Archive of SID

2nd International Conference on
CIVIL ENGINEERING, ARCHITECTURE & URBAN PLANNING ELITES
15th Nov.2016 London - United Kingdom

دومین کنفرانس بین المللی
نخبگان عمران، معماری و شهرسازی
لندن - انگلستان ۲۵ آبان ماه ۱۳۹۵

مقاوم سازی سازه های بتنی در برابر زلزله با استفاده از مهار بند فولادی

میلاد ایران پور
دانشجوی رشته عمران دانشگاه ازاد کرج
Miladiranpoor1996@gmail.com

خلاصه:

استفاده از بادبند فلزی در سازه های بتنی به خاطر اجرای آسان اقتصادی بودن و قابلیت ایجاد نورگیر در درهانه های بادبندی شده نسبت به دهانه های دارای دیوار برشی و همچنین مقاوم کردن ساختمان بتنی ضعیف موجود در برابر زلزله درچند دهه اخیر ممورد توجه محقیقین قرار گرفته است .

هدف این مقاله انجام بهسازی و مقاوم سازی کلی سازه های بتنی توسط مهاربند فولادی می باشد که مواردی از قبیل تعداد متفاوت مهاربند فولادی در دهانه های مختلف سازه بتنی و چگونگی عملکرد و اندرکنش قابهای بتنی با بادبند فلزی مورد بررسی قرار گرفته است . در این مقاله با انجام تحلیل غیرخطی استاتیکی و بررسی شکل پذیری ، تغییر مکان نسبی طبقات، بررسی نقطه عملکرد نمونه ها و تعیین ضریب رفتار قابهای ترکیبی (قاب بتنی با بادبند فلزی) رفتار قاب صلب بتنی مهاربندی شده با قاب بدون مهاربند مقایسه گردیده است. نتایج آنالیز ها و بررسی های انجام شده نشان دهنده این است که اضافه کردن مهاربند فلزی باعث افزایش مقاومت و سختی قاب گردیده و شکل پذیری و تغییر مکان جانبی سازه را کاهش می دهد و در کل رفتار سازه در مقابل زلزله بهبود می یابد .

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه :

معمولا قابهای بتنی در برابر بار های ثقلی مشکل خاصی ندارند و بیشتر تحت تاثیر نیرو های جانبی آسیب پذیر هستند . درمناطق زلزله خیز یکی از اصول اساسی طراحی سازه این است که سازه سختی جانبی کافی برای کنترل جابجایی بین طبقات را داشته باشد . علاوه بر این میزان جذب انرژی سازه در مدت زمان اعمال نیروی جانبی نیز از اهمیت ویژه ای بر خوردار است .

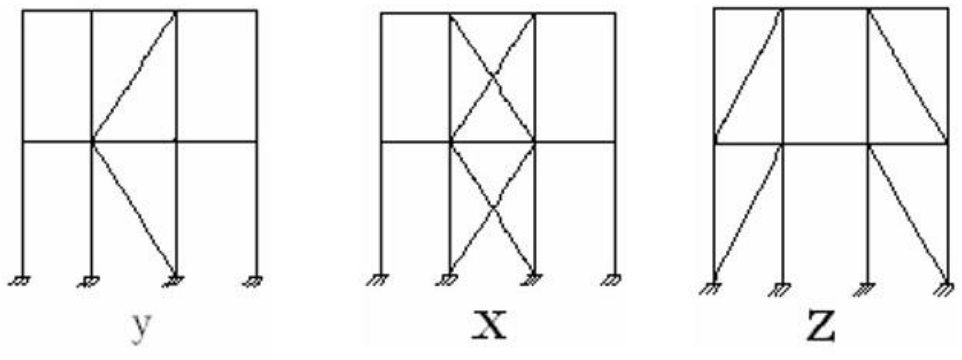
تحلیل مدلهای سه بعدی ، استفاده از مدلهای باتعداد طبقات مختلف ، استفاده از مهاربند هایی با اشکال مختلف قطری و ضربدری در دهانه های مختلف مدلهای انتخابی وتعیین نقطه عملکرد سازه های انتخابی می باشد ۰

به خاطر هندسه بادبند های همگرا ،این نوع سیستم عمل خرپایی را بطور کامل ایجاد کرده و با تامین سختی و مقاومت جانبی زیاد و عملکرد مناسب آن در زلزله ها ، از متداولترین سیستمهای باربری جانبی بوده بنابر این در این مقاله از سیستم بادبندی همگرا استفاده شده است . از مزیت های دیگر سیستم بادبندی همگرا ، قابلیت تعمیر پذیری در صدمات شدید و نیز تشکیل یک سیستم باربر جانبی مکمل با عملکرد مناسب بصورت سیستم مختلط می باشد . طبق فلسفه طراحی لرزه ای ، انتظار می رود که سیستم مهاربندی همگرا تحت زلزله های شدید بتواند پاسخ غیر ارتجاعی پایدار و مداومی از خود نشان دهد .

معرفی سازه های انتخابی

بخاطر اینکه هدف بهسازی و مقاوم سازی سازه های بتنی می باشد و در ایران اغلب سازه های بتنی ساخته شده کوتاه مرتبه تا میان مرتبه می باشند .بنابر این سازه های مورد تحلیل در این مقاله با تعداد طبقات دو ، چهار و شش طبقه انتخاب شدند ، سازه ها به صورت سه بعدی و سه دهانه در دوطرف مدلسازی شده و تیر ریزی سقف طبقات بصورت شطرنجی می باشد ارتفاع طبقات و عرض دهانه ها سه متر لحاظ شده است و مدل ها با ایین نامه ACI طراحی شده اند .

بادبند های انتخابی هم محور بوده وبه سه شکل X,Z,Y انتخاب شده اند . فرمهای مختلف مهاربندی در شکل (۱) نشان داده شده است .

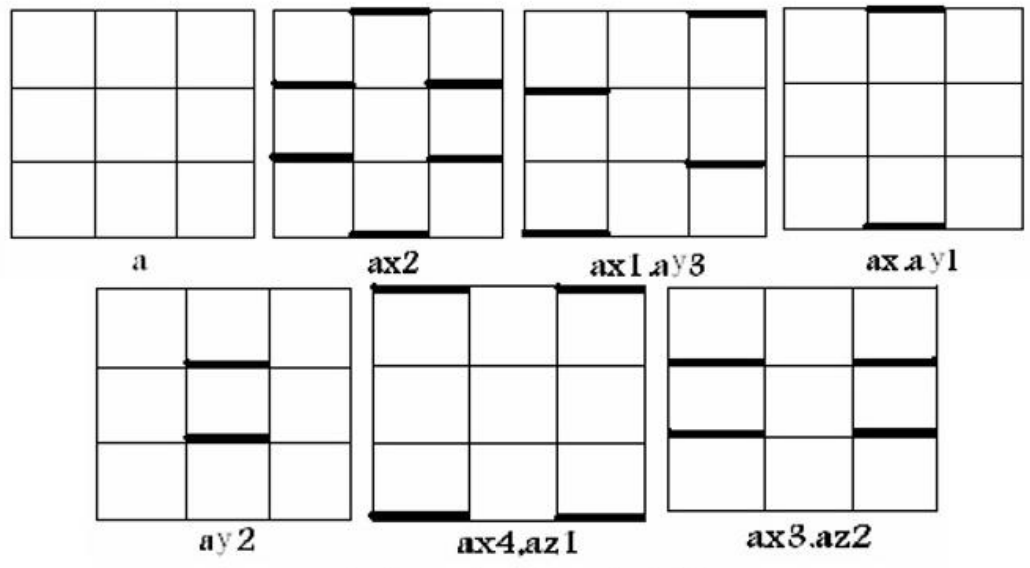


شکل ۱: بادبندهای همگرای انتخابی

پلان سازه ساختمان و آرایش بادبند ها در پلان در شکل (۲)نمایش داده شده است . برا ی معرفی پلانهای مشخصه a، نشان دهنده تعداد طبقات سازه می باشد و مشخصه X,Z,Y نشان دهنده نوع مهاربندی و نهایتا رقم آخر مشخصه ، نشان دهنده ترکیب مهاربندی در پلان سازه انتخابی میباشد . بعنوان مثال 4x1 یعنی سازه باتعداد ۴طبقه و مهاربند از نوع xوترکیب بادبندها در پلان مطابق با نمونه ax1 نشان داده شده در شکل (۲) می باشد .

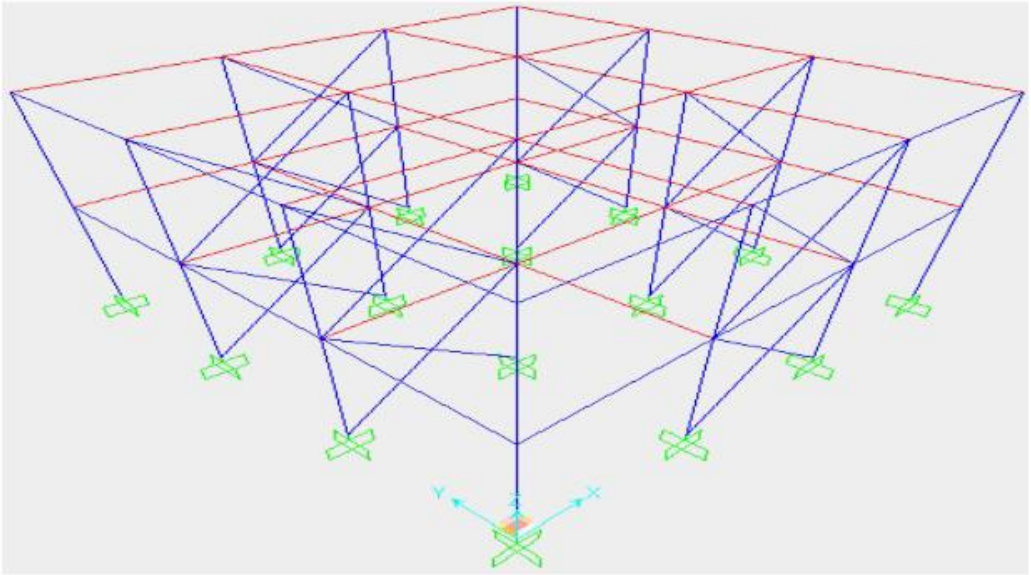
www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۲: پلان مدلهای بادبندی انتخابی

کلیه سازه ها به صورت سه بعدی در نرم افزار SAP200 مدل شده اند ، به عنوان نمونه شمای سه بعدی سازه 2X2 در شکل سه نشان داده شده است .



شکل ۳: نمایش سه بعدی یکی ا زمدلها

انتخاب نرم افزار مناسب

پس از بررسی ها بین نرم افزار های تحلیلی موجود مانند ETABT,ANSYS,SAP000 نتیجه بر آن شد که بدلیل قابلیت های نرم افزار ETABS, SAP2000 از نظر گرافیکی ، تحلیل وطراحی نمونه ها با استفاده از این دو نفر افزار باشد .

www.SID.ir

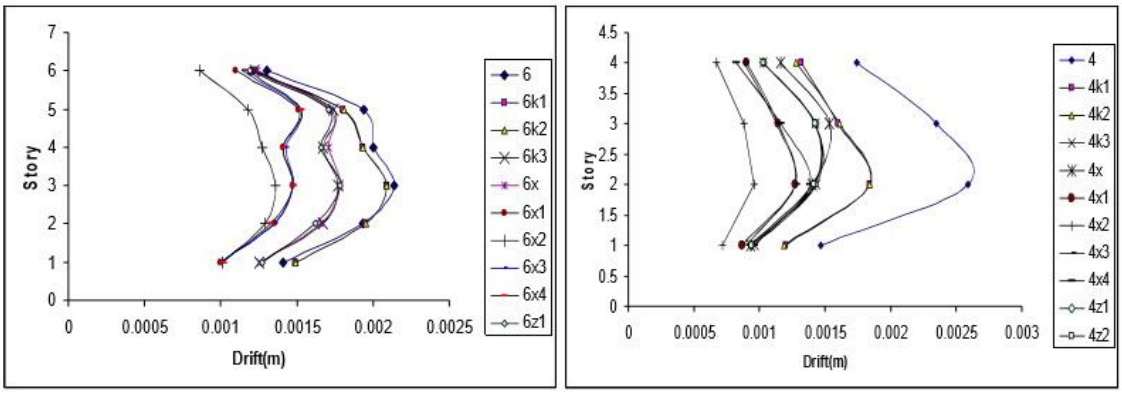
انتخاب روش تحلیل

در طرح کلاسیک سازه ها ، ایمنی سازه ها با محدود نمودن تنشها در حد جاری شدن مصالح حاصل می شود ، اما حتی زلزله های متوسط ممکن است باعث جاری شدن بعضی از عناصر سازه ای شوند .بنابر این برای پیش بینی عملکرد ساختمانها در مقابل زلزله ها حفیف و متوسط بدون وارد شدن خسارت عمده سازه ای و در زلزله ها شدید بدون فرویختن ، قادر به مقاومت باشند . برای رسیدن به این هدف مهندسان احتیاج به اطلاعاتی در باره نحوه توزیع نیروها و تغییر شکل ها در اضای سازه هنگام زلزله دارند ک مستلزم تحلیل غیر خطی و پیش بینی مفاصل پلاستیک و شناخت خصوصیات مودهای انهدام می باشد . انالیز استاتیکی غیر خطی فرایند یکی از روشهای ارزیابی لرزه ای سازه ها به خصوص در محدوده تغییر شکلهای غیر خطی می باشد این انا لیز نسب به آنالیز دینامکی غیر خطی پیچیدگی کمتری داشته و در اکثر موارد دارای دقت کافلی جهت برآورد رفتار لرزه ای سازه ها می باشد. تحلیل طیف ظرفیت و تحلیل استاتیکی فرایند غیر خطی مودی در حال بررسی توسط چوپرا و گوئل می باشد و با روش تحلیل دینامیکی غیر خطی (که معمولا به عنوان یک روش شاهد و نسبتا دقیق در تحقیقاتمورد بررسی قرار می گیرد) مقایسه می شود بنا بر این روش تحلیل استاتیکی غیر خطی انتخاب گردید.

نتایج حاصل از تحلیل استاتیکی خطی

جهت مقایسه رفتار لرزه ای قابهای بتنی فاقد مهاربندی با قابهای بتنی مهاربندی شده ، توسط آنالیز خطی استاتیکی به کمک نرم افزار ETABS مقادیر تغییر مکان نسبی طبقات ، پریود و نیروی بالا برنده ستونها محاسبه گردیده است . بارگذاری زلزه مطابق آیین نامه زلزه ایران بصورت مثلثی وارونه می باشد . نتایج حاصله قابهای ۴طبقه و ۶ طبقه بصورت نمودار ارائه گردیده است . در شکل (۴) تغییر مکان نسبی طبقات در قابهای مختلف با هم مقایسه گردیده است .

با



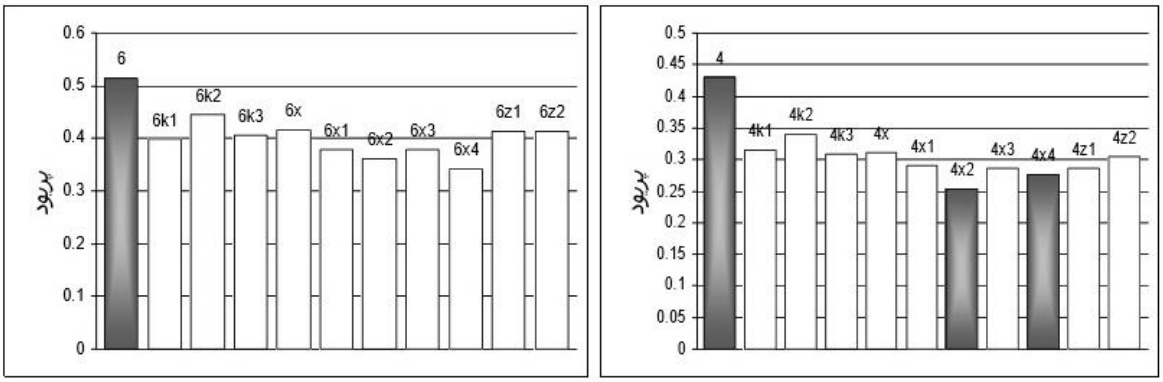
ب- سازه ۶ طبقه الف-سازه۴طبقه

شکل۴: تغییر مکان نسبی طبقات در نمونه های ۴و۶ طبقه

مشاهده نمودار شکل (۴) دیده می شود که مدل بدون بادبند نسبت به مدلهای بادبند شده دارای تغییر مکمان نسبی بالاتری می باشد که این امر نشان دهنده افزایش سختی قابهای مهاربندی شده نسبت به فابهای فاقد مهاربندی می باشد .همچنین مقایسه تغییر مکان های سازه ۴طبقه و ۶ طبقه دیده می شود که با افزایش تعداد طبقات رفتار سازه مهاربندی شده به سازه فاقد مهاربندی نزدیکتر می گردد.

در شکل (۵) پریود قابهای مختلف باهم مقایسه گردیده است .

www.SID.ir

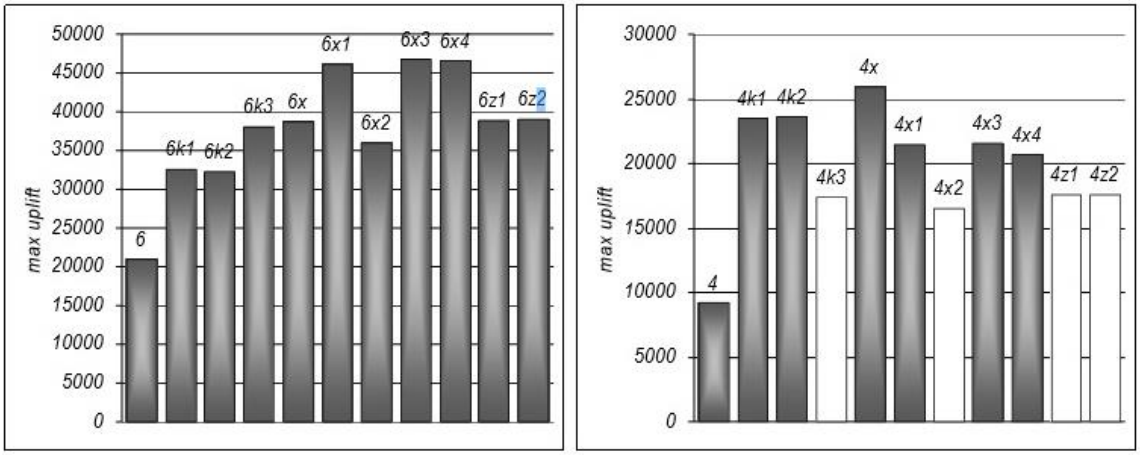


الف–سازه۴طبقه ب– سازه ۶ طبقه

شکل۵: پریود نمونه های ۴و۶ طبقه

با توجه به این شکل دیده می شود که در کلیه نمونه های بدون بادبند ، سازه دارای پریود بالاتری نسبت به نمونه های باد بندی شده است ، که بدلیل افزایش سختی قابهای مهاربندی شده می باشد .

در شکل (۶) حداکثر نیروی بالابرنده (uplift) ارائه گردیده است .



الف–سازه۴طبقه ب– سازه ۶ طبقه

شکل ۶: حداکثر نیروهای بالابرنده ستونها با تعداد طبقات ۴و۶

با توجه به این شکل دیده می شود که قابهای بدون بادبند دارای حداقل نیروی بالابرنده می باشند .در قابهای مهاربندی شده بخاطر اینکه تحت نیروی جانبی زلزله ، بادبند ها به کشش و فشار می افتند در نتیجه ستونهای مجاور آنها نیز در کشش و فشار قرار می گیرند و نیروی بالا برنده بیشتری نسبت به حالت بدون مهار تحمل می کنند.

نتایج حاصل از تحلیل غیر خطی استاتیکی

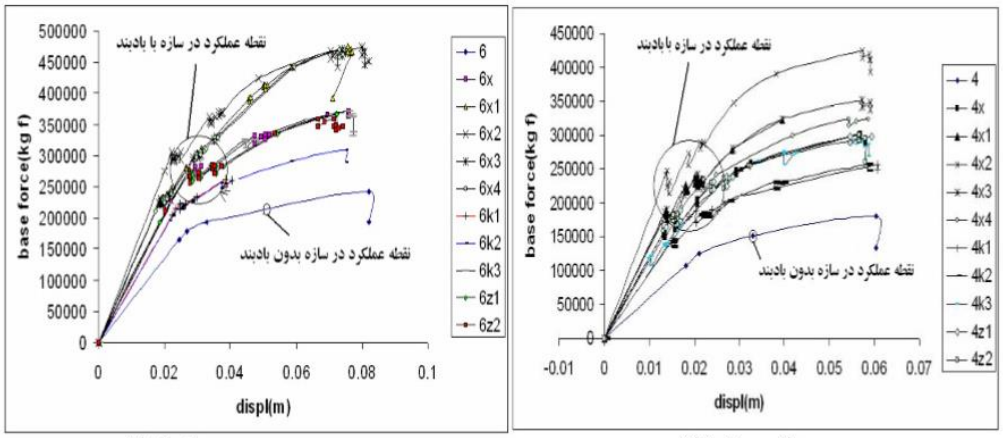
در این مقاله در آنالیز استاتیکی غیر خطی بار جانبی به شکل مثلثی وارانه به صورت مرحله به مرحله به سازه وارد شده .و این بار گزاری تا مرحله انهدام کامل سازه پیش می رود . بامعرفی مفاصل غیر خطی به اعضای اصلی سازه همچون تیر و ستون و

www.SID.ir

Archive of SID

بادبند تحلیل غیر خطی استاتیکی اجرا شده و نتایج منحنی ظرفیت سازه در شکل (۷)آورده شده که با توجه به این منحنی ها در ادامه ، ضریب رفتار سازه محاسبه گردیده است .

درمدل های بدون بادبند منحنی پوش اور تا اندازه ای بصورت خطی با شیب معین بالا آمده و پس از تشکیل مفصل پلاستیک و ازحالت خطی خارج شدن اعضای اصلی سازه ، منحنی با شیب کمتری به مسیر خود ادامه داده تا به مرحله از کار افتادن کل سازه پیش رفته که در این قسمت منحنی پوش اور شیب منفی را در پیش می گیرد و به سمت پایین حرکت می کند . اما در مدلهای بادبندها در قسمت خطی نمودار ، حالت زیگزاگ مانندی دیده می شود که ناشی از شکست بادبند ها در بار های اعمالی می باشد و پس از شکست هر بادبند ناگهان برش کاهش یافته و پس از آن نیرو به دیگر باد بند ها و اعضای اصلی انتقال می یابد و دوربارہ می تواند برش پایه بالاتری را تحمل کند در ادامه اضای قاب خمشی بایستی کلیه نیرو های جانبی را تحمل کنند که پس از تشکلیل مفاصل دراین اعضا منحنی وارد مرحله غیر خطی را تحمل می کنند و در قسمت خطی منحنی دارای شیب بیشتری هستند اما در عوض در قسمت غیر خطی منحنی پول اور ، سازه سریعتر به مرحله فروریزش می رسد که نشان دهنده شکل پذیری کمتر آنها می باشد .



ب- سازه ۶ طبقه　　الف-سازه۴طبقه

شکل۷: منحنی های ظرفیت و محدوده نقطه عملکرد

محاسبه ضریب رفتار

با توجه به اینکه در ایین نامه زلزله ایران ضریب رفتار برای سازه های بتنی با بادبند فولادی وجود ندار لذا در این تحقیق سعی شده است که ضریب رفتار این نوع سازه ها براورده شود .ضریب رفتار سازه ها (R) ، با توجه به عوامل موثر بر آن و با استفاده از رابطه (۱) محاسبه می گردد

(۱)

$$R = R_{\mu} \times R_S \times Y$$

در رابطه ۱ Rμ ضریب رفتار ناشی از شکل پذیری ، RS ضریب مقاومت افزون و Yضریب اطمینان طراحی می باشد . روابط مختلفی برای محاسبه ضریب رفتار ناشی از شکل پذیری پیشنهاد گردیده که یکی از آنها روش کراوینکر و همکاران است .در این روش اثرات ضریب شکل پذیری ، زمان تناوب اصلی ساختمان و مدل بار ـ تغییر شکل مصالح (مدل دو خطی با سخت شدگی کرنش) در محاسبه ضریب رفتار اعمال گردیده است .

www.SID.ir

$$R_{\mu} = (C(\mu - 1) + 1)^{\frac{1}{C}} \quad (۲)$$

$$C = \frac{T^{a}}{T^{a} + 1} + \frac{b}{T} \quad (۳)$$

جدول۱: مقدار پارامترهای a,b در فرمول کراوینکلر

مقدار پارامترهای a,b		
b	a	α
0.42	1	0
0.37	1	0.02
0.29	0.8	0.01

که در رابطه (۲و۳)وμ و T به ترتیب برابر با شکل پذیری و زمان تناوب اصلی ساختمان می باشد و در رابطه (۳) α درصد سخت شوندگی کرنشی است که بر حسب درصدی از سختی اولیه سیستم ارائه می شود ضرایب a,b نیز به سخت شدگی کرنش بستگی دارند و از جدول (۱) بدست می آیند .

ضریب مقاومت افزون RS

$$R_{S} = 1.34 - 0.0063N + \frac{0.27}{N} \quad (۴)$$

در جدول (۲) ضریب رفتار کلیه سازه های مورد بررسی در این مقاله که از رابطه (۱) محاسبه گردیده ارائه شده است .در جدول (۳) نیز میانگین ضریب رفتار آورده شده است

جدول۲: ضریب رفتار مدلها

مشخصه	ضریب رفتار R	مشخصه	ضریب رفتار R
4	5.21	6	6.46
4y1	4.60	6y1	4.41
4y2	4.62	6y2	6.31
4y3	3.37	6y3	4.5
4x	4.71	6x	4.99
4x1	3.77	6x1	5.47
4x2	3.02	6x2	6.77
4x3	3.19	6x3	7.59
4x4	4.00	6x4	7.21
4z1	3.90	6z1	4.83
4z2	3.88	6z2	4.85

www.SID.ir

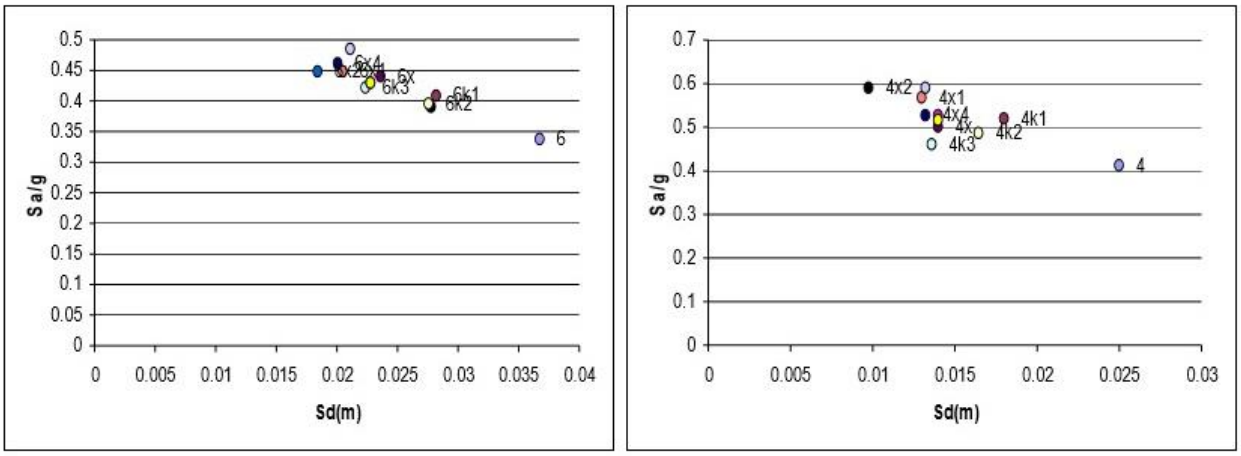
جدول۳: میانگین ضریب رفتار کلی نمونه ها

مشخصه	Rave	ضریب رفتار
بدون مهار	6.38	6.4
مهار با مشخصه y	4.136	4.14
مهار با مشخصه x	4.63	4.6
مهار با مشخصه z	4.114	4.114

ضریب رفتار برای نمونه های با بادبند مقدار کمتری نسبت به نمونه ها بادبندی نشان می دهد مقدار میانگین ضریب رفتار قابهای مهاربندی شده با مهار بند فلزی برابر ۴/۳
حاصل شده است .ضریب رفتار بادبند های Y,Z شکل مقداری کمتری نسبت به بادبند Xشکل می باشد .

نقطه عملکرد نمونه ها

نقطه عملکرد بیانگر شرایطی است که در آن ظرفیت لرزه ای سازه برابر با نیاز لرزه ای تحمیل شده به سازه تحت یک زمین لرزه مشخص می باشد به عبارت بهتر عملکرد سازه نقطه توقف سازه در طول منحنی ظرفیت سازه می باشد یعنی اینکه سازه تحت زلزله طراح یا هر زلزله بکار رفته دارای پاسخی است که نشان دهنده نقطه عملکرد سازه می باشد .در شکل (۸)پراکندگی نقطه عملکرد نمونه ها نشان داده شده است .



الف–سازه۴طبقه ب– سازه ۶ طبقه

شکل۸: پراکندگی نقطه عملکرد نمونه ها

www.SID.ir

در طیف ظرفیت نمونه های باد بندی شده ، که در شکل (۷) نشان داده شده سات نقطه عملکرد نزدیک به محدوده خطی قرار دارد در حالی که نمونه های بدون بادبندی نزدیک تر به محدوده فروریزش قرار دارد .

نتیجه گیری

با توجه به تحلیل های انجام شده می توان برای مدلهای استفاده شده در این مقاله نتایج زیر را استنباط کرد :

۱-در نمونه های با سیستم مهاربندی مقاومت و سختی افزایش می یابد .

۲- در نمونه های با سیستم مهاربند تغییر مکان جانبی کاهش می یابد

۳- درنمون های با سیستم مهاربندی ضریب رفتار کاهش می یابد اما با تهمیدات خاص همچون استفاده از بادبند واگرا می توان ضریب رفتار را افزایش داد که نیاز به مطالعات جداگانه دارد .

۴-نقطه عملکرد در نمونه های باربند دارای جابجایی کمتر و برش پایه بالاتری نسبت به سازه های بدون مهار می باشد .

۵-اثر نیروی بالابرنده در ستون سازه های مهاربندی شده بیشتر از سازه های بدون مهار می با شد که با جابجایی مهار ها و انتقال آنها به دهانه های میانی و یا توزیع بادبند ها در دهانه های بیشتری می توان آن را کاهش داد

۶-باد بند با قطری Z,Y دارای ظرفیت جذب انرژی غیر ارتجاعی کمتری نسبت به بادبند های Xشکل می باشند .وقتی ضریب لاغری عناصر قطری زیاد است به علت ناپایداری ارتجاعی نمی توان از آنها رفتار خمیری انتظار داشت . بنابر این بادبند ضربدری که در آن عناصر قطری برای فشار طراحی می گردند از دیدگاه جذب انرژی و محاقظت سازه ارجحیت دارد .

۷- با توجه به نتایج حاصل ازتحلیل پول آور ، تحلیل بار افزون از آن جهت حائز اهمیت است که با وجود سهولت استفاده از سرعت عملیات ،قادر است رفتار لرزه ای سازه را در مقایسه با تحلیل ها ی دینامکی غیر خطی با دقت قابل قبولی برآورده نمایید .

منابع و مراجع

۱-ویلسون ادوارد و حبیب ا...و اشرف ، برنامه تحیلی و طراحی سازه ها ترجمه افشین ترابی و محمد امین کوهکن

2-CHOPRA,A.K and goel ,R.K. "A modal pushover Analysis for Estimating seismic Demands for Building Theory and preliminary Evaluation ".

3-Valles, R.E Reinhorn , A.M, kunnath , SKLi, C.Madan A,"IDARC V4, Computer program for inelastic Damage Analysis of Buildings"

www.SID.ir