

# بررسی شکل پذیری ساختمان های بتنی با بادبند همگرا در جانمایی های مختلف

## کد B

بهنام معتمد<sup>۱</sup>، سید حسین قاسم زاده موسوی نژاد<sup>۲\*</sup>

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد سازه، دانشکده فنی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم تحقیقات آیت اله

آملی، آمل، ایران

۲- استادیار دانشکده فنی، دانشگاه گیلان، رشت، ایران

1-email:Behnam\_motamed@yahoo.com

2 -email: h.mosavi@guilan.ac.ir

### چکیده:

سازه های بتنی همواره به دلیل تعادلی که بین سرعت ساخت و میزان هزینه ایجاد می کنند مورد استقبال دست اندرکاران این عرصه بوده اند. از سویی تقویت و بهسازی لرزه ای سازه های بتنی قدیمی و یا انتخاب سیستم مقاوم جانبی برای سازه های بتنی جدید همواره مورد توجه بوده است. در این مطالعه به بررسی تاثیر حضور بادبند های همگرا در سازه بتنی و تاثیر جانمایی های مختلف بر شکل پذیری ساختمان پرداخته شده است. نتایج نشان می دهد که کمترین ضریب شکل پذیری و کمترین جابجایی مربوط به حالت قاب خمشی توام با مهاربند در چهار کنج بوده است و بیشترین مقادیر مربوط به حالت چیدمان صرفا قاب خمشی بوده است.

واژه های کلیدی: سازه بتنی، مهاربند فولادی همگرا، چیدمان مهاربند، تغییرمکان، ضریب شکل پذیری

# **Investigation on Ductility of Concrete Buildings with Concentric Steel Bracing in Different Arrangement**

**Behnam Motamed<sup>1</sup>, Seyed Hossein Ghasemzadeh Mosavinezhad<sup>2\*</sup>**

1. M.Sc, Islamic Azad University, Ayatollah Amoli Branch, Civil Engineering Department

\*2. Assistant professor, University of Guilan , Department of Civil Engineering

## Abstract:

Concrete structures have been accepted by those involved in this industry due to the balance between the speed and cost. On the other hand, strengthening and seismic rehabilitation of old concrete structures or selection seismic resistant system for new concrete structures has always been significant. In this study the effect of Concentric Steel Bracing on concrete structure and the effect of different placement of bracing on ductility has been investigated. The results show that the lowest coefficient of Ductility and minimum displacement is related to moment frames with the four corners bracing and the highest values was related to bending frame.

## Key word:

Concrete Structure, Concentric steel bracing, Bracing placement, Displacement, coefficient of Ductility

۱- مقدمه:

کشور ایران به دلیل قرارگیری در کمربند لرزه ای آلپ-همالیای همواره زلزله هایی بزرگی را تجربه کرده است. از سویی دیگر در ایران به دلیل مسائل اجرایی و اقتصادی اغلب تمایل به ساخت سازه های بتنی بیشتر از سازه های فولادی می باشد بررسی زلزله های گذشته کشور نشان می دهد که بسیاری از ساختمان های بتن آرمه ایران در برابر زلزله مقاوم نیستند. آسیب دیدن ساختمان ها در برابر زلزله، حوادث غیر مترقبه، تغییر کاربری، تغییر ضوابط آیین نامه ها و افزایش طبقات فوقانی و توسعه بنا، از جمله دلایلی می باشند که مقاوم سازی را الزامی می سازند. مطالعات نشان داده است که یکی از روش های اقتصادی در این زمینه استفاده از بادبند های فولادی می باشد. مطالعات متعددی در زمینه استفاده از انواع بادبندها در سازه های بتنی و فولادی و تاثیر آن بر پارامتر های لرزه ای انجام گرفته است.

بعنوان نمونه به کارهای تجربی که آقایان ماهری، کوثری و رزازان [۱-۲] انجام داده اند میتوان اشاره کرد. در این تحقیقات ضمن در نظر داشتن نحوه اتصال بادبند به قاب، مسئله شکل پذیری قاب نیز مد نظر بوده است و نهایتاً "ضریب رفتار دو سیستم مهاربندی در قاب مدل یک طبقه یک دهانه پیشنهاد شده است. همچنین تحقیقاتی در مورد ضریب رفتار این سیستم انجام شده است. از دیگر کارهای انجام شده در این زمینه میتوان به کارهای آقایان Abou Elfath و Ghojarah [۳-۴] در سالهای ۱۹۹۹ و ۲۰۰۰ اشاره کرد که با انجام آنالیز غیر ارتجاعی دینامیکی تحت طیفی از زلزله های متفاوت، رفتار بادبند های هم مرکز و خارج از مرکز را در قاب بتن آرمه مورد بررسی قرار دادند.

