۴- منحنی هیستریزس مدل تحت زلزله سن فرناندو با المان کمکی و بدون المان کمکی در حالت اتصال گیر دار المان کمکی به تیر و ستون در قاب تک طبقه..... ۵۸

- شکل ۴-۱۵- قابهای ۴، ۸، ۱۲ طبقه زانویی استفاده شده در تحقیق..... ۵۹
- شکل ۴-۱۶- پروفیل ماکزیمم چرخش نسبی طبقات برای زلزله لوما پریتا با شدت ۰،۵ و ۱ برابر شتاب زمین برای قاب ۴ طبقه..... ۶۴
- شکل ۴-۱۷- پروفیل ماکزیمم چرخش نسبی طبقات برای زلزله لوما پریتا با شدت ۱،۵ و ۲ برابر شتاب زمین برای قاب ۴ طبقه..... ۶۵
- شکل ۴-۱۸- پروفیل ماکزیمم چرخش نسبی طبقات برای زلزله لوما پریتا با شدت ۱،۵ و ۲ برابر شتاب زمین برای قاب ۴ طبقه..... ۶۶
- شکل ۴-۱۹- پروفیل ماکزیمم چرخش نسبی طبقات برای ۱۰ زلزله با  $PGA=I_g$  برای قاب ۴ طبقه..... ۶۷
- شکل ۴-۲۰- منحنیهای  $IDA$  برای ۱۰ زلزله برای قاب  $KBF$  ۴ طبقه با دوره تناوب ۰،۲۵ ثانیه..... ۶۸
- شکل ۴-۲۱- منحنیهای  $IDA$  برای ۱۰ زلزله برای قاب  $MKBF$  ۴ طبقه با دوره تناوب ۰،۲۱ ثانیه..... ۶۹
- شکل ۴-۲۲- ترکیب منحنی های  $IDA$  برای ۱۰ زلزله برای قاب ۴ طبقه  $MKBF$  و  $KBF$ ..... ۷۰
- شکل ۴-۲۳- پروفیل ماکزیمم چرخش نسبی طبقات برای زلزله لوما پریتا با شدت ۰،۵ و ۱ برابر شتاب زمین برای قاب ۸ طبقه..... ۷۱
- شکل ۴-۲۴- پروفیل ماکزیمم چرخش نسبی طبقات برای زلزله لوما پریتا با شدت ۱،۵ و ۲ برابر شتاب زمین برای قاب ۸ طبقه..... ۷۲
- شکل ۴-۲۵- پروفیل ماکزیمم چرخش نسبی طبقات برای زلزله لوما پریتا با شدت ۲،۵ و ۳ برابر شتاب زمین برای قاب ۸ طبقه..... ۷۳
- شکل ۴-۲۶- پروفیل ماکزیمم چرخش نسبی طبقات برای ۱۰ زلزله با  $PGA=I_g$  برای قاب ۸ طبقه..... ۷۴
- شکل ۴-۲۷- منحنیهای  $IDA$  برای ۱۰ زلزله برای قاب  $KBF$  ۸ طبقه با دوره تناوب ۰،۵۱ ثانیه..... ۷۵
- شکل ۴-۲۸- منحنیهای  $IDA$  برای ۱۰ زلزله برای قاب  $MKBF$  ۸ طبقه با دوره تناوب ۰،۵۰ ثانیه..... ۷۵
- شکل ۴-۲۹- ترکیب منحنیهای  $IDA$  برای ۵ زلزله تاثیر گذار برای قاب ۸ طبقه  $MKBF$  و  $KBF$ ..... ۷۶

- شکل-۴-۳۰-پروفیل ماکزیمم چرخش نسبی طبقات برای زلزله لوما پریتا با شدت ۰،۵ و ۱ برابر شتاب زمین برای قاب ۱۲ طبقه..... ۷۴
- شکل-۴-۳۱-پروفیل ماکزیمم چرخش نسبی طبقات برای زلزله لوما پریتا با شدت ۱،۵ و ۲ برابر شتاب زمین برای قاب ۱۲ طبقه..... ۷۵
- شکل-۴-۳۲-پروفیل ماکزیمم چرخش نسبی طبقات برای زلزله لوما پریتا با شدت ۲،۵ و ۳ برابر شتاب زمین برای قاب ۱۲ طبقه..... ۷۶
- شکل-۴-۳۳-پروفیل ماکزیمم چرخش نسبی طبقات برای ۱۰ زلزله با  $PGA=1g$  برای قاب ۱۲ طبقه..... ۷۷
- شکل-۴-۳۴-منحنیهای  $IDA$  برای ۱۰ زلزله برای قاب  $8KBF$  طبقه با دوره تناوب ۰،۸۳ ثانیه..... ۷۸
- شکل-۴-۳۵-منحنیهای  $IDA$  برای ۱۰ زلزله برای قاب  $12MKBF$  طبقه با دوره تناوب ۰،۸۲ ثانیه..... ۷۸
- شکل-۴-۳۶-ترکیب منحنیهای  $IDA$  برای ۵ زلزله تاثیر گذار برای قاب ۱۲ طبقه  $KBKBF$  و  $MKBKBF$ ..... ۷۹
- شکل-۴-۳۷-منحنی هیستریزیس قاب ۴ طبقه تحت زلزله سن فرناندو با  $PGA=0.6$ ..... ۸۰

## فهرست جداول

عنوان	صفحه
جدول ۴-۱-مقاطع طراحی شده برای قاب ۴ طبقه.....	۶۰
جدول ۴-۲-مقاطع طراحی شده برای قاب ۸ طبقه.....	۶۰
جدول ۴-۳-مقاطع طراحی شده برای قاب ۱۲ طبقه.....	۶۱

# فصل اول:

## کلیات

### ۱-۱- عنوان تحقیق:

بررسی و بهبود عملکرد بادبند زانویی بادر نظر گرفتن اثر کمانش

### ۱-۲- تعریف مسئله و فرضیات :

بررسی اثر کمانش عضو محوری در عملکرد مهاربند زانویی<sup>۱</sup> ( $KBF$ ) و امکان افزایش ظرفیت استهلاک انرژی در این نوع بادبندها.

همان طور که میدانیم کشور عزیز ما ایران جزو کشورهای زلزله خیز جهان محسوب میشود لذا هر چه علم و دانش ساخت سازه هادر کشور بیشتر میشود اهمیت ساخت سازه های ضد زلزله نیز افزایش می یابد همان طور که می دانیم در ساختمان نیز بادبند نقش سیستم باربر جانبی را ایفا میکند از این رو استفاده از بادبند هایی که بتواند انرژی بیشتری جذب کند و از لحاظ ساخت نیز قابل اجرایی تر باشد اهمیت فراوانی دارد یک دسته از بادبندها که استفاده از آن هم روجه افزایش است سیستم بادبندی برون محوری<sup>۲</sup> ( $EBF$ ) نام دارد. سپور<sup>۳</sup> در سال ۱۹۳۰ در کتاب خود جهت مقاومت در برابر باد به دلایل معماری به استفاده اتفاقی از این نوع بادبند ها پرداخته است همچنین در سازه ای بلند در نیویورک از این مهاربند استفاده شده است.

دیجن کولب<sup>۴</sup> در سال ۱۹۷۲ بادبند هایی را با خروج از مرکزیت در ستون طراحی کرد و در نهایت پوپو<sup>۵</sup> نتایج آزمایشات خود را بر روی یک سری بادبند های برون محور برای سه طبقه پایین یک ساختمان ۲۰ طبقه منتشر کردند. [۱]

1-Knee Brace Frame 2- Eccentric Brace Frame 3-Spurr 4- degenkolb 5- popov

. این روال ادامه یافت و انواع بادبند های برون محور مورد آزمایش و تحلیل قرار گرفت ولی آنچه که مسلم است نقطه مشترک همه ی این نوع بادبند ها این بود که استفاده از آن باعث شکل پذیری بیشتر سازه و کاهش برش پایه زلزله میشود. ولی باید توجه کرد که در طراحی این بادبندها باید دقت کافی در جهت رعایت کلیه نکات آیین نامه ای چه از طرف طراحان و چه از طرف دستگاههای نظارتی انجام پذیرد. چراکه در سیستم برون محور علاوه بر برش و لنگرهای بارهای ثقلی، در ترکیب بار زلزله و در اثر نیروهای محوری ایجاد شده در بادبندها یک سری لنگر و برش اضافی در این تیرها ایجاد می شود و باعث بحرانی شدن ترکیب بار زلزله برای طراحی این تیرها می شود این لنگرها در طول کوتاهی از تیر یعنی ( $e$ ) که به نام تیرچه ارتباطی<sup>۱</sup> نامیده می شود به وجود می آید تیرچه ارتباطی ممکن است در اثر لنگر خمشی به جاری شدن برسد؛ در این صورت ارتباط را خمشی<sup>۲</sup> می گویند و یا اینکه اگر طول ( $e$ ) خیلی کوتاه باشد جاری شدن در برش اتفاق افتد که در این صورت ارتباط را برشی<sup>۳</sup> می نامند در کل میتوان نتیجه گرفت که طراحی صحیح این بادبندها منجر به بادبندها و تیرهایی سنگینتر از حالت بادبند هم محوری شود برای اینکه فیوز شکل پذیر سیستم، هم مجبوره تحمل بار ثقلی و هم بار جانبی میباشد و در نهایت منجر به استفاده از تیر ورق در فیوز میشود. [۱۳]

در این میان مسئله ای وجود دارد که معمولاً در بررسی رفتار بادبند ها به آن پرداخته نمیشود. میتوان گفت مهم ترین پدیده غیر خطی که در هنگام زلزله برای یک قاب مهاربندی شده رخ میدهد کمناش عضو بادبند است و این مسئله ای است که بر رفتار قاب مهاربندی شده تاثیر مستقیم دارد و از بازدهی و کارایی آن میکاهد و مانع از تشکیل حلقه های هیستریزس در قسمت فشاری میشود یک نوعی از مهاربند هایی که سابقه ارائه آن نیز چندان زیاد نیست و محققان در مقالات متعدد سعی در بهبود وضعیت استهلاک انرژی و بهینه کردن آن دارند بادبند زانویی است. در قاب های مهاربند شده زانویی یک انتهای مهاربند قطری به جای اتصال به گره اتصال تیر به ستون به عنوان عضو مورب زانویی متصل می شود و در واقع عضو مورب زانویی به عنوان یک میراگر هیستریزس طوری طراحی و جزئیات بندی میشود که همانند یک فیوز سازه ای عمل کرده و با پذیرش تغییر شکل های غیر الاستیک کنترل شده، ضمن استهلاک انرژی لرزه ای مانع از ورود سایر اعضا و اتصالات به محدوده ی غیر ارتجاعی میشود.

1-Linkbeam

2- Momentlink

3-Shear link

در این تحقیق با بررسی اثر کمناش عضو محوری در عملکرد بادبندهای زانویی و امکان افزایش استهلاک انرژی در این نوع مهاربندها پرداخته می شود. پس فرضیات مسئله تسلیم سازه ای قاب فولادی مهاربندی شده با بادبند های زانویی میباشد که توسط بارگذاری تحلیل استاتیکی غیرخطی تحت بارهای تناوبی مورد بررسی قرار میگیرد.

#### ۱-۳-هدف و ضرورت تحقیق :

همان طوری که در تعریف مسئله بیان شد در بادبند های برون محور فیوز شکل پذیر بدلیل تحمل هردو بار ثقلی و جانبی مقطع بزرگتری را می پذیرد و اکثرابه جای مقاطع نورد شده از تیورق استفاده میکنند. اما در بادبند زانویی که المان زانویی نقش فیوز را به عهده دارد بدلیل اینکه فقط برای مقابله با جانبی طراحی شده مقاطع کوچکتری را میتواند داشته باشد لذا بادبند زانویی را از لحاظ شکل پذیری بهتر دانسته شده است. عدم توجه به پدیده کمناش در عضو محوری در تحلیل رفتار غیرخطی بادبندهای زانویی نیز بخش دیگری از هدف تحقیق است سپس به بررسی امکان اصلاح پیکربندی این نوع مهاربند برای افزایش ظرفیت استهلاک انرژی می پردازیم چراکه پدیده کمناش باعث میشود المان های قطری بادبند قبل از این که نقش خود را به طور کامل و مورد انتظار ایفا نمایند در قسمت فشاری کمناش کرده و از کارایی آن بکاهد.

#### ۱-۴-پیشینه تحقیق :

مقالات ارائه شده برای این موضوع را میتوان به دسته های مختلفی تقسیم کرد مثلاً یک دسته مربوط به بحث کمناش و سپس مدل سازی کمناش در نرم افزارهای غیرخطی است از جمله مقالات مطالعه شده در این دسته:

۱- مدل کمناش بادبند زانویی تحت بارگذاری سیکلی<sup>۱</sup> که توسط یوریز<sup>۲</sup>، فیلیپو<sup>۳</sup> و ماهین<sup>۴</sup> برای مدل سازی کمناش در نرم افزار اپن سیس<sup>۵</sup> ارائه شده و با نتایج آزمایشگاهی مقایسه شده است از جمله نتایج این مقاله در نظر گرفتن تغییر مکانی به اندازه ی  $0.05$  تا  $0.1$  درصد طول بادبند در وسط عضو بادبند برای مدل سازی کمناش میباشد. [۱۶]

۲- "مدل سازی رفتار اپن سیس کمناشی عضو مهاربندی تحت بارگذاری سیکلیک توسط برنامه اپن سیس در این مقاله در مورد پدیده کمناش غیر الاستیک یک عضو تحت بارگذاری محوری پرداخته و تقریباً مشابه با مقاله بالا با نتایج آزمایشگاهی مقایسه کرده است.

1-Model of Cyclic Inelastic Buckling of Steel Braces

2-Uriz 3-Filipou 4-Mahin 5-Openseees

دسته دوم مقالات مربوط به بادبند زانویی است که به طرق های مختلف مورد بررسی قرار گرفته شده است از جمله در سال ۲۰۰۴ چن<sup>۱</sup> و بقیه نویسندگان در مقاله ای بامعرفی بادبند زانویی به عنوان سیستمی که شکل پذیربوسختی جانبی رابه صورت عالی باهم ترکیب کرده، دریک تحلیل الاستوپلاستیک باروش المان محدود طراحی و سپس برطبق نتایج بدست آمده پیشنهاداتی را ارائه کرده است از جمله مکان وسختی زانوراهمترین فاکتورجهت مقاومت جانبی وتأثیرمهم آن روی استهلاک انرژی بیان کرده است سپس نسبت سختی زانوبه سختی ستون را ۲۰ تا ۴۰ درصد نتیجه کرده است. [۱۸]

در سال ۲۰۰۵ مسعود مفید ومهرداد لطف الهی<sup>۲</sup> مقاله دراین زمینه ارائه کردند که درمقاله اول بادبند زانویی چورون رامورد تحقیق قرارگرفته وبامطالعه بادبند درمنطقه الاستیک سه پارامترعملی وجدید ساخته شده سپس بهترین زاویه وشکل بهینه المان زانویی وبادبند ارائه شده است این سیستم ارائه شده باسختی بزرگترونرخ استهلاک انرژی بالاتری قراردارد. [۱۳]

درمقاله دوم هدف اصلی پیداکردن زاویه وشکل بهینه برای المان قطری بادبند زانویی است که براساس تحلیل غیرخطی انجام شده است سپس بااستفاده ازجداول وشکل های اصلی که طراحی شده پاسخ دینامیکی مدل به درستی مورد تحقیق قرارگرفت ونهایتامدلی ارائه شد که بادر نظرگرفتن تمامی نیازهای ذکرشده درمقاله اثرعظیمی دررفتارعمومی سازه ویکپارچگی آن داشت.

مقاله ی بعدی تحت عنوان مطالعه تحلیلی رفتارلرزه ای قابهای مهاربندی شده زانویی توسط مهدی زهرایی ومیشم جلالی درنشریه سازه وفولاد ارائه شده است دراین مقاله اثرپارامترهای مختلف سازه ای بررفتارلرزه ای قاب های مهاربندی شده زانویی وهمچنین اثراستفاده ازمهاربند زانویی دوطرفه برروی رفتارلرزه ای قاب بااستفاده ازروش تحلیل غیرخطی اجزاء محدود بررسی شده ازجمله مهم ترین نتایج حاصل ازتحقیق درصورتی که طول زانویی کوتاهترانتخاب شود میتوان ازاثرات منفی وجود اتصال مفصلی بین تیروستون کاست.

#### ۱-۵- معرفی فصول ومحتویات پایانامه

این پایان نامه شامل ۴ فصل می باشد. فصل اول که راجع به کلیات و ضرورت اهداف تحقیق و پیشینه کارانجام شده، هم برای بادبند زانویی وهم برای مدل سازی کمانش درنرم افزاراین سیس میباشد.

فصل دوم بانام انواع سیستم های مهاربندی به بررسی انواع بادبند ها از جمله بادبند زانویی پرداخته و ضوابط طراحی ذکر شده در مقالات را برای این نوع بادبند بیان کرده است.

فصل سوم بانام انواع تحلیل های خطی و غیرخطی به بررسی انواع تحلیل ها از جمله تحلیل دینامیکی افزایشی<sup>1</sup> (*IDA*) که در این پایان نامه از آن استفاده شده به صورت کامل توضیح داده شده است.

فصل چهارم بانام قاب زانویی اصلاح شده<sup>2</sup> (*MKBF*) به روش پیشنهادی در این پایان نامه برای کنترل کمانش در بادبند زانویی میپردازد در این فصل ابتدا با بررسی اثر کمانش در بادبند زانویی، بادوروش استاتیکی و دینامیکی به تحلیل مدل ارائه شده برای کمانش پرداخته است.

---

1-Incremental Dynamic Analysis

2-Modified Knee Brace Frame

## فصل دوم

# بررسی انواع سیستم های مهاربندی

### ۲-۱- مقدمه

آنالیزهای انجام شده بر روی انواع قابهای مهاربندی شده نشان می دهد که مهاربندی سیستمی مناسب، سریع و اقتصادی در تقویت سازه های موجود یا سازه های آسیب دیده از زلزله می باشد. استفاده از این سیستم در تقویت سازه های این امکان را برای طراح فراهم می سازد که با توجه به وضع موجود، نیروها را به صورت بهینه توزیع نماید. در این سیستم تعداد کافی از شبکه های مستطیلی تیروستون در بعضی دهانه ها از بالا به پایین توسط اعضای مورب پوشانده می شود. این اعضای مورب، بادبند نامیده می شود. مهاربند هابسته به نوع بادبند، سهمی از مقاومت جانبی کل سازه را، به خود اختصاص می دهند. [۲]

قاب های مهاربندی شده رامی توان مانند یک خرپای قائم در نظر گرفت، که نیروی جانبی را به پی منتقل می کند. صلبیت جانبی قاب های مهاربندی شده در مقایسه با قاب های صلب بسیار بیشتر است. اما هر چه که ارتفاع بیشتری شود میزان صلبیت در طبقات بالاتر کمتری شود. به همین علت استفاده از قاب های مهاربندی در ارتفاع های بلند دارای محدودیت است. به طور مثال آیین نامه آمریکا استفاده تنها از قاب های مهاربندی را در ارتفاع بیش از ۴۸ متر مجاز نمی داند و باید به همراه قاب های پیوسته شکل پذیر (قاب هایی است که اتصالات آن مفصلی نباشد) بکار روند.

این مهاربندی هارامی توان به عنوان تنها سیستم مقاوم در برابر نیروی جانبی بکاربرد و یامی توان آنها را به همراه قاب های خمشی به کار بست، سیستم ساختمانهای اسکلت فولادی چند طبقه که عموماً مورد استفاده قرار می گیرند غالباً در چهار گروه زیر طبقه بندی می شوند:

سیستم نوع ۱: منظور از این سیستم، ساختمانهایی است که تمام یا قسمتی از بارهای قائم توسط دیوار یا مصالح بنائی تحمل می گردد و نیز مقابله با نیروهای جانبی زلزله برعهده دیوارهای باشد. بنابراین در این سیستم باید تدابیر خاصی برای کلاف بندی دیوارهای آجری باربر به منظور مقابله با نیروهای جانبی باد یا زلزله اجرا گردد. این نوع سیستم به سیستم غیریک پارچه معروف می باشد.

سیستم نوع ۲: سیستم قاب فضائی ساده که در آن تمام بارهای قائم توسط قاب فضائی متشکل از تیروستون با اتصالات ساده حمل می شود و مقاومت در مقابل نیروهای جانبی زلزله به وسیله دیوارهای برشی و یا بادبندی هاتأمین می گردد. (دیوار برشی دیواری است که به صورت پیوسته در تمام ارتفاع یک دهانه قرار می گیرد و به عرض زیادی که دارد دارای مقاومت برشی و خمشی بالایی است و یکی از بهترین سیستم های مقاوم در برابر نیروی جانبی در سازه های بتنی است. قابهای مهاربندی شده معمولاً در سازه های فولادی بهترین انتخاب است.)

در ایران یک روش ساخت برای چنین قابهای فلزی مرسوم است که به آن قاب با اتصال سطحی یا خورجینی تیر به ستون می گویند که در این نوع قاب شاه تیرهارابه صورت دوپل و به طور یکسره، مماس بر سطوح جانبی ستون، عبور می دهند.

سیستم نوع ۳: سیستم قاب فضائی خمشی که در آن تمام بارهای قائم و همچنین نیروی جانبی باد یا زلزله تنها به وسیله قابهای خمشی ( بدون دیوارهای برشی یا بادبندی) تحمل می شود.

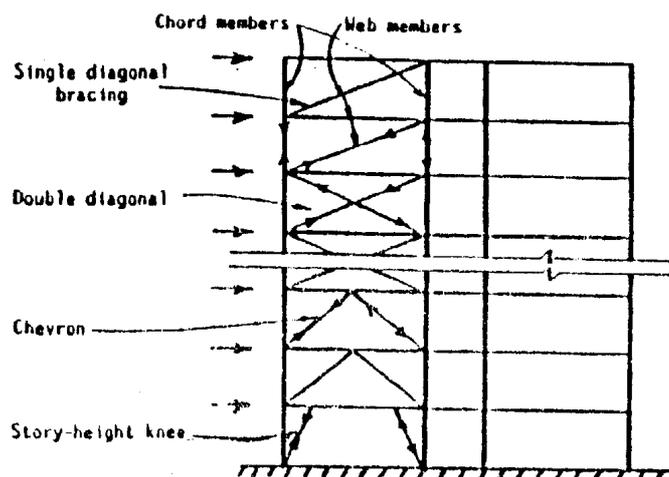
سیستم نوع ۴: سیستم مختلط قاب فضائی خمشی و دیوارهای برشی یا بادبندی ها که در آن بارهای قائم توسط قاب خمشی و نیروهای جانبی زلزله، توأماتوسط قاب خمشی و دیوارهای برشی و یا توسط قاب خمشی و بادبندی هاتحمل می شود.

باتوجه به انواع سیستم های سازه ای که در فوق به آنها اشاره شد، استفاده از بادبندی هابه عنوان سیستم مقاوم جانبی در قابهای فضائی ساده یا در سیستم های مختلط مشهود می باشد. به همین دلیل و به دلیل ایجاد یک سازه با سختی جانبی بالا و حداقل فولاد مصرفی متداولترین روش کنترل تغییر مکانها، در سازه های فولادی سیستم های مهاربندی می باشد که در ادامه به بحث و بررسی رفتار انواع بادبندی های رایج در سازه های اسکلت فلزی می پردازیم. به دلیل مقاومت بالای سیستم بادبندی در مقابل بارهای جانبی، می توان اتصالات تیرها و ستون ها را در سازه، مفصل در نظر گرفت که در این صورت مقطع تیرها در طبقات یکسان می باشند.

## ۲-۲- سیستم های مهاربندی

در این سیستم تعداد کافی از شبکه های مستطیلی تیروستون در بعضی دهانه ها از بالا به پایین توسط اعضای مورب پوشانده میشود (شکل ۲-۱) این اعضای مورب، بادبند نامیده میشود. مهاربندها بسته به نوع بادبند، سهمی از مقاومت جانبی کل سازه را، به خود اختصاص می دهند. در بادبندها، اعضای مورب، به همراه تیرها، جان خریای قائم و ستونها، بدنه آنرا بوجود می آورند.

این مهاربندی هارامی توان تنها سیستم مقاوم در برابر نیروی جانبی بکاربرد ویامی توان آن هارابه همراه قابهای خمشی بکاربرد. مهاربندیها به دودسته اصلی هم مرکز و خارج از مرکز تقسیم می شوند در مهاربندی هم مرکز فرض میشود که محورهای خنثی در اعضای مختلف (نظیر ستونها، تیرها و اعضای مهاربندی) در یک نقطه مشترک باهم تلاقی می کنند. این نوع مهاربندیها به سیستمهای بادبندی هم گرا<sup>۱</sup> ( $CBF$ ) معروفند.



شکل ۲-۱- نمایی از اشکال مختلف قاب مهاربندی شده

هرگاه در پیکر بندی قاب مهاربندی شده امتداد اعضای مختلف، نظیر ستونها، تیرها و اعضای مهاربندی همدیگر را در یک نقطه مشترک قطع نکنند، سیستم مهاربندی خارج از مرکز ( $EBF$ ) بوجود خواهد آمد. [۴]