بررسی تاثیر *Imperfection* و *Strain Hardening* در رفتار قابهای دارای مهاربند *BRB* و *SCBF*

علی داوران
استادیار دانشکده عمران، دانشگاه تبریز
پست الکترونیکی: davaran@tabrizu.ac.ir

جواد حسن زاده
دانشجوی کارشناسی ارشد عمران، دانشگاه تبریز
پست الکترونیکی: J_hassanzadeh@tabrizu.ac.ir

محمدجعفر رفیع زاده
کارشناس آزمایشگاه عمران، دانشگاه تبریز
(تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۸۸/۹/۲۷تاریخ پذیرش مقاله:۱۳۸۹/۱/۲۵)

چکیده:

در این مقاله رفتار غیرخطی- غیرالاستیک قابهای مهاربندی شده ویژه هم مرکز SCBF با قابهای مهاربندی شده ضدکمانشی BRBF مقایسه شده است. سازه های مختلفی با تعداد متفاوتی طبقه که قبلا بوسیله آیین نامه های موجود طراحی گردیده بودند، بوسیله نرم افزار OPENSEES آنالیز استاتیکی غیر خطی شده و رفتار بار افزون و چرخه ای آنها برای هر دو نوع مهاربند تعیین گردیدند. مقایسه نتایج، حاکی از رفتار شکل پذیرتر و پایدارتر مهاربند ضد کمانشی نسبت به بادبند معمولی می باشد. همچنین اثر میزان نقص هندسی اولیه بادبند و میزان سخت شوندگی کرنشی بادبند بر رفتار سازه ها بررسی شده و رفتار بار افزون و چرخه ای آنها تعیین شدند.

کلید واژه‌ها: بادبند BRB ، SCBF ، بارافزون ، برش پایه ، کمانش تاب

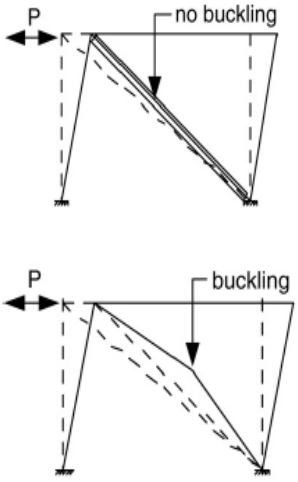
۱- مقدمه

هرچند که در طول سالهای متمادی، روش‌های ساخت و طراحی سازه ها گسترش یافته است اما اثر زلزله (زمین لرزه) از مشکلات طراحی ساختمانها در مناطق لرزه‌خیز می‌باشد. بادبندهای معمولی در مقابل بارهای جانبی، زمین‌لرزه یا نیروی باد دچار تغییر شکلهای جانبی زیادی می‌شوند در صورتی که این تغییر شکلها ازحد معینی زیادتر شود موجب بروز خرابی سازه‌ای و غیر سازه‌ای می‌شود و امنیت و یکپارچگی سازه به خطر می‌افتد. خرابی تحت اثر $P-\Delta$ تشدید شده و تغییر شکل های مخرب افزون تر می گردد. برای مقابله با چنین تغییر شکل‌هایی انواع مختلف المانها و سیستمها در قاب‌های فولادی بکار برده می‌شوند.

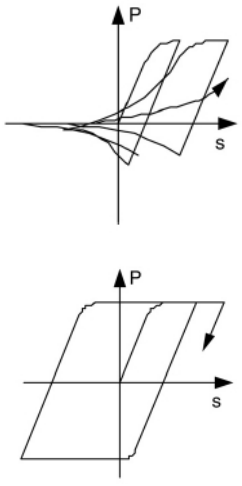
المانهای قطری در بادبندهای هم مرکز معمولی علیرغم اینکه سختی و مقاومت سازه را افزایش می دهند، اما استهلاک انرژی قابل توجهی در سازه در حین زلزله نشان نمی دهند. رفتار پس کمانشی ضعیف، زوال سختی و مقاومت و خستگی سیکل کم مشکل عمده و اساسی در عملکرد اعضای فشاری است. وقتی کمانش اتفاق می‌افتد سختی جانبی به شدت افت کرده و پایداری قاب کاهش یافته، باعث خرابی شدید در اعضای سازه‌ای و غیرسازه‌ای شده و در پاره‌ای موارد باعث فرو ریختن سازه می‌گردد (شکل۱). بدین ترتیب بادبندهای معمولی دارای ظرفیت شکل‌پذیری محدود و چرخه‌های نامتقارن انرژی هستند [۱].

برای غلبه بر مشکلات ذکر شده، انواع جدیدی از بادبندها ازحدود ۳۰ سال پیش وبرای اولین بار در ژاپن توسط Yashino و همکاران [۲].گسترش یافته است. این بادبندها طوری طراحی می‌شوند که در برابر کمانش مقاوم بوده، ومطابق شکل ۲ دارای منحنی‌های متقارن تحت بارگذاریهای چرخه‌ای کششی و فشاری حاصل از تاثیر نیروهای زلزله باشند. همچنین رفتار سازه را از لحاظ پایداری و قابلیت جذب انرژی بهبود می بخشد.

این بادبندها، بادبندهای کمانش تاب (ضدکمانشی) نامیده شده و در مقالات با عبارت اختصاری BRB یا BRBF نشان داده می‌شوند.



شکل ۱ : رفتارکمانشی بادبند معمولی و بادبندBRB



شکل۲ : رفتارکلی بادبند معمولی و بادبندBRB

۲- مقایسه سیستم SCBF و BRBF برای مدلهای مختلف:

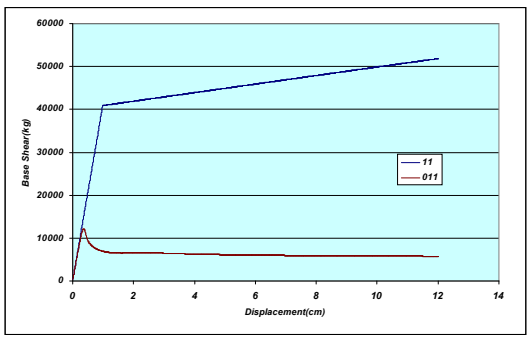
مدلهای غیر خطی تحلیلی برای مدل کردن رفتار سیستم‌های BRB و SCBF طبق ضوابط و توصیه های آئین نامه های موجود طراحی شده و تحت بار یکنواخت و چرخه‌ای قرار گرفته اند [۳]. برای مدل کردن پاسخ کمانشی سیستم SCBF، بادبندها به المانهای تیرستون متعدد تقسیم شده و در آنها یک انحراف اولیه ایجاد شده است [۴]. مدلها با توجه به نتایج آزمایشهای پیشین تأئید شده اند و مدل، هر دو رفتار پس کمانشی و چرخه‌ای را شبیه سازی نموده است.

۲-۱- قاب یک دهانه یک طبقه:

۲-۱- ۱- تحلیل بار- افزون:

۲-۱-۱-۱- مدل بادبند SCBF: نمونه تا ۱/۵ برابر حد مجاز [۵]. آیین نامه UBC 97 که برای $T<0.7$ sec ، $0.25H$ که در آن H ارتفاع کل سازه می باشد، پوش داده شد و همچنان که از شکل (۳) نیز مشخص است نمونه پس از یک کمانش در محدوده ی حدوداً ۱ cm از آغاز آزمایش پوش تغییر مکان، که همراه با افت سختی است، به یک رفتار تقریباً پایدار رسیده است و منحنی پوش تا حد مجاز آن یعنی حدوداً ۱۲ cm ادامه پیدا می کند و برش پایه ماکزیمم حدوداً ۱۲ T می باشد.

۲-۱-۱-۲- مدل BRBF: تا حدود ۱cm با افزایش محسوسی در سختی سیستم و تا برش پایه ۴۰T ادامه پیدا کرده و بعد از آن با یک شیب افزایشی که نشانگر درصد کرنش سخت شوندگی معرفی شده می باشد و تا ۱/۵ برابر حد مجاز آئین نامه [۵].پوش داده شده و دارای رفتار پایداری می باشد. ماکزیمم برش پایه برای این پوش ۵۲ T می باشد (شکل۳).

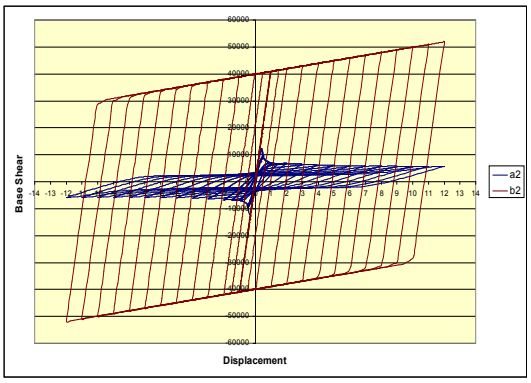


شکل ۳ : مقایسه پاسخ قاب یک دهانه یک طبقه برای سیستم بادبند معمولی و BRB برای تحلیل چرخه ای

۲-۲- تحلیل چرخه ای

۲-۲-۱- مدل بادبند SCBF : نمونه تا ۱/۵ برابر حد مجاز برای جابجایی جانبی تحت تحلیل چرخه ای قرار گرفته است. رفتار سیستم تحت این بارگذاری، تقریبا متقارن بوده و خاصیت جذب انرژی سیستم چندان بالا نیست و همانند تحلیل پوش، برش پایه ماکزیمم قاب برای این بارگذاری حدودا ۱۲ T می باشد و سختی سیستم کم کم کاهش می یابد و در قسمت میانی چرخه های انتهایی Pinching به سادگی قابل مشاهده است.

۲-۲-۲- مدل BRBF: همانطوریکه در شکل ۴ نشان داده شده است، سیستم تحت تحلیل چرخه ای قرار گرفته و افت سختی به ازای مقدار نهایی جابجایی مجاز در آن مشاهده نمی شود. چرخه ها کاملا متقارن بوده و سیستم خاصیت جذب انرژی بالایی دارد. مقدار ماکزیمم برش پایه همان مقدار قبلی تحلیل بار- افزون، یعنی ۵۲T می باشد.



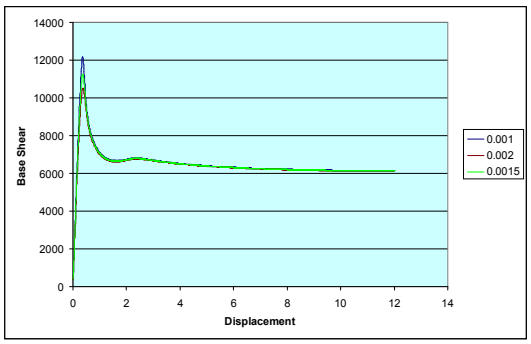
شکل ۴ : مقایسه پاسخ قاب یک دهانه یک طبقه برای سیستم بادبند معمولی وBRB برای تحلیل چرخه ای

۳- بررسی میزان Imperfection در سازه های مختلف SCBF

برای این منظور، سازه های مختلف از نظر تعداد دهانه و ارتفاع و تعداد طبقات، تحت بارگذاری بار- افزون و چرخه ای با انحرافهای اولیه 1:1000، 1:500، 1:750 مورد تحلیل قرارگرفته اند که نتایج آن به صورت زیر می باشد:

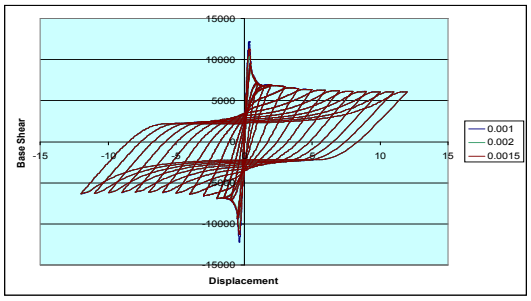
۳-۱- قاب یک دهانه و یک طبقه

۳-۱-۱- تحت تحلیل بار- افزون، مقدار اولیهٔ انحراف، فقط برای جابجای اولیه و کوچک حساس می باشد (1cm) به طوریکه هر چقدر مقدار این انحراف بزرگ تر باشد، به ازای آن برش پایه ی کمتری در جابجایی کوچک ایجاد می شود که در مرحله افزایش سختی قبل از کمانش صورت می گیرد، طوریکه بعد از وقوع کمانش، اثر این انحراف نیز از بین خواهد رفت و سه منحنی بر هم منطبق خواهند شد و بیشترین مقدار برش پایه به ازای کمترین میزان انحراف اولیه خواهد بود (شکل ۵).



شکل ۵ : مقایسه تاثیر انحراف اولیه در رفتار قاب یک طبقه یک دهانه برای تحلیل بار- افزون

۳-۱-۲- تحت بارگذاری چرخه ای، میزان انحراف اولیه فقط برای چرخه های اول و جابجایی های کوچک موثر خواهد بود (تا حدود 2cm) و بعد از چندین چرخه ی اول، اثر این انحراف از بین خواهد رفت و منحنی ها بر هم منطبق خواهد شد (شکل ۶).



شکل ۶ : مقایسه تاثیر انحراف اولیه در رفتار قاب یک طبقه یک دهانه برای تحلیل چرخه ای

٤- بررسی تاثیر میزان سخت شوندگی کرنشی در رفتار بادبند معمولی و BRB

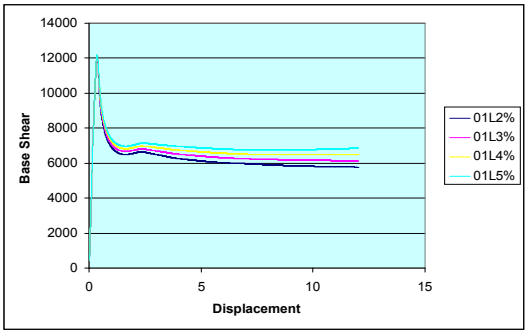
برای بررسی اثر میزان در صد سخت شوندگی کرنشی که برای فولادهای معمولی ، مقدار آن متفاوت می باشد؛ قابهای مختلف دارای سیستم بادبندی معمولی و BRB با درصدهای مختلف سخت شوندگی کرنشی مورد تحلیل چرخه ای و بار- افزون قرار گرفتند که نتایج آن برای سازه های مختلف به شرح زیر می باشد:

٤-۱- قاب یک دهانه یک طبقه

٤-۱-۱- تحلیل بار- افزون

٤-۱-۱-۱- بادبند معمولی

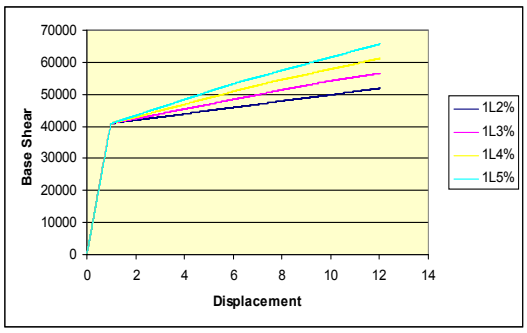
با توجه به شکل (۷) با افزایش میزان سخت شوندگی کرنشی میزان برش پایه در مراحل قبل و بعد از کمانش افزایش می یابد. همچنین شیب منحنی که متناسب با در صد سخت شوندگی کرنشی می باشد برای ۵٪ که بالاترین درصد، درنظر گرفته شده است نسبت به بقیه درصدها بیشتر می باشد.



شکل ۷ : بررسی تاثیر میزان درصد سخت شوندگی کرنشی در رفتار قاب یک دهانه یک طبقه دارای بادبند معمولی برای تحلیل بار- افزون

٤-١-٢-١- بادبند BRB

با افزایش میزان سخت شوندگی کرنشی مطابق شکل ۸ میزان برش پایه افزایش می یابد. همچنین شیب منحنی که متناسب با در صد سخت شوندگی کرنشی می باشد برای ۵٪ که بالاترین درصد درنظر گرفته شده است، نسبت به بقیه درصدها بیشتر می باشد.

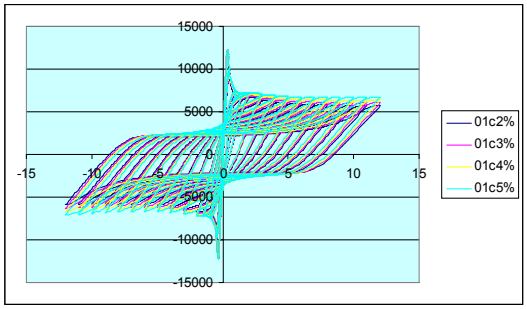


شکل ۸ : بررسی تاثیر میزان درصد سخت شوندگی کرنشی در رفتار قاب یک دهانه یک طبقه دارای بادبند BRB برای تحلیل بار- افزون

٤-١-٢- تحلیل چرخه ای

٤-١-٢-١- بادبند معمولی

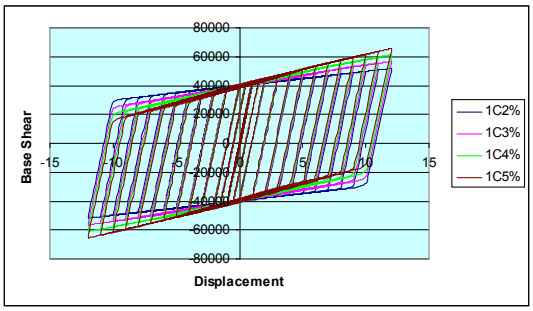
با توجه به شکل ۹ همانند مدل های قبلی با افزایش میزان سخت شوندگی کرنشی میزان برش پایه نیز افزایش می یابد همچنین میزان نمو شیب های منحنی که متناسب با سخت شوندگی کرنشی مربوطه می باشد چه در مرحله قبل و چه در مرحله بعد از کمانش برای بیشترین درصد سخت شوندگی کرنشی از مدلهای دیگر بیشتر است.



شکل ۹ : بررسی تاثیر میزان درصد سخت شوندگی کرنشی در رفتار قاب یک دهانه یک طبقه دارای بادبند معمولی برای تحلیل چرخه ای

٤-١-٢-٢- بادبند BRB

شکل ۱۰ تاثیر میزان درصد سخت شوندگی کرنشی در رفتار قاب یک دهنه یک طبقه بادبند BRB تحت بارگذاری چرخه ای را نشان می دهد همانطوریکه مشاهده میشود با افزایش میزان سخت شوندگی کرنشی شیب چرخه ها هم افزایش پیدا می کند همچنین به ازای بیشترین مقدار سخت شوندگی کرنشی، بیشترین مقدار برش پایه را خواهیم داشت.



شکل ۱۰: بررسی تاثیر میزان درصد سخت شوندگی کرنشی در رفتار قاب یک دهانه یک طبقه دارای بادبند BRB برای تحلیل چرخه ای

۵- نتیجه گیری

۱- تحلیلهای انجام گرفته موید این مطلب است که بادبندهای کمانش تاب در مقایسه با بادبندهای معمولی رفتار پایدارتر و همچنین شکل پذیرتری از خود نشان می دهند و همچنین خاصیت جذب انرژی این سیستم ها به دلیل تشکیل چرخه های بلند تر و عریض تر هیسترزیس در آنها بیشتر می باشد.

۲- نقص هندسی به ازای مقادیر کوچکتر جابجایی و فقط در چرخه های اول موثرتر می باشد به طوریکه رفته رفته با افزایش جابجایی و در چرخه های عریض تر حساسیت سیستم نسبت به انحراف اولیه از بین می رود.

۳- میزان در صد سخت شوندگی کرنشی ارتباط مستقیمی با میزان برش پایه سیستم دارد. و بیشترین میزان برش پایه مربوط به بالاترین در صد سخت شوندگی کرنشی می باشد.

٦- مراجع

1- Qiang Xie, State of The Art of Buckling-Restrained Braces in Asia, Journal of Constructional Steel Research, no.61, pp.727-748, 2005.

2- Yoshino, T., Karino, Y., Experimental study on shear wall with braces, Part2, Summaries of technical papers of annual meeting, vol.11, Architectural Institute of Japan, Structural Engineering Section, p. 403–404, 1971.

3- AISC/SEAOC, Recommended Provisions for Buckling-Restrained Braced Frames, Structural

Engineers Association of Northern California-Seismology and Structural Standards Committee, 2001.

4- Unnarsson, I., Numerical Performance Evaluation of Braced Frame System, University of Washington, pp.17-18, 2004.

5- International Codes Council, Uniform Building Code UBC 1997, International Conference of Building Officials, Whittier, CA, 1997.

The Effect of Geometrical Imperfection and Strain Hardening on the In-Elastic Behavior of the BRB and SCBF Bracing Systems.

Davaran, A.
The assistant professor of Tabriz University
Email: davaran@tabrizu.ac.ir

Hassanzadeh, J.
M.s student of Civil Engineering
Email: j_hassanzadeh@tabrizu.ac.ir

Rafizadeh, M.J.
Officer of Civil Engineering
Email: j.ha2010@gmail.com

Abstract

In this thesis the nonlinear-inelastic behavior of two braced frame systems (special concentric, SCBF, and buckling restrained, BRBF) have been investigated. By choosing sample structures. These structure have been analyzed and designed by current standards, their push-over and cyclic analysis were performed using opensees software. The comparison of results confirms the more stable and ductile behavior of the BRBF. In addition, the effect of initial imperfection of brace element in SCBF and the variation of strain hardening parameter has been verified.

Key words: BRB, SCBF, Base Shear, OPENSEES, Emperfection