در مطالعه دیگری اکبری و همکاران [۵] به بررسی ضریب رفتار قاب بتن مسلحی پرداختند که با بادبند فلزی تقویت شده بود. در مطالعه مذکور قابهای ۴ طبقه بتن مسلح با سیستم های مهاربند فولادی از نوع ضربدری، هشت و زانوئی مورد بررسی قرار گرفتند. ابتدا قابها تحت اثر نیروهای ثقلی و زلزله اعمالی (استاندارد ایران) آنالیز و با توجه به ضوابط آئین نامه ACI, AISC طراحی گردیدند. پس از انجام آنالیز و طراحی، قابهای مذکور را تحت آنالیز غیر خطی استاتیکی نیروهای فزاینده (Push-Over Analysis) با استفاده از نرم افزار (Drain- 2DX) مطابق نیروی جانبی آئین نامه قرار داده شد و مقدار ضریب رفتار محاسبه گردید. ضرایب رفتار بدست آمده حاکی از این مطلب است که با تغییر محل بادبند از دهانه وسط به دهانه کنار، ضریب رفتار سازه، شکل پذیری و اضافه مقاومت سازه کاهش می یابد ولی پریود سازه افزایش می یابد.

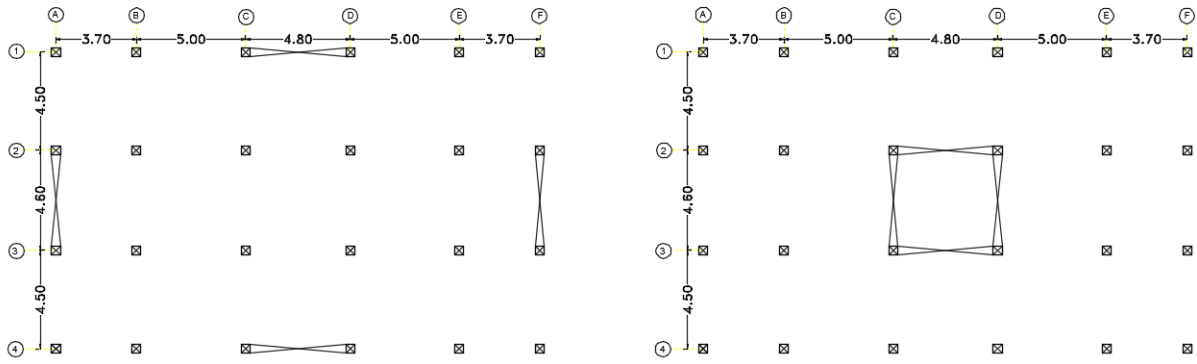
در مطالعه دیگر Viswanath K.G و همکاران [۶] به ارزیابی عملکرد لرزه ای سازه های بتنی تقویت شده با بادبند های فلزی همگرا پرداختند. آنها برای این منظور ساختمان ۴، ۸، ۱۲ و ۱۶ طبقه را مورد بررسی قرار دادند و همچنین به بررسی تاثیر توزیع و نوع بادبند همگرا در ارتفاع سازه پرداختند. نتایج نشان داد بادبند فلزی همگرا از نوع X به طور قابل ملاحظه ای به سختی سازه و کاهش تغییر مکان قاب ها کمک می کند. با وجود مطالعات گسترده در زمینه حضور بادبندهای فلزی در قاب های بتنی کماکان مطالعه جامع در زمینه تاثیر جانمایی بادبندها در خصوصیات لرزه ای و شکل پذیری سازه ها وجود ندارد و نیاز به تحقیق بیشتر در این زمینه کاملاً احساس می شود.

۲- برنامه مطالعاتی:

در این مطالعه جهت بررسی خصوصیات شکل پذیری و لرزه ای سازه های بتنی تقویت شده با مهاربندهای فولادی از چهار نوع چیدمان برای بادبند ها استفاده گردید. تمامی مدل ها در دو گروه ۴ و ۸ طبقه از لحاظ ارتفاعی مدل گردیدند. جهت مقایسه بیشتر نمونه های کنترل مدل شده با قاب خمشی نیز در کنار سایر طرح ها ایجاد گردید. در جدول ۱ طرح های به کار رفته آورده شده است. در شکل ۱ جانمایی های به کار رفته نشان داده شده است.

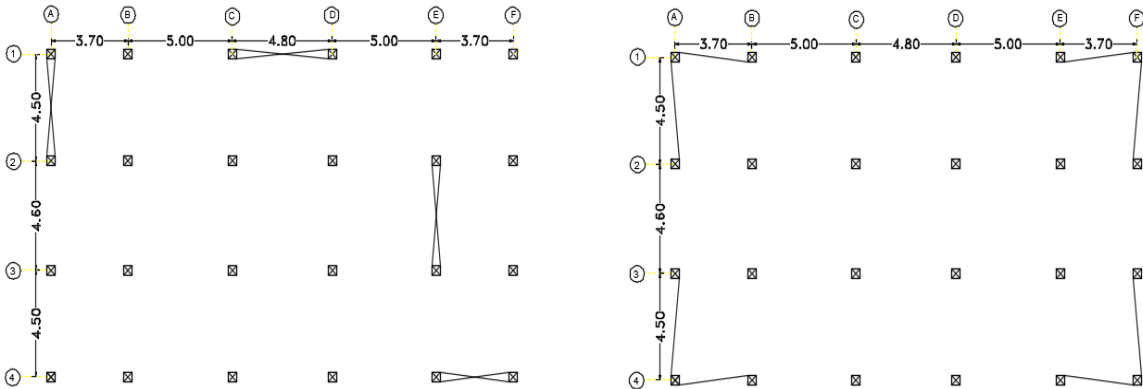
جدول ۱: شماره گذاری جانمایی بادبند در طرح های مختلف

چیدمان	چیدمان بادبند منظم	چیدمان بادبند هسته مرکزی	چیدمان بادبند نامنظم	چیدمان بادبند منظم در گوشه	چیدمان خمشی
شماره طرح	۱	۲	۳	۴	۵



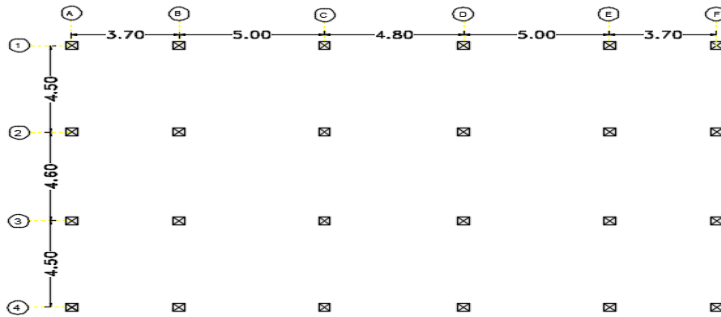
1

2



3

4



5

شکل ۱: نحوه جانمایی بادبند در طرح های مختلف

تمامی مدل ها با نرم افزار SAP و تحت آنالیز استاتیکی غیر خطی مورد تحلیل قرار گرفتند. پس از تحلیل سازه و برآورد نیروهای داخلی اعضا و تغییر شکل های ناشی از بارهای ثقلی و بارهای جانبی زلزله، عملکرد اجزای سازه با توجه به معیارهای پذیرش مورد بررسی قرار گرفتند. در اعضایی که توسط تغییر شکل کنترل می گردند، تغییر شکل های حاصل از تحلیل غیرخطی نباید از ظرفیت آن ها بیشتر باشد، بر این اساس از آیین نامه FEMA [۷] و دستورالعمل های بهسازی [۸] استفاده گردید. در این روش برش پایه نظیر تغییر مکان هدف (Ve) نباید کمتر از ۸۰٪ برش تسلیم مؤثر سازه (Vy) گردد.

در صورتی که از روش ساده شده تحلیل استاتیکی غیرخطی استفاده نمائیم، به دلیل ساده سازی در تحلیل، معیار پذیرش برای اعضاء اصلی سازه محدودتر است، بنابراین تلاش های این اعضاء بر اساس سطح عملکرد مورد نظر برای ساختمان، باید توسط معیار پذیرش اعضای اصلی پذیرفته شوند و برای اعضای غیراصلی بر اساس سطوح عملکرد مورد نظر ساختمان، تلاش ها باید توسط معیار پذیرش اعضای غیراصلی پذیرفته گردند. بارهای ثقلی اعمال شده در تمامی مدل ها در جدول ۲ آورده شده است.

جدول ۲- بارهای ثقلی اعمال شده در تمامی مدل ها

نوع	بار مرده	بار زنده	بار زنده معادل
مقدار (کیلوگرم بر متر مربع)	۵۵۰	۲۰۰	۱۰۰

ارتفاع طبقات و سازه های مدل شده در جدول ۳ آورده شده است. در این مطالعه مقایسه بین نتایج مختلف تحت Push y بررسی گردیده است.

جدول ۳- ارتفاع طبقات و سازه های مدل شده

ارتفاع طبقه	ارتفاع ساختمان ۴ طبقه	ارتفاع ساختمان ۸ طبقه
۳/۱۰	۱۲/۴۰	۲۴/۸

### ۳- ارائه نتایج و تحلیل:

#### ۳-۱- بررسی برش و جابجایی حداکثر بام در نقطه عملکرد:

کلید مدل ها تحت آنالیز غیر خطی استاتیکی قرار گرفته شدند و پس از بررسی طیف نیاز و طیف ظرفیت مقادیر برش و جابجایی حداکثر در تراز بام برای تمام مدل ها در نقطه عملکرد (نقطه تلاقی طیف ظرفیت و نیاز) در جدول ۴ آورده شد. برای مقایسه بهتر نتایج جابجایی و برش پایه در نقطه عملکرد به صورت جداگانه در شکل های ۲ و ۳ آورده شده اند. نتایج شکل ۲ نشان می دهد که در تمامی مدل ها فارغ از تعداد طبقات مدل قاب خمشی و مدل چهارکنج به ترتیب بیشترین و کمترین تغییر مکان را در تراز بام در نقطه عملکرد از خود نشان داده اند.

در سازه های چهار طبقه تحت push-y، نتایج نشان داده است که مدل چهار کنج از لحاظ تغییر مکان حداکثر نسبت به تمامی حالات دارای مقدار کمتری بوده است. این مقدار در نقطه عملکرد ۶/۱ سانتی متر بوده است. مدل مذکور از لحاظ برش پایه دارای مقادیر بیشتری بوده است

به گونه ای که مقدار آن در نقطه عملکرد ۶۸۳ تن می باشد و لذا انتظار می رود که سطح منحنی کمتری را اشغال نماید و بالطبع دارای ضریب شکل پذیری کمتری می باشد.

طبق نمودار گرافیکی ذیل می توان بیان کرد که سطح شکل پذیری با حرکت از مدل جانمایی چهار کنج به سمت مدل قاب خمشی تنها افزایش می یابد.

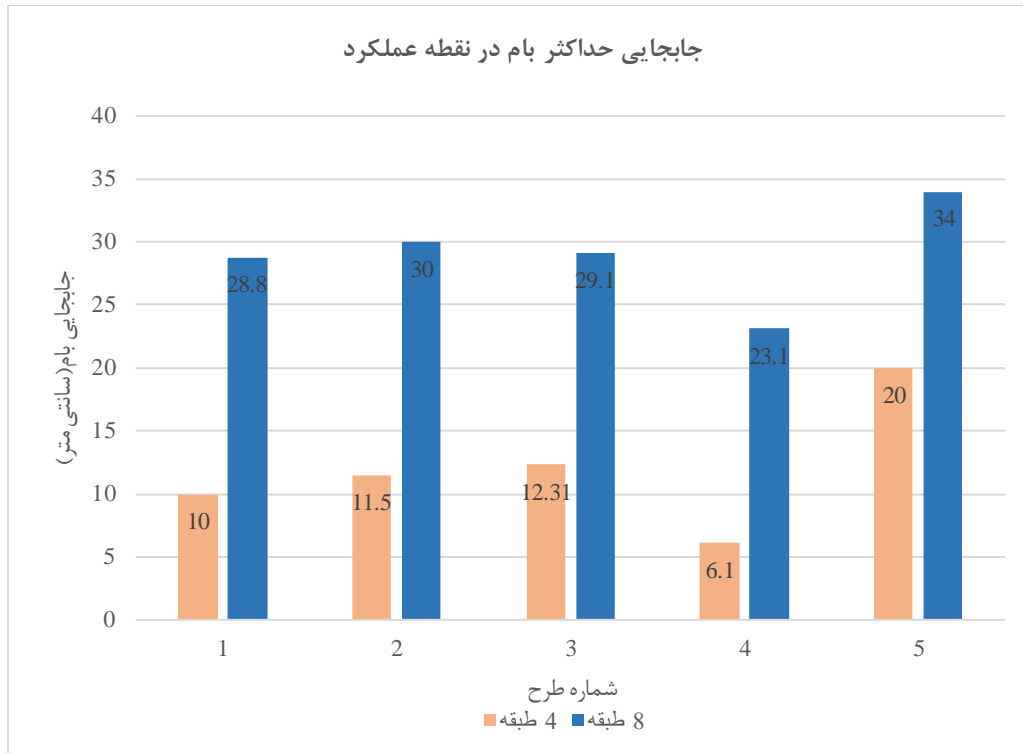
۴کنج منظم ← منظم ← هسته مرکزی ← نامنظم ← قاب خمشی تنها

در سازه های ۸ طبقه از لحاظ تغییر مکان حداکثر در تراز بام تحت push-y ، مدل چهار کنج دارای مقادیر کمتری در نقطه عملکرد بوده است در حالیکه همین طرح مقدار برش پایه بیشتری را در نقطه عملکرد از خود نشان داد و لذا انتظار می رود که دارای ضریب شکل پذیری کمتری نسبت به سایر موارد با توجه به تغییر مکان موجود باشد( به دلیل داشتن مساحت کمتر سطح منحنی دو خطی).

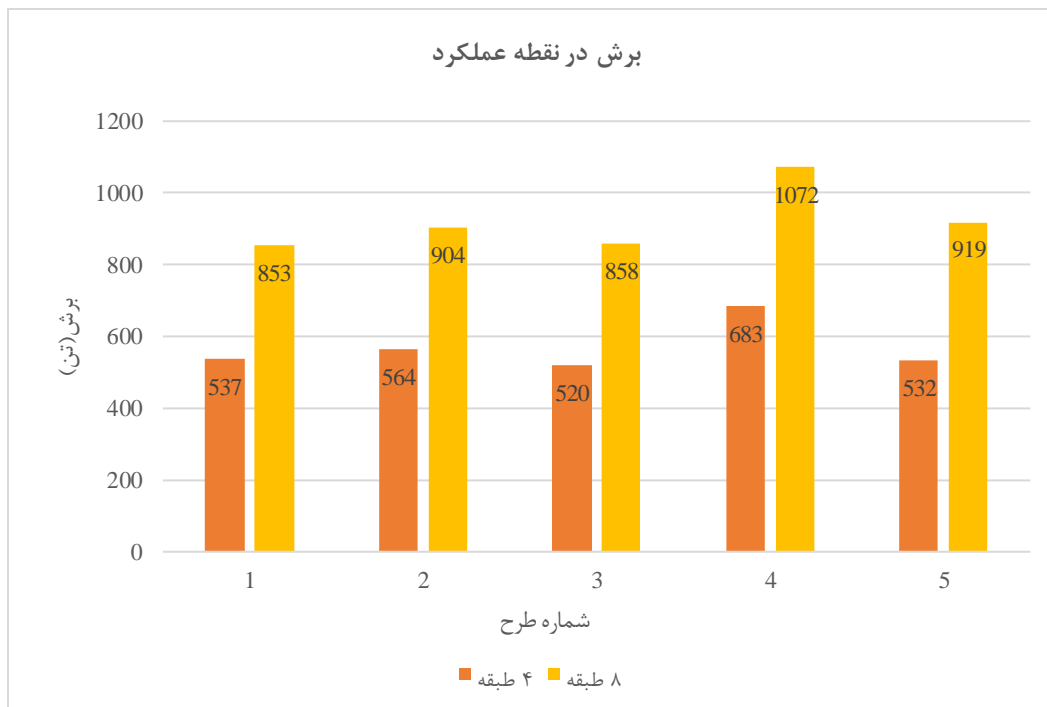
۴کنج منظم ← منظم ← هسته مرکزی ← نامنظم ← قاب خمشی تنها

جدول ۴- مقادیر برش پایه و جابجایی حداکثر بام در نقطه عملکرد

شماره طرح		۱	۲	۳	۴	۵
۴ طبقه	برش (ton)	۵۳۷	۵۶۴	۵۲۰	۶۸۳	۵۳۲
	جابجایی (cm)	۱۰	۱۱/۵	۱۲/۳۱	۶/۱	۲۰
۸ طبقه	برش (ton)	۸۵۳	۹۰۴	۸۵۸	۱۰۷۲	۹۱۹
	جابجایی (cm)	۲۸/۸	۳۰	۲۹/۱	۲۳/۱	۳۴



