



سومین کنفرانس ملی سازه و فولاد
سومین کنفرانس ملی کاربرد فولادهای پر استحکام در صنعت سازه
اولین کنفرانس ملی سازه‌های سبک فولادی (LSF)



ارزیابی کالبد پذیری سازه های فولادی با مهاربند هم محور

حسین غیاثوند^۱، امیرحسین فتح‌العلومی^۲

چکیده:

طراحی سازه‌ها در گذشته بر اساس رفتار ارتجاعی صورت می‌گرفته است. این امر موجب افزایش ابعاد مقاطع گردیده و مشکلات اقتصادی و اجرایی زیادی را به وجود می‌آورد. به همین علت آیین‌نامه‌ها بدنبال ارائه راه‌حل مناسبی جهت کاهش این اشکالات برآمدند. تحقیقات نشان داد که در صورت استفاده از شکل‌پذیری سازه‌ها و استهلاک انرژی به دلیل بروز مفصلهای پلاستیک و ورود سازه به محدوده غیرخطی، می‌توان نیروهای زلزله را به میزان قابل ملاحظه‌ای کاهش داد. بر این اساس معیار طراحی لرزه‌ای موجود در آیین‌نامه‌ها بر اساس شکل‌پذیری می‌باشد. در این مقاله رفتار غیرخطی سازه‌های فولادی با مهاربند هم‌محور توسط تحلیل پوش‌آور (Pushover) در دو مدل ۸ و ۴ طبقه توسط نرم‌افزار SAP2000 مورد ارزیابی قرار گرفته است. نتایج نشان می‌دهد با استفاده از تدابیر خاصی مانند تغییر مقاطع بکار برده شده و اصلاح روند تشکیل مفاصل پلاستیک در سازه می‌تواند به طور قابل ملاحظه‌ای رفتار غیرخطی این سازه‌ها را بهبود بخشد. کلمات کلیدی: مهاربند هم‌محور، مفصل پلاستیک، تحلیل غیرخطی، پوش‌آور

^۱ کارشناس ارشد سازه، عضو هیئت علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد شال HOSSEIN_GHIASVAND20@YAHOO.COM

^۲ کارشناس عمران - عمران، دانشجوی کارشناسی ارشد دانشگاه آزاد اسلامی واحد قزوین Ahf.civil@Gmail.COM



سومین کنفرانس ملی سازه و فولاد

سومین کنفرانس ملی کاربرد فولادهای پر استحکام در صنعت سازه

اولین کنفرانس ملی سازه های سبک فولادی (LSF)

۱- مقدمه

چگونگی پاسخ سیستم های سازه ای مختلف در هنگام وقوع زلزله های قوی یکی از مهمترین عواملی است که مهندسیین طراح می باید آشنایی کامل نسبت به آن داشته باشند تا سازه های طراحی شده از درجه ایمنی مناسبی در برابر این زلزله ها برخوردار باشند. طراحی سازه ها معمولاً بر اساس مقاومت الاستیک آنها انجام می شود. آنالیزها نشان داده اند که فرض الاستیک عمل نمودن مصالح باعث ایجاد نیروهای فزاینده ای برالمانهای باربر می گردد. این امر باعث افزایش ابعاد مقاطع می شود. تحقیقات بیان می کند که اعضای سازه ای با رفتار غیر ارتجاعی که از خود نشان می دهند باعث جذب و سپس استهلاک انرژی می شوند. این امر سبب کاهش ابعاد مقاطع در طراحی می گردد.

۲- اهداف طراحی لرزه ای سازه ها

اهدافی که از طراحی سازه ها تحت اثر بارهای زلزله دنبال می شود به شرح زیر است :

- تحت ارتعاشات خفیف زمین ناشی از زلزله که ممکن است در طول عمر مفید سازه بارها به وقوع بپیوندد باید به گونه ای باشند که از بوجود آمدن خسارتهای سازه ای و غیر سازه ای جلوگیری به عمل آید (شرایط حدی بهره برداری در حد سرویس دهی) زلزله هایی که احتمال وقوع آن در یک دوره ۵۰ ساله بیش از ۵۰٪ می باشد .
 - تحت ارتعاشات متوسط زمین ناشی از زلزله که ممکن است گاهی در طول عمر مفید سازه به وقوع بپیوندد باید به گونه ای باشد که از بوجود آمدن خسارتهای سازه ای جلوگیری کرده و خسارتهای غیر سازه ای را به حداقل برساند (شرایط حدی بهره برداری در حد آسیب پذیری) زلزله هایی که احتمال وقوع آن در یک دوره ۵۰ ساله بیش از ۱۰٪ است.
 - تحت ارتعاشات شدید زمین ناشی از زلزله که ممکن است در طول عمر مفید سازه به ندرت به وقوع بپیوندد و باید به گونه ای باشد که از وقوع خسارتهای جدی به سازه (خرابی و فروریزش آن) جلوگیری نماید . زلزله هایی که احتمال وقوع آن در یک دوره ۱۰۰ ساله بیش از ۱۰٪ است .
- در مواردی که اثرات ثانویه زلزله مانند آتش سوزی ، سیل ، ... و همچنین اثراتی از قبیل گسیختگی زمین در محل گسلها ، امواج دریایی ناشی از زلزله روانگرایی و لغزشهای زمین مطرح باشند. ضوابط مدونی وجود ندارد و با دانش کنونی کارشناسان فن در آیین نامه ها برای طراحی سازه ها در برابر ارتعاشات شدید زمین ارائه طریق نموده اند. بنابر این در موارد فوق انتقال محل بنا به مکانهای امن تر پیشنهاد می گردد. هدف از طراحی لرزه ای سازه ها دستیابی به حداقل دو هدف از سه هدف فوق می باشد به بیان دیگر علاوه بر جلوگیری از خسارتهای جانی از خسارتهای مالی نیز در حد امکان جلوگیری شود . آیین نامه های کشورهای مختلف نیز در جهت رسیدن به اهداف فوق تدوین شده اند. اختلافهای چشمگیری که در این آیین نامه ها مشاهده می شود نشان دهنده لزوم مطالعه دقیقتر رفتار لرزه ای سازه های مختلف می باشد.
- توضیح اینکه برای طراحی ساختمانها در مناطق زلزله خیز بایستی موارد زیر را مورد توجه قرار داد :
- با ایجاد سختی و مقاومت کافی در سازه می توان تغییر مکانهای جانبی بوجود آمده را کنترل نمود .



سومین کنفرانس ملی سازه و فولاد

سومین کنفرانس ملی کاربرد فولادهای پر استحکام در صنعت سازه

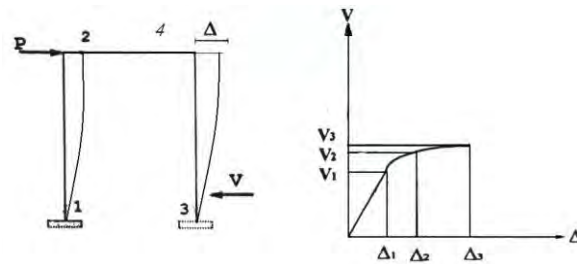
اولین کنفرانس ملی سازه‌های سبک فولادی (LSF)

با ایجاد شکل پذیری کافی در نتیجه افزایش قدرت جذب و دفع انرژی در سازه، می‌توان از فروریختگی سازه در اثر زلزله‌های شدید جلوگیری به عمل آورد

با توجه به مطالب فوق روشن است که طراح از هر سازه چه انتظاری در برابر زلزله‌های مختلف دارد. بدین طریق می‌توان به ارائه یک طرح مناسب در مکان مورد نظر پرداخت.

۳- رفتار بازتاب غیر خطی سازه‌ها

اگر رفتار واقعی سازه‌ها در برابر زلزله‌های شدید مورد بررسی قرارگیرد، ملاحظه می‌شود که اکثر سازه‌ها، رفتار غیر خطی از خود نشان می‌دهند. رفتار غیر خطی نیزمانند رفتار خطی قابل کنترل است. به عبارت دیگر می‌توان با روشهایی ناحیه افقی منحنی برش پایه تغییر مکان را تا حد قابل ملاحظه‌ای افزایش داد. در یک سازه به طور معمول منحنی برش پایه تغییر مکان به صورتی است که در شکل ۱ نشان داده شده است.



شکل (۱) قاب با سه درجه نامعینی تحت اثر بارگذاری افزایشی

این منحنی به طور تقریبی در مورد تمامی سازه‌ها، چه بتن آرمه و چه فولادی صدق می‌کند. در سازه‌های بتن آرمه غیر خطی بودن منحنی برش پایه-تغییر مکان زودتر آشکار می‌گردد ولی در سازه‌های فولادی، ناحیه غیر خطی کمی دیرتر آغاز می‌شود، چرا که فولاد خود ماده‌ای است که بخشی از تغییر شکل آن خطی است، به همین دلیل سازه در ابتدا رفتار خطی خواهد داشت.

قاب‌هایی که در شکل (۱) نشان داده شده است، دارای سه درجه گیرداری (نامعینی) است. بطوریکه در کتابهای کلاسیک آمده است برای اینکه این قاب واژگون گردد، بایستی حداقل چهار مفصل پلاستیک در آن تشکیل شود تا تبدیل به مکانیزم شده و این به شرطی است که در جریان تشکیل مفصلها، اتفاقی نظیر کماتش موضعی برای قطعات سازه رخ ندهد. به عنوان مثال مفصلها را می‌توان در نقاط ۱ و ۲ و ۳ و ۴ در شکل (۱) در نظر گرفت.

در این سازه اگر بار وارده (P) به صورت افزایشی وارد گردد، یا به عبارت دیگر مقادیر کم شروع شده و به تدریج افزایش یابد (بار گذاری افزایشی)، واضح است که تغییر مکانها به تدریج افزایش پیدا کرده و به تبع آن لنگرها و برشها نیز زیاد می‌شوند و سرانجام به جایی خواهد رسید که نخستین مفصل پلاستیک در سازه تشکیل می‌شود (به عنوان مثال در نقطه (۱)) ولی در این وضعیت، سازه هنوز مقاوم است و بار گذاری را می‌توان افزایش داد، با افزایش بار گذاری تنشها در سازه به حدی می‌رسد که دومین مفصل (به عنوان مثال در نقطه (۲)) تشکیل می‌شود.



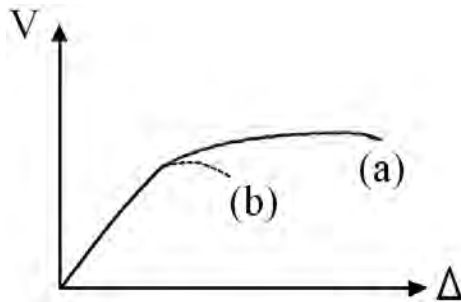
سومین کنفرانس ملی سازه و فولاد

سومین کنفرانس ملی کاربرد فولادهای پر استحکام در صنعت سازه

اولین کنفرانس ملی سازه‌های سبک فولادی (LSF)

باز با وجود دو مفصل، سازه قابلیت بارگذاری در برابر بارهای جانبی را دارد و بنابراین بار را می‌توان افزایش داد تا سومین مفصل (به عنوان مثال در نقطه (۳)) و در نهایت نقطه (۴) تشکیل شود و به اصطلاح مکانیزم بوجود آید. همانگونه که اشاره شد، می‌توان سازه‌ها را طوری طرح کرد که مفصلهای پلاستیک تشکیل شده در آنها بتوانند دوران قابل ملاحظه‌ای را تحمل نمایند اگر مهندس طراح بتواند از عهده این کار برآید یا به بیان دیگر سازه بتواند بدون فروریزی تغییر شکل‌های زیادی را تحمل نماید، می‌توان انتظار داشت که در یک منحنی برش پایه-تغییر مکان را که با تشکیل رسیدن به مکانیزم ادامه پیدا می‌کند، افزایش داد. توان با اتخاذ تدابیر خاصی که در محل تشکیل می‌شود، منحنی برش پایه-تغییر مکان جانبی را از (۲) به منحنی (a) سوق داد.

سازه، ناحیه افقی
مفصل آغاز شده و تا
به عبارت دیگر می
مفصلها یه کار برده
منحنی (b) در شکل



شکل (۲) منحنی‌های شماتیک برش پایه-تغییر مکان بر اساس سازه شکل پذیر و سازه غیرشکل پذیر

در مورد تفاوت دو منحنی (a) و (b) در شکل (۲) می‌توان گفت، در سازه‌ای که منحنی برش پایه تغییر مکان آن به صورت (a) است، تمهیداتی صورت گرفته که مفصلهای اولیه طی تشکیل مفصلهای بعدی در سازه مانده اند (خرد نشده اند) و این نکته در واقع فلسفه اصلی طراحی لرزه‌ای سازه‌ها است.

۴- روش تحلیل استاتیکی غیر خطی

روش تحلیل استاتیکی غیر خطی بار افزایشی به تازگی در آئین نامه‌های جدید مانند FEMA و ATC مطرح گردیده است. این روش، روشی بسیار جالب و مفید برای مطالعه تقریباً واقعی رفتار سازه‌ها در هنگام بروز زلزله می‌باشد. در حقیقت با این تحلیل و روشهای ابتکاری پیشنهاد شده در آئین نامه‌های فوق نقطه عملکرد سازه را که بیانگر وضعیت سازه تحت اثر یک طیف زلزله می‌باشد می‌توان برآورد کرد، بر همین اساس ایده طراحی سازه بر اساس عملکرد به تازگی مطرح گردیده و توجه بسیاری از محققین علم مهندسی سازه و مهندسی زلزله را به خود معطوف داشته و پیش بینی می‌شود در آینده این روش طراحی جایگزین روشهای طراحی کلاسیک گردد. توجه به پیشرفت برنامه‌های کامپیوتری مهندسی و امکان پیاده سازی الگوریتم‌های این روش، در برنامه‌های SAP2000 و ETABS2000 قابلیت انجام تحلیل استاتیکی غیر خطی گنجانده شده است.

با استفاده از تحلیل غیر خطی استاتیکی می‌توان نقطه عملکرد سازه تحت اثر یک طیف زلزله خاص و همه پارامترهای نهایی آن، مانند ضریب افزایش تغییر مکان‌های غیر خطی و ضریب رفتار (R) محاسبه کرد. استفاده از تحلیل غیر خطی، غیر از توصیه‌های آئین نامه‌ای و معیارهای آن می‌تواند در شناسایی نقاط ضعف سازه بسیار سودمند باشد. یعنی



سومین کنفرانس ملی سازه و فولاد سومین کنفرانس ملی کاربرد فولادهای پر استحکام در صنعت سازه اولین کنفرانس ملی سازه های سبک فولادی (LSF)

طراح پس از طراحی نهایی با انجام تحلیل غیر خطی استاتیکی که با استفاده از برنامه های SAP2000 یا ETABS2000 به سادگی صورت می گیرد می تواند محل تشکیل مفاصل پلاستیک را تشخیص داده و برای جلوگیری از انهدام زود هنگام این مفاصل در هنگام زلزله تصمیم گیری کند. لازمه انجام هر گونه تحلیل غیر خطی معرفی مشخصات مفاصل غیر خطی می باشند. این مفاصل در نقاطی از اعضا که احتمال تجاوز نیروهای داخلی عضو از نیروهای حد تسلیم وجود دارد، تعریف می شوند. در تحلیل غیر خطی برنامه SAP2000 الگوی بار گذاری معرفی شده (مثلا نیروی زلزله) به صورت مرحله ای اعمال می شود و هر بار ماتریس سختی براساس هندسه تغییر شکل یافته اصلاح می شود. علاوه بر این در هر مرحله مقدار نیروی داخلی اعضا در محل مفاصل تعریف شده با مقدار نیروی حد تسلیم مفاصل معرفی شده مقایسه می شود. اگر نیروی داخلی به حد تسلیم نرسیده باشد با حفظ سختی مرحله قبل مقداری به بار سازه اضافه می شود ولی اگر نیروی داخلی از حد تسلیم مفصل گذشته باشد سختی مفصل و به تبع آن سختی سازه با توجه به منحنی نیرو- تغییر شکل اصلاح می شود و بار مرحله جدید اعمال می شود. این بار گذاری تا رسیدن به حد مکانیزم و یا رسیدن به معیار تغییر مکان که توسط کاربر مشخص شده ادامه می یابد.

۱-۴- مزایای روش تحلیل غیر خطی استاتیکی

موارد زیر از جمله مواردی است که طی آنالیز استاتیکی و دینامیکی خطی حاصل نمی شوند ولی استفاده از آنالیز غیر خطی استاتیکی می تواند آنها را تخمین بزند:

- مقادیر نیرو در اعضای شکننده مثل نیروی محوری در ستونها، مهاربندی ها و اتصالات و نیروی برشی در اتصالات تیر و ستون و تیرهای مسلح عمیق بتنی.
- تخمین مقادیر تغییر شکل در المانهای غیر خطی.
- نتایج زوال روی رفتار و بررسی اثر آن روی کل سازه.
- تعیین مناطق بحرانی در سازه که مقادیر تغییر شکل آنها بحرانی می باشد.
- تعیین نقاط غیر پیوستگی مقاومت در پلان یا ارتفاع سازه که باعث خواص دینامیکی در رنج غیر خطی می شوند.
- تخمین تغییر شکل های بین طبقه ای با در نظر گرفتن اثرات غیر پیوستگی مقاومت جهت کنترل خسارت.
- باز بینی مسیر نیرو با در نظر گرفتن تمام المانهای سیستم سازه ای، اتصالات، اعضای سخت غیