نشریه بین المللی علوم مهندسی دانشگاه علم وصنعت ایران
ویژه‌نامه مهندسی عمران، جلد ۱۹، شماره ۸-۲ سال ۱۳۸۷، صفحه ۹۸-۹۱

STUDYING THE BEHAVIOR OF AXIAL FUSE TO INCREASE THE DUCTILITY OF CONCENTRIC BRACES

R. Abbasnia | ***R. Ahmadi*** | ***A.R. Beheshti***

Department of civil engineering, University of science and technology of Iran. Abbasnia@iust.ac.ir

R. Ahmadi, Building And Housing Research Center of Iran. r_ahmadi@iust.ac.ir

M.S. student of structural engineering, University of science and technology of Iran. beheshti.alireza@gmail.com

Abstract: *In this article, a new energy dissipater (Yielding steel) will be introduced. This dissipater is made of two short plates, and is installable at the brace ending of braced frames, in order to increase the ductility and earthquake energy absorbent. When an earthquake happens, the dissipater member absorbs significant part of applied energy to the structure by entering to inelastic phase and forming axial plastic hinges. In this way it prevents other structural members from entering to inelastic phase and also buckling of braced members, or it may postpone them. These plates are designed in a way that enter to inelastic phase before the brace buckles. This article inspect the stability and hysteretic behavior of this dissipater. The stresses and deflections have been studied by using a non-linear finite elements analysis under cyclic loadings in ANSYS software. The results indicate that existence of plates have effectively increased the ductility and in addition to easy installation of this member at the end of the brace, we can expect of a suitable fuse performance from it.*

بررسی رفتار کنترل کننده محوری جهت افزایش شکل پذیری مهاربندهای هم محور

رضا عباس نیا، رسول احمدی و علی رضابهشتی

چکیده: در این مقاله، نوع جدیدی از مستهلک کننده انرژی (فلزی جاری شونده) معرفی می شود.این مستهلک کننده به شکل دو تسمه کوتاه ساخته شده و در سازه های مهاربندی به منظور بالا بردن شکل پذیری و جذب انرژی زلزله، در انتهای مهاربند قابل نصب است.هنگام وقوع زلزله،عضو مستهلک کننده قسمت قابل توجهی از انرژی ورودی به سازه را با ورود به مرحله غیرالاستیک و تشکیل مفاصل خمیری محوری، جذب کرده وبدین صورت از ورود دیگر اعضای سازه به مرحله غیرالاستیک و همچنین کمانش اعضای مهاربندی جلوگیری کرده و یا آنرا به تعویق می اندازد.این تسمه ها طوری طراحی می شوند که قبل از کمانش مهاربند، وارد ناحیه غیر الاستیک شوند. دراین مقاله پایداری ورفتار هیسترتیک مستهلک کننده مورد بررسی قرار گرفته، تنشها و تغییر شکلها با استفاده از تحلیل استاتیکی غیر خطی به روش المان های محدود و تحت اثر بارهای رفت وبرگشتی در **ANSYS** مطالعه شده است. نتایج بدست آمده حاکی از آن است که وجود تسمه‌ها باعث افزایش قابل توجه شکل پذیری شده ومی توان علاوه بر اجرای ساده این عضو درانتهای مهاربند،عملکرد مناسبی را نیز به عنوان فیوز (کنترل کننده) از آن انتظار داشت.

کلید واژه: شکل پذیری، طول آزاد، مهاربند هم محور، هیسترسیس، **CBF**

تاریخ وصول: ۸۶/۵/۱۵
تاریخ تصویب: ۸۸/۲/۷

دکتر رضا عباس نیا، دانشیار، دانشکده عمران، دانشگاه علم و صنعت ایران،Abbasnia@iust.ac.ir
رسول احمدی، استادیار، مرکز تحقیقات ساختمان ومسکن ،r_ahmadi@iust.ac.ir
علی رضابهشتی، دانشجوی کارشناسی ارشد سازه، دانشکده عمران ،دانشگاه علم وصنعت ایران،beheshti.alireza@gmail.com

Archive of SID
www.SID.ir

۱. مقدمه

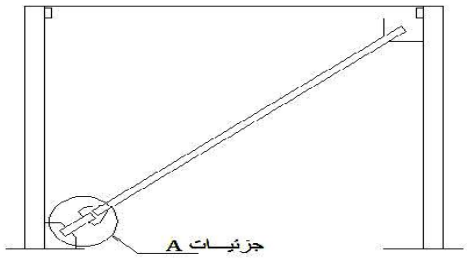
فلسفه طراحی سازه‌های مقاوم در برابر زلزله را می‌توان در سه بخش طبقه بندی کرد: ۱. سازه‌ها باید دارای سختی جانبی کافی برای کنترل تغییر مکانهای هر طبقه باشند. به طوریکه در هنگام وقوع زلزله‌های کوچک اما متناوب، خسارتی به المانهای غیرسازه‌ای وارد نشود. ۲. هنگام وقوع زلزله‌های متوسط خسارتهای کم به المانهای غیرسازه‌ای مجاز است، اما اعضای سازه‌ای باید ظرفیت لازم برای باقی ماندن در ناحیه الاستیک را داشته باشند و خسارتی نبینند.
۳. هنگام وقوع زلزله‌های شدید ونادر سازه باید آنقدر شکل پذیر باشد تا فرو نریزد. تامین شکل پذیری سازه‌ها متأثر از رفتار غیرخطی اعضا و اتصالات آن در زمان وقوع زلزله است که تعمیر وبازسازی آن بعد از وقوع زلزله، تابع گستردگی المانهای مقاوم درکل سازه خواهد بود. به همین دلیل تعمیر و بازسازی سازه‌های با سیستم قاب خمشی از هزینه قابل ملاحظه ای برخوردار است.
قابهای با مهاربند هم محور از شکل پذیری مطلوب برخوردار نیستند ولی اعضای آسیب پذیر آن در مقابل زلزله(مهاربند) محدود و در نتیجه بازسازی آنها بسیار کم هزینه‌تر از قابهای خمشی است. به منظور رفع ضعف مهاربندهای هم محور و تامین شکل پذیری مطلوب آنها تحقیقات گسترده‌ای در دو دهه گذشته توسط محققان صورت گرفته است، که هریک به نحوی کوشیده‌اند میزان شکل پذیری مهاربندهای هم محور **(CBF)** را بهبود بخشند .از جمله این تحقیقات می توان به مهاربندهای دارای غلاف که ایده اولیه استفاده از این روش توسط آقای **Wada** و همکارانش[۱] در سال ۱۹۸۰ مطرح و گسترش یافت، اشاره نمود. در این مهاربندها با استفاده از غلاف های فولادی و یا بتنی از کمانش موضعی و کلی مهاربندجلوگیری می شود و مهاربند توان جاری شدن در کشش و فشار را پیدا می کند[۲] و [۳] .همچنین در این زمینه وتر ورضائیان[۴] در مورد موادپرکننده غلاف وتاثیری که برروی عملکرد مهاربند غلافدار می گذارد مطالعه نموده اند.
از دیگر روشهای مطرح شده ،استفاده از فیوز می باشد. فیوزها (کنترل‌کننده‌ها)، المانهای قابل تعویضی هستند که در قسمتی از مهاربند تعبیه می شوند و انرژی وارده به سازه را جذب و مستهلک می سازند. این المان ها در زمان زلزله با جذب نیروهای وارده تغییر شکل می دهند. بیشتر مواقع تغییر شکل ها باعث ورود مصالح المان از ناحیه رفتار الاستیک به رفتار پلاستیک می شود . پس از پایان زلزله تغییر شکل های ماندگار در این المانها باقی خواهدماند و تعویض این المان ها امری ضروری می باشد. فیوزها (کنترل کننده ها) به شکل های مختلف با عملکرد های متفاوت خمشی ، برشی و یا پیچشی ساخته می شوند. البته بیشتر تحقیقات انجام شده در این زمینه بر مبنای عملکرد خمشی بوده است . از انواع مختلف المان‌های خمشی، المان زانویی می باشد که در این زمینه Balendra [۵]و مفید [۶]تحقیقات گسترده ای بر روی این المان انجام داده‌اند. از جمله روش‌های دیگر بکاربردن المان های خمشی، استفاده از المانی با رفتار خمشی ساخته شده از صفحات مثلثی[۷] و لوزی شکل فولادیست که توسط Sung و همکارانش[۸]طراحی و مورد آزمایش قرار گرفت .نوع جدیدی از المانهای خمشی،المان حلقوی می باشد که در این زمینه عباس نیا و همکاران[۹]تحقیقا ت زیادی را انجام داده اند. هریک از این المانها علاوه بر نقاط قوت نقاط ضعفی دارند. از جمله نقاط ضعف المان های مذکورکه در تمام آنها مشترک است، می توان به نحوه اجرا ونیاز به نیروی متخصص جهت نصب آنها اشاره نمود. وجود این نقاط ضعف باعث شده تا محققان به دنبال المان های با ضعف کمتر یا بدون ضعفی باشند،المان معرفی شده در این مقاله نیز در این راستا می باشد.

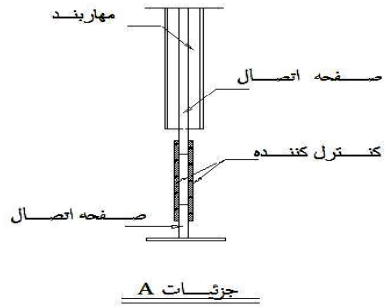
۲. مبانی ایده

ضعف عمده اعضای فولادی در برابر بارهای فشاری است.عضو در برابر بارهای محوری فشاری ،کمانه کرده وقابلیت خود را دربابری از دست می دهد.این ضعف در مهاربندهای تحت فشار چشمگیر تر است.بنا براین چنانچه بتوان کمانش اعضای تحت فشار را کنترل کرد، با توجه به خصوصیت ذاتی فولادهای متداول ساختمانی، که همانا شکل پذیری آنها می باشد، می توان رفتار یکسانی در کشش و فشار از مهاربندها انتظار داشت.بنابر این در این مقاله سعی برآن است که المانی پیشنهاد ومورد بررسی قرارگیرد که ضمن استفاده از خصوصیت ذاتی فولاد(شکل پذیری) ،در نصب واجرا نیز ساده باشد. این المان که دراین مقاله کنترل کننده محوری نامیده شده است، بااستفاده ازخواص فولادشکل پذیر وبا ایجاد یک خروج از مرکزیت نسبت به محور مهاربند می تواند سبب افزایش شکل پذیری شده ونقش یک فیوز (کنترل کننده) را بازی کند.
کنترل کننده محوری از دو تسمه کوتاه تشکیل می شودکه این تسمه ها به صفحات اتصال متصل می گردند(شکل های ۱و۲). هنگام وقوع زلزله عضو مستهلک کننده قسمت قابل توجهی از انرژی ورودی به سازه را با ورود به ناحیه پلاستیک و تشکیل مفاصل خمیری محوری، مستهلک کرده وبدین صورت از ورود دیگر اعضای سازه به ناحیه پلاستیک و همچنین کمانش اعضای مهاربندی جلوگیری کرده ویا آنرا به تعویق می‌اندازد. این تسمه هاطوری طراحی می شود که قبل از کمانش مهاربند وارد ناحیه غیر الاستیک شده باشند.
استفاده از تسمه ها به شکلی که ذکر شد باعث خواهد شد که این المان ، نقش یک فیوز (کنترل کننده) برای کمانش عضو مهاربند را نیز انجام دهد. بعد از وقوع زلزله، تسمه های فولادی انتهای مهاربند به دلیل تغییر شکلهای پلاستیک آسیب خواهند دید که مستلزم تعمیر و بازسازی است،اما این تعمیر وبازسازی به اتصال گوشه مهاربند و تعویض تسمه های فولادی محدود است. در شکل ۱ نحوه قرار گیری تسمه ها در قاب مهاربندی شده نشان داده شده است.

Archive of SID

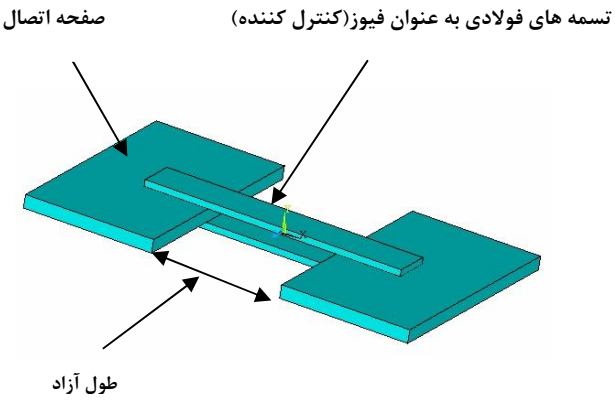
www.SID.ir





شکل۱. نحوه قرارگیری تسمه ها در قاب

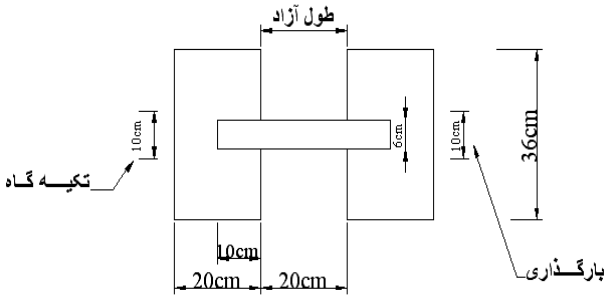
طراحی ابعاد تسمه، تابع نیروی محوری موردانتظار مهاربند است، ضمن آنکه طراحی تسمه ها به گونه ای خواهد بود که قبل از وقوع کمانش درعضو مهاربندی،تسمه هاتسلیم شده وضمن جذب انرژی از کمانش مهاربند جلوگیری کنند.مطالعه انجام شده برروی المان به صورتی که در شکل ۲ رسم شده است، انجام گردیده است. این المان در محدوده بارهای متنوع لرزه‌ای می‌تواند نقش یک فیوز(کنترل کننده) برای جلو گیری از کمانش مهاربندها رابازی کند.



شکل۲. مدل پیشنهادی

۳. مدل سازی رفتار المان

به منظور بررسی عملکرد المان زیر اثر بارهای رفت و برگشتی زلزله، المان محوری به صورت سه بعدی در نرم افزار ANSYS مدل شده است. از المان olid 185 که یک المان سه بعدی و دارای ۸ گره که هر گره دارای سه درجه آزادی انتقالی می باشد، برای مدلسازی استفاده گردیده است. این المان قادر است کلیه تنشها، نیروهای داخلی، بارگذاری داخل و خارج صفحه را در تحلیل‌های غیرخطی نشان دهد. برای مدلسازی منحنی تنش-کرنش و نحوه سخت شوندگی اعضا از مدل تنش-کرنش چندخطی کینماتیک (MKIN) و از تحلیل استاتیکی غیرخطی برای بررسی رفتار مدل استفاده شده است. جنس تسمه های فولادی از نوع St37 که در بازار به وفور یافت می شود، می باشد.



شکل۳. پلان المان

۴. مشخصات بارگذاری و مراحل تحقیق

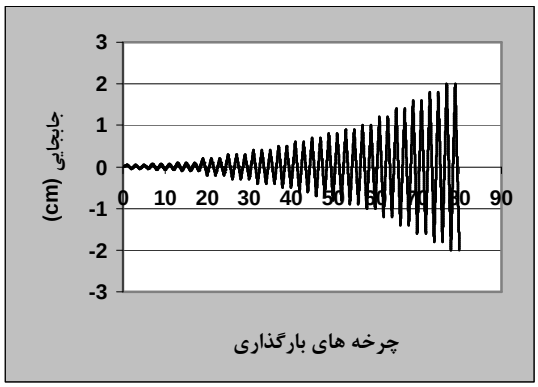
بارگذاری و تکیه گاهها برای مدلسازی هر چه واقعی تر در عرض ۱۰ سانتی متر از صفحه اتصال(شکل۳) انجام گردیده است.انتخاب این عرض به علت مدل سازی واقعی انتقال بار از مهاربندبه کنترل کننده از طریق جوش یا پیچ می باشد. طولی که برروی صفحات اتصال برای متصل شدن تسمه ها به صفحات اتصال درنظرگرفته شد ۱۰ سانتی متر می باشد، این مقدار برای اتصال مناسب این تسمه ها با جوش یا پیچ مناسب است..در شکل ۳ مشخصاتی همچون طول آزاد ونحوه بارگذاری ارائه شده است.

در ابتدا به بررسی تاثیر طول آزاد تسمه برظرفیت و تغییرات سختی،میرایی و کمانش المان پرداخته شده ودر نهایت با توجه به ابعاد تسمه ها، رفتار هیسترتیک و میزان جذب انرژی المان مورد بررسی قرارگرفته است.درهر بخش برای کنترل کمانش تسمه‌ها، آنالیز کمانش(Eigen Buckling) انجام شده است وبرای تائید نتایج حاصل از تحلیل کمانش،از نتایج آزمایشگاهی وتر و رضائیان [۲] استفاده شده است. در این تحقیق به بررسی کمانش مهاربندهای هم محور پرداخته شده است، در مدل آزمایشگاهی

Archive of SID

www.SID.ir

بارکمانش ۲۰ کیلو نیوتن بدست آمده است در حالیکه مدل تحلیلی مقدار ۱۸کیلو نیوتن را نشان می دهد. بنابراین نتایج مدل تحلیلی وآزمایشگاهی درحد قابل قبولی نزدیک می باشد. به منظور کنترل اولیه تحلیل های انجام شده روابط مقاومت مصالح بکار گرفته شده است ، تا مدل پیشنهادی بااعتماد بیشترمورد بررسی قرارگیرد..در شکل ۴ نمودار بارگذاری اعمالی که بر اساس آیین نامه ATC_24 [۱۰] می باشد و از مقادیر کم جابجایی (۰/۰۵ میلیمتر) شروع می‌شود، نشان داده شده است



شکل ۴. منحنی جابجایی اعمالی

۴-۱. تاثیر طول آزاد تسمه ها بر رفتار المان

المان مورد نظر به ابعاد: ضخامت ۱، عرض ۶ و طول‌های آزاد، ۱۵، ۲۲ و ۳۰ سانتی متر برای بررسی تاثیر طول آزاد (شکل ۳) بر سختی، میرایی وکمانش عضو موردنظر مدل سازی شده است.همانطور که ذکر گردید کنترل کننده از دو تسمه تشکیل شده است (شکل۲و۳).

در جدول ۱ برای کنترل نتایج تحلیلی توسط نرم افزار با روابط مقاومت مصالح، مقادیر بار جاری شدن ودرصد خطا ارائه شده است.این مقایسه در لحظه خارج شدن مصالح از ناحیه الاستیک به پلاستیک انجام گرفته است تا صحت تحلیل انجام شده مورد بررسی قرار گیرد. در این جدول P_y،بار نظیر جاری شدن، F_y،تنش جاری شدن و A،سطح مقطع المان می باشد.

جدول ۱. مقایسه نتایج تحلیلی توسط نرم افزار با روابط مقاومت مصالح

طول آزاد (cm)	مقاومت مصالح $P_y = F_y \times A(KN)$	$ANSYS$ $P_y\ (KN)$	درصد خطا
۱۵	۲۸۸	۲۹۱/۷	۱/۲
۲۲	۲۸۸	۲۹۰	۰/۶۸
۳۰	۲۸۸	۲۸۹/۵	۰/۵۱

همانطورکه ملاحظه می شود درصد خطا بسیار ناچیز است ضمن آنکه این مقدار خطا به دلیل سختی که صفحات اتصال از خود نشان می دهند نیز می باشد. در شکل ۵ منحنی هیسترسیس نیرو_تغییرمکان المان با طول آزاد۲۲سانتی متر،به عنوان نمونه ارائه شده است.

منحنی هیسترسیس منظم وپایدار بوده که نشان دهنده عملکرد مناسب این عضو برای جذب واستهلاک انرژی ورودی زلزله می باشد وطول آزاد تسمه با تشکیل مفاصل خمیری به جذب انرژی می پردازد.نتایج تحلیل کمانش برای کنترل کمانش تسمه ها در جدول ۲ آمده است.در این جدول P_{cr}،بار بحرانی کمانش و P_y، بار نظیر جاری شدن می باشد.

جدول۲. کنترل بار کمانش تسمه ها

طول(cm)	$P_y\ (KN)$	$P_{cr}\ (KN)$	نتیجه
۱۵	۲۸۸	۲۲۸۰	$P_{cr} > P_y$
۲۲	۲۸۸	۱۰۹۰	$P_{cr} > P_y$
۳۰	۲۸۸	۵۸۸	$P_{cr} > P_y$

همانطور که مشخص است تسمه ها قبل از آنکه کمانه کنند جاری شده اند وبه جذب انرژی پرداخته اند.نکته قابل توجه آنکه با افزایش طول آزاد، بار کمانش کاهش یافته و به بار نظیر جاری شدن نزدیک می شود و به نوعی عملکرد تسمه ها نزدیک به عضو مهاربند می شود.طول آزاد از یک طرف بر سختی مورد نظر تاثیرگذار می باشد واز طرف دیگر کنترل رفتار عضو محوری از لحاظ کمانش، تحت تاثیر مستقیم این نکته است. جهت مقایسه تاثیری که طول آزاد بر سختی ومیرایی المان می‌گذارد، منحنی پوش نیرو-جابجایی که از منحنی هیسترسیس بدست آمده است، در شکل۶ نشان داده شده است. از آنجا که سختی محوری با طول نسبت عکس دارد، با کاهش طول، سختی محوری افزایش داشته است که این امر می تواند دست طراح را برای سختی های مورد نظر باز بگذارد.همچنین با توجه به آنکه بار بحرانی با طول به توان دو نسبت عکس دارد ، طول بیش از حد تسمه ها نیز می تواند باعث کمانش شود.چنانچه سطح نیرو های وارده به مهاربند پایین باشد،سطح مقطع تسمه های تشکیل دهنده به عنوان پارامترهای طراحی کاهش می یابند.با کاهش ابعاد، کنترل کمانش این تسمه ها امری اجتناب ناپذیر است.زیرا در صورت کمانش این اعضا قبل از جاری شدن، عملکرد اصلی کنترل کننده محوری به عنوان جاذب انرژی زلزله مخدوش می شود. بنابراین اثر این دو موضوع(سختی و کمانش) باید به طور همزمان مورد توجه قرار گیرد.

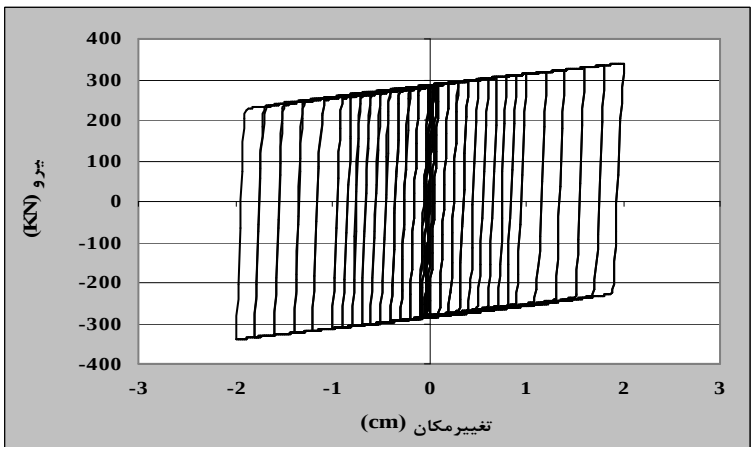
Archive of

www.SID.ir

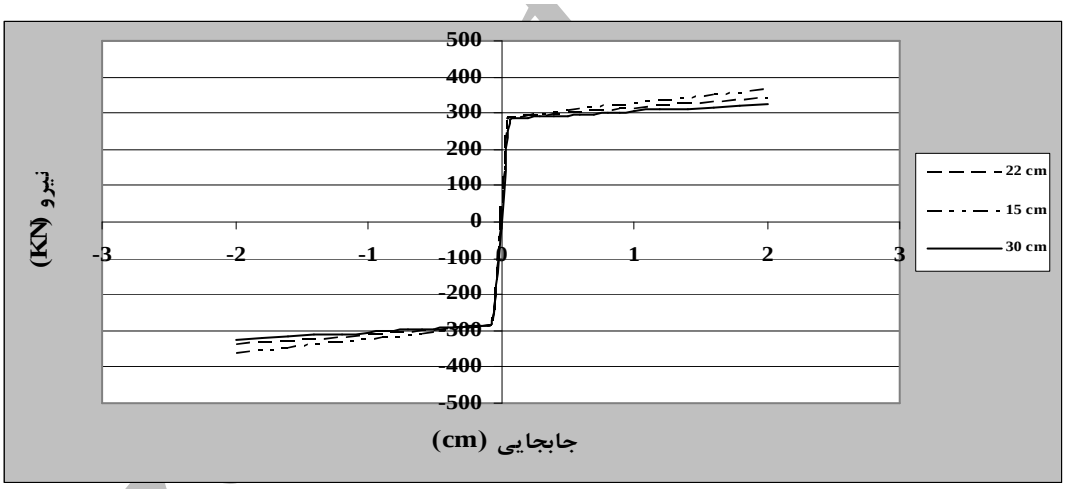
۲-۴. بررسی افزایش شکل پذیری با استفاده از کنترل کننده محوری

پس از آنکه پارامترهای تاثیر گذار بر طول آزاد مورد بررسی قرارگرفت،در این بخش به بررسی رفتار هیسترتیک وجذب انرژی توسط کنترل کننده محوری پرداخته می شود.

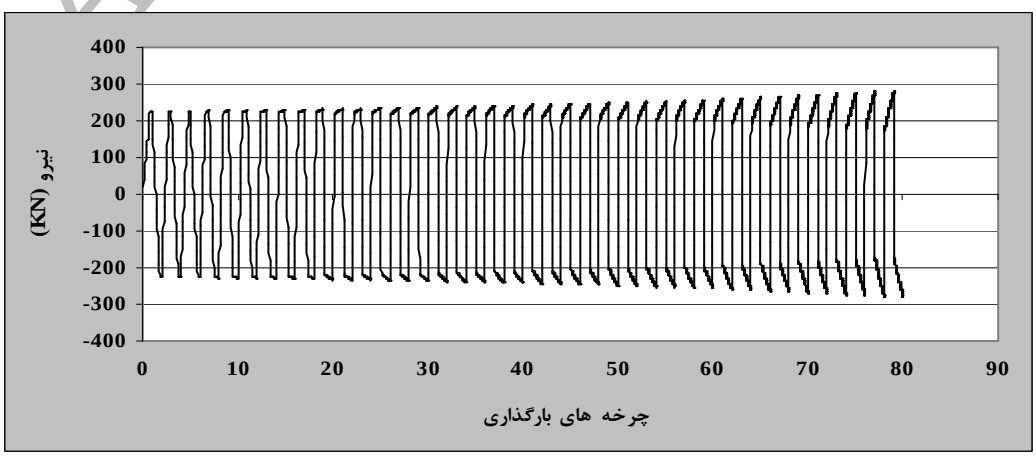
تسمه های فولادی به طول ۴۰(طول آزاد ۲۰) و عرض ۶ وضخامت ۰/۸ سانتی متر به طوری که قبلاً ارائه شد، مدل شدند و مدل تحت بار رفت و برگشتی قرار گرفت . در شکل ۷منحنی نیرو- چرخه های بارگذاری و در شکل ۸ منحنی هیسترسیس نیرو-تغییر مکان ارائه شده است.



شکل۵. منحنی هیسترسیس نیرو_تغییر مکان المان با طول آزاد۲۲سانتی متر

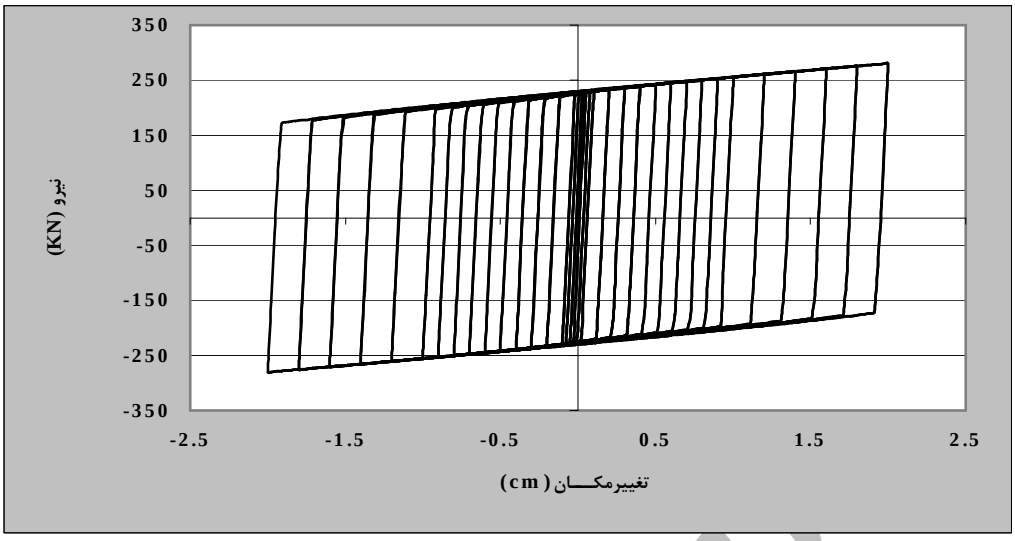


شکل ۶. مقایسه تاثیر طول آزاد بر سختی ومیرایی



شکل۷. منحنی نیرو-چرخه های بارگذاری

www.SID.ir



شکل۸. منحنی هیسترسیس نیرو_تغییرمکان

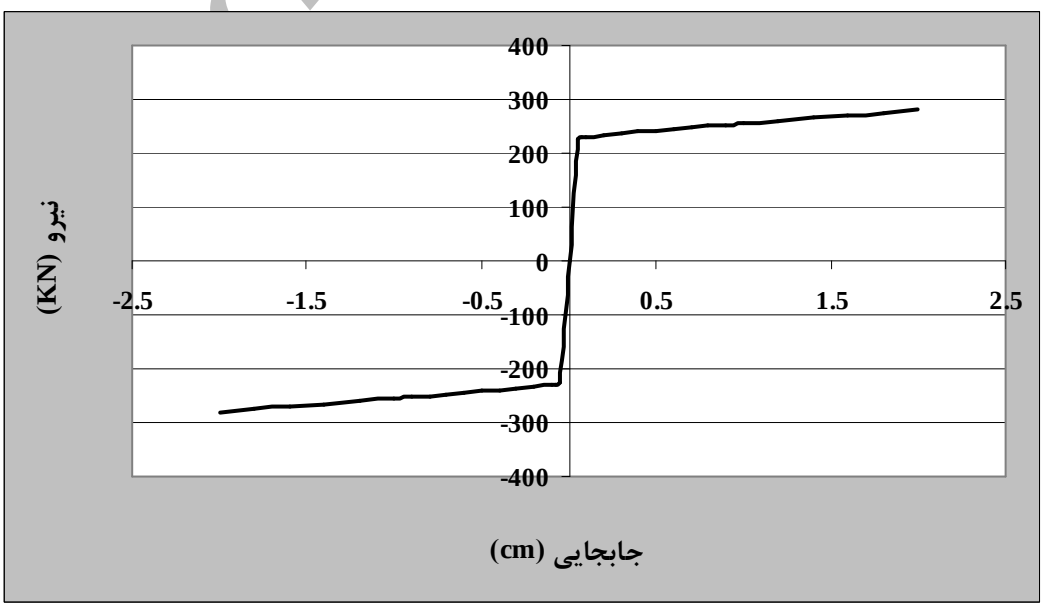
منحنی هیسترسیس پایدارومنظم بوده که نشان دهنده جذب خوب انرژی توسط مدل می باشد. در شکل۹منحنی پوش نیرو-تغییر مکان که از منحنی هیسترسیس بدست آمده، ارائه شده است . همانطور که از شکل ۹ مشخص می باشد اولین مفصل پلاستیک در بار ۲۳۳/۶ کیلونیوتن و در طول آزاد تسمه ها تشکیل شده است. با انجام تحلیل کمانش تسمه‌ها، مقدار بار کمانش۶۷۷ کیلونیوتن بدست آمده است، این درحالیست که بارجاری شدن۲۳۶کیلونیوتن می باشد ($p_{cr} > p_y$) و تسمه ها قبل از آنکه کمانه کنند با تشکیل مفصل پلاستیک به استهلاک انرژی می پردازند.

در جدول ۳ نتایج تحلیل توسط نرم افزار با روابط مقاومت مصالح در لحظه خارج شدن مصالح از ناحیه الاستیک به پلاستیک مقایسه شده است.

ملاحظه می‌شود درصد خطا ناچیز است.توزیع تنش فون میسس که در شکل۱۰ارائه شده است، بیانگر این مطلب است که با استفاده از تسمه ها، طول آزاد این اعضاء با ورودبه ناحیه غیر الاستیک و جاری شدن سرتاسری باعث جذب انرژی ورودی زلزله و در نتیجه افزایش شکل پذیری شده اند.

جدول ۳. کنترل نتایج تحلیلی توسط نرم افزار با روابط مقاومت مصالح

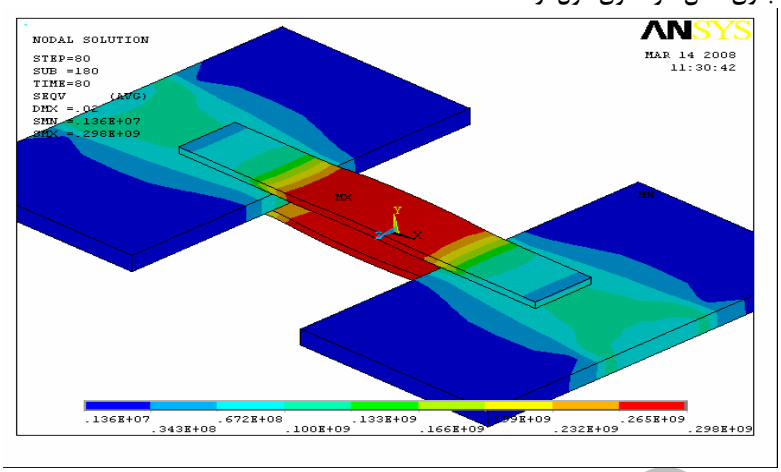
مقاومت مصالح $P_y = F_y \times A(KN)$	ANSYS $P_y\ (KN)$	درصد خطا
۲۳۰	۲۳۳/۶	۱/۵



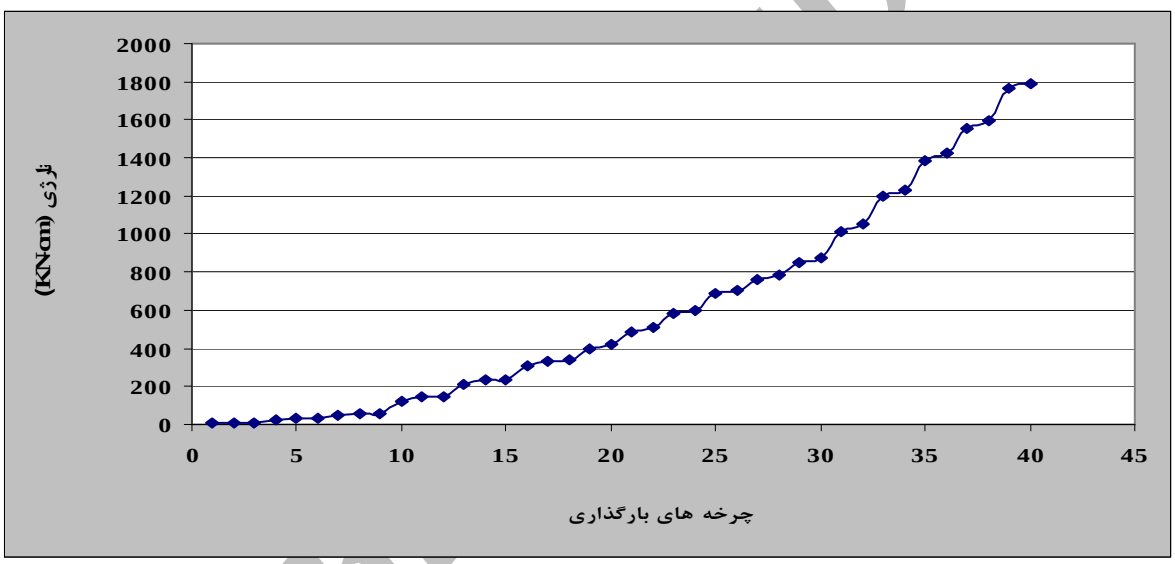
شکل۹. منحنی پوش نیرو-تغییر مکان

www.SID.ir

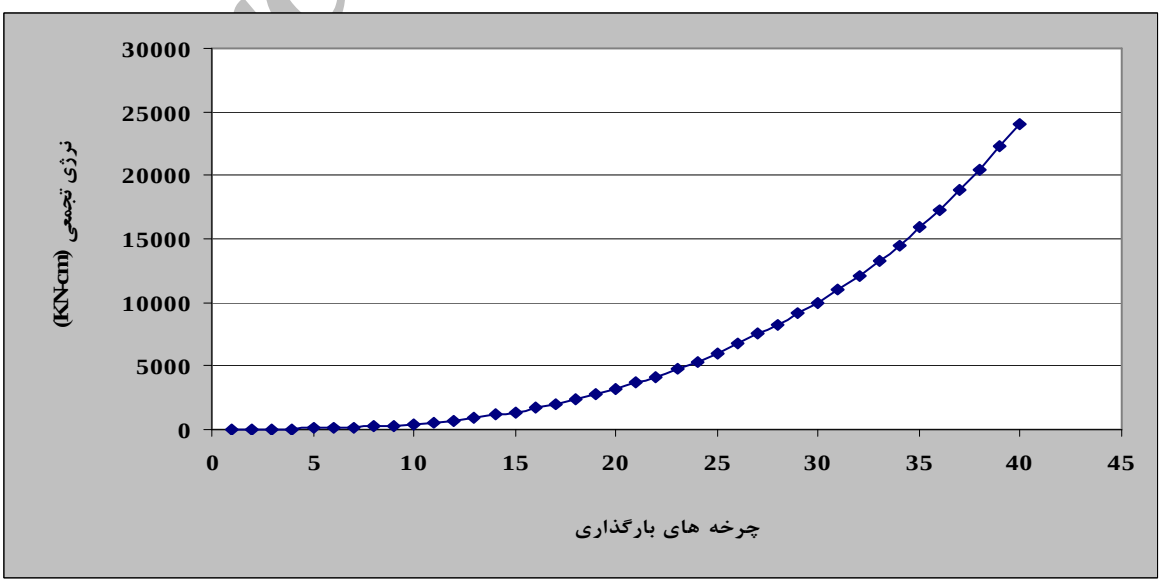
جاری شدن سرتاسری طول آزاد تسمه ها



شکل۱۰. توزیع تنش فون میسس



شکل ۱۱. منحنی انرژی- چرخه های بارگذاری



شکل ۱۲. منحنی تغییرات انرژی تجمعی-چرخه های بارگذاری

www.SID.ir

در شکل۱۱منحنی انرژی-چرخه بارگذاری ودر شکل ۱۲منحنی تغییرات انرژی تجمعی-چرخه های بارگذاری ارائه شده است.

همانطور که از شکل ۱۱ مشاهده می شود انرژی در آخرین چرخه الاستیک (E_E) برابر ۳۲/۱ وانرژی در آخرین چرخه غیر الاستیک (E_p) ۱۷۹۰ کیلو نیوتن-سانتی متر است..

همچنین از شکل ۱۲ می توان چنین نتیجه گرفت که مجموع انرژی در چرخه های الاستیک ،۱۱۶ومجموع انرژی در چرخه های غیر الاستیک ۲۴۰۳۰ کیلو نیوتن-سانتی متر است.

بنابراین برای بدست آوردن متوسط انرژی هرچرخه بارگذاری در ناحیه غیرالاستیک ($\overline{E}_p$) ومتوسط انرژی هرچرخه بارگذاری در ناحیه الاستیک ($\overline{E}_E$) خواهیم داشت:

$$\overline{E}_E = \frac{\sum_{i=1}^{6} E_i}{6} = 19.4 \ (KN - cm) \qquad (۱)$$

$$\overline{E}_P = \frac{\sum_{i=1}^{40} E_i - \sum_{i=1}^{6} E_i}{40 - 6} = 704 \ (KN - cm) \qquad (۲)$$

ملاحظه می شودکه انرژی آخرین چرخه بارگذاری۵۵/۸ برابر انرژی آخرین چرخه الاستیک است ومتوسط انرژی هر چرخه بارگذاری المان در آخرین چرخه بارگذاری۳۶/۳برابر متوسط انرژی هر چرخه بارگذاری در ناحیه الاستیک است.این مقایسه بیانگر قابلیت المان در جذب انرژی زلزله و استهلاک آن است.

۵. نتیجه گیری

در این مطالعه به منظور جلوگیری ازکمانش و افزایش شکل پذیری مهاربندهای هم محور ،ایده جدیدی درقالب استفاده از تسمه های فولادی در انتهای مهاربند مورد بررسی قرارگرفت.برمبنای مطالعه انجام شده نتایج زیرحاصل گردید:

- ایده استفاده ازاین المان جهت افزایش شکل پذیری مهاربندهای هم محور مورد تائید قرارگرفت.
- درنظر گرفتن طول آزاد مناسب برای تسمه ها، می تواند تاثیر بسزایی بر روی سختی و کمانش المان داشته باشدواین طول باید بادر نظر گرفتن دو مورد ذکر شده، به طور مناسبی انتخاب شود.
- با ایجاد یک خروج از مرکزیت نسبت به محور مهاربند، طول آزاد تسمه ها با تشکیل مفاصل خمیری به جذب انرژی پرداخته اندکه منحنی های هیسترسیس وتوزیع تنش فون میسس، مؤید این مطلب می باشد.
- توزیع تنش فون میسس بیانگر جاری شدن کامل طول آزادکنترل کننده محوری واستفاده از تمام ظرفیت این طول برای جذب انرژی می باشد.
- با درنظرگرفتن ابعاد وطول مناسب تسمه ها می توان برای بارهای متنوع لرزه ای،کنترل کننده را به شکل مناسبی طراحی نمودتا ازطرفی ازکمانش عضو مهاربند جلوگیری کند وازطرف دیگر به واسطه تغییرشکل هایی که می دهد از ورود عضو مهاربندبه ناحیه غیرالاستیک (تحت بارهای کششی) جلوگیری به عمل آورد.

مراجع

[1] Iwata. M, kato. T., Wada, A., "*Buckling-Restrained Braces as Hystertic Dampers in Behavior of Steel Structures in Seismic Area*, STESSA, A.A. Balkema, Rotterdam, The Netherlands, 2000, pp.33-38.

[2] RaviKumar., G., SatishKumar,. S.R., Kalyanaraman,. *"Behavior of Frames with Non-Buckling Bracings Under Earthquake Loading*," journal of constructional steel Research vol.6,no.3, 2007, pp. 254-262.

[3] Mahin, S., Uriz, p., *"Full scale Brace Frame Tests Containing Unbounded Braces*". UC Berkeley PhD thesis, 2002.

[۴] رضا ئیان، ع.ر.، "مهاربندهای هم محور شکل پذیر"، پایان نامه کارشناسی ارشد مهندسی عمران گرایش سازه،دانشکده عمران، دانشگاه علم وصنعت ایران ، ۱۳۸۱.

[5] Balendra, T., *"Large-ScaleSeismic Testing ofKnee-Brace-Frame"*, JOURNAL OF STRUCTURAL ENGINIERING, January 1997, pp 11-19.

[6] Massood Mofid, Mehrdad Lotfollahi, *"On the Characteristics of New Ductile Knee Bracing Systems"*, journal of constructional steel Research (ELSEVIER), 2004.

[7] Keh-ChyuanTsai, M.EERI, Huan-Wei hen, Ching-PingHong, Yung-Feng Su, *"Design of steel Triangular Plate Energy Absorbers for Seismic-Resistant Construction"*, journal of Earthquake spectra, Vol.9, No.3, 1993.

[8] Ming-Hsiang Shih, Wen-Pei Sung, *"A model for Hysteretic Behavior of Rhombic Low Yield Strength Steel Added Damping and Stiffness"*, journal of computers and structure, Vol.8, No.3, 2005, pp. 895-908.

[۹] عباس نیا، ر،وتر،م-ق وکافی،م-ع ،"بررسی عملکردالمان شکلپذیردر بادبندهای هم مرکزقابهای فولادی"، هفتمین کنگره بین المللی عمران،دانشگاه تربیت مدرس. ،۱۳۸۵.

[10] ATC-24.Guidelines for Seismic Testing of Components of Steel Structures, Washington (DC), 1992.

Archive of SID

www.SID.ir