شکل ۲- جابجایی حداکثر بام در نقطه عملکرد

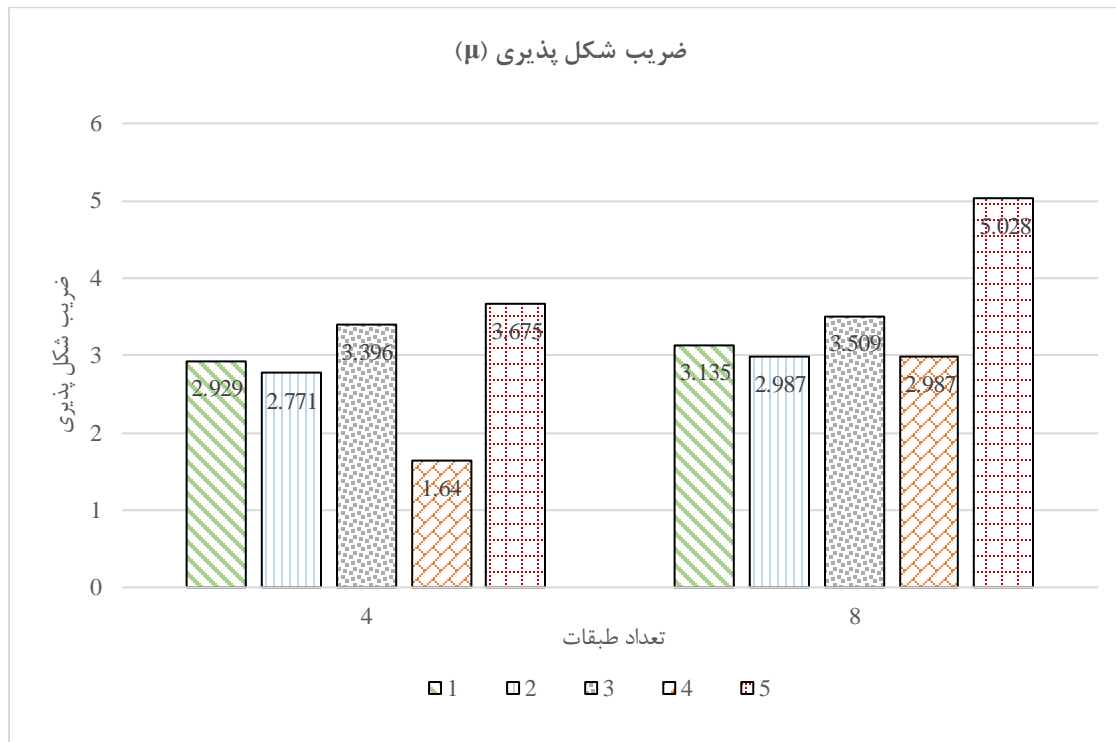


شکل ۳- برش پایه در نقطه عملکرد

### ۳-۲- بررسی ضریب شکل پذیری و ضریب رفتار نهایی سازه:

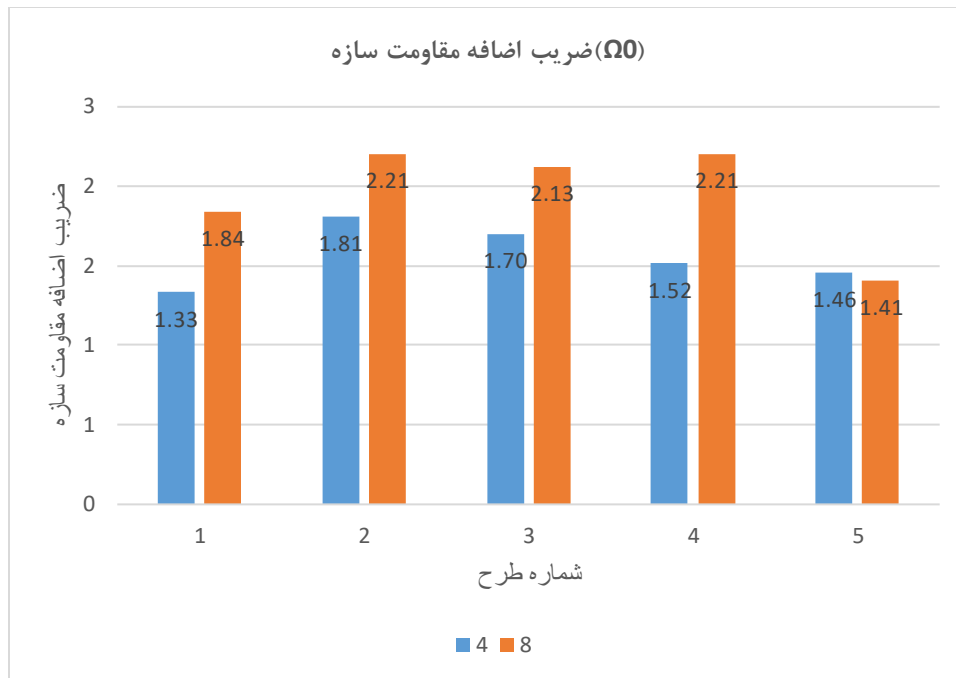
یکی از معیار های اساسی در طراحی سازه ها دستیابی به مدلی می باشد که دارای قابلیت جذب انرژی و شکل پذیری مناسب باشد تا بتواند انرژی ناشی از زلزله را به طور مناسبی مستهلک نماید. از پارامتر های مهم در این زمینه ضریب کاهش شکل پذیری ( $R_{\mu}$ )، ضریب شکل پذیری ( $\mu$ ) و ضریب اضافه مقاومت ( $\Omega_0$ ) می باشند. ضریب کاهش شکل پذیری معرف پارامتری می باشد که بر اثر شکل پذیری، ساختمان ظرفیتی برای استهلاک انرژی هیستریزس خواهد داشت. به دلیل این ظرفیت استهلاک انرژی، نیروی طراحی الاستیک  $C_{eu}$  را می توان به تراز مقاومت تسلیم  $C_y$  کاهش داد. ضریب شکل پذیری سازه به قابلیت سازه در تحمل تغییر شکل های غیر الاستیک و پلاستیک بدون اینکه سازه دچار فروریزش شود اتلاق میشود. ضریب اضافه مقاومت سازه در حقیقت مقاومت ذخیره ای است که بین تراز واقعی تسلیم سازه و سطح نیروی طراحی به روش حالت حد نهایی وجود دارد. این ضریب با توجه به نوع سیستم سازه ای تعیین می گردد و بستگی به پارامترهای ضریب اضافه مقاومت سیستم، ضریب اضافه مقاومت مصالح و ضریب اضافه مقاومت طراحی دارد.

شکل ۴ نشان می دهد که در تمامی مدل ها فارغ از ارتفاع طبقات بیشترین ضریب شکل پذیری مربوط به مدل قاب خمشی می باشد. از بین سایر مدل ها که دارای مهار بند فولادی همگرا می باشند بیشترین ضریب شکل پذیری مربوط به چیدمان با دابند نامنظم می باشد و کمترین ضریب شکل پذیری مربوط به مدل چهار کنج است. از آنجایی که در سازه ها بحث شکل پذیری معمولا بحث با ضریب اضافه مقاومت همراه است در شکل ۵ به بررسی ضرایب اضافه مقاومت سازه پرداخته شده است. نتایج نشان می دهد که بیشترین ضریب اضافه مقاومت در سازه های ۴ طبقه مربوط به چینش هسته مرکزی می باشد. و در سازه های ۸ طبقه مدل هسته مرکزی و چهار کنج عملکرد مشابهی در این زمینه از خود نشان داده اند.



شکل ۴- ضریب شکل پذیری





شکل ۵- ضریب اضافه مقاومت سازه

#### ۴- نتیجه گیری:

در این مطالعه به بررسی تاثیر حضور بادبندهای همگرا در سازه های بتنی پرداخته شد. متغیرهای مورد نظر برای این مطالعه ارتفاع سازه و جانمایی بادبندها در پلان بوده اند. برای در نظر گرفتن متغیر ارتفاع سازه مبادرت به طرح مدل هایی با تعداد طبقات ۴ و ۸ طبقه گردید. همچنین برای در نظرگیری تاثیر جانمایی بادبندها، پنج نوع جانمایی به صورت منظم، هسته مرکزی، منظم در چهار کنج، نامنظم و بدون بادبند(قاب خمشی) مدل گردید. تمامی طرح ها در نرم افزار SAP مدل و تحت بارگذاری استاتیکی غیر خطی تحلیل گردیدند. نتایج کلی این مطالعه به صورت ذیل قابل ارائه می باشد.

#### ۴-۱- نتایج به دست آمده در قاب ۴ طبقه

- ۱- در حالت قاب خمشی جابجایی سازه نسبت به حالات قاب خمشی توأم با مهاربند افزایش می یابد.
- ۲- در حالت قاب خمشی مقدار برش پایه قابل تحمل سازه، نسبت به حالات قاب خمشی توأم با مهاربند به میزان نسبت افزایش جابه جایی، کاهش می یابد.
- ۳- در میان حالات مختلف از قاب توأم با مهاربند، حالت چیدمان چهار کنج در شرایط یکسان از لحاظ مقاطع و نوع بارگذاری، تغییر مکان کمتری از خود نشان داده است.
- ۴- در میان حالات مختلف از قاب توأم با مهاربند، حالت چیدمان چهار کنج در شرایط یکسان از لحاظ مقاطع و نوع بارگذاری، مقدار برش پایه بیشتری را تحمل می نماید.

همچنین خروجی نمودار دو خطی صحت مطالب فوق را تأکید می نماید:

- ۵- هرچقدر جابجایی سازه بیشتر باشد دارای ضریب شکل پذیری بیشتری است چون مساحت زیر نمودار اضافه می‌گردد.
- ۶- بصورت کلی در حالت چهار طبقه، مدل قاب خمشی تنها، دارای ضریب شکل‌پذیری بیشتری است.
- ۷- حالت قاب خمشی توأم با مهاربند بصورت چهار کنج نسبت به سایر حالات، دارای کمترین ضریب شکل‌پذیری می‌باشد.
- ۴-۲- نتایج به دست آمده در قاب ۸ طبقه
- ۱- بیشترین جابجایی در قاب ۸ طبقه در هر دو جهت مربوط به حالت قاب خمشی تنها می‌باشد.
- ۲- کمترین جابجایی در قاب ۸ طبقه در هر دو جهت مربوط به حالت قاب خمشی توأم با بادبند در چهار کنج می‌باشد.
- ۳- بیشترین برش پایه مربوط به حالت چهار کنج می‌باشد.
- ۴- میزان ضریب شکل‌پذیری با جابه‌جایی نسبت مستقیم دارد. (یعنی به همان نسبت هر چقدر مقدار جابجایی بیشتر شود مقدار ضریب شکل‌پذیری افزایش یافته و بالعکس).

#### ۵- منابع:

- ۱- رزازان، مهدی، بررسی تجربی استفاده از مهاربند زانوئی شکل پذیر در قاب بتن مسلح، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه شیراز، ۱۳۸۰
- ۲- کوثری، رحیم، بررسی تجربی استفاده توأم از بادبند فلزی و قاب بتنی شکل پذیر (تیر ضعیف) بعنوان عنصر مقاوم لرزه ای، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه شیراز، ۱۳۸۰
- ۳- Ghobarah.A., Abou Elfath.H, "Behaviour of Reinforced Concrete frames Rehabilitated with Concentric Steel Bracing", Can.J.Civ.eng, Vol.27, pp.433-444, (2000).
- ۴- Ghobarah.A., Abou Elfath.H, "Rehabilitation of a Reinforced Concrete frame Using Eccentric Steel Bracing", Engineering Structure.J, vol.23, pp.745-755. (2001).
- ۵- اکبری، رضا و محمودرضا ماهری، ۱۳۸۱، بررسی ضریب رفتار سیستم سازه ای قاب بتن مسلح مقاوم شده با بادبند فولادی، اولین کنفرانس ایمن سازی و بهسازی سازه ها، تهران، دانشگاه امیرکبیر (پلی تکنیک تهران)، عمران، [http://www.civilica.com/Paper-CSRS01-032\\_6393609192.html](http://www.civilica.com/Paper-CSRS01-032_6393609192.html)
- 6-Viswanath K.G, Prakash K.B.and Desai A, (2010) "Seismic analysis of steel braced reinforced concrete frames." *International Journal of Civil and Structural Engineering volume 1, pp.114-122*
- 7- American society of civil engineers. 2000. *prestandard and commentary for the seismic rehabilitation of buildings.FEMA-356 Report. Published by the Federal Emergency Management Agency.Washington.D.C*
- ۸- پژوهشگاه بین المللی زلزله شناسی و مهندسی زلزله. ۱۳۸۵. دستورالعمل بهسازی لرزه ای ساختمان های موجود. انتشارات دفتر امور فنی، تدوین معیارها و کاهش خطر پذیری ناشی از زلزله، سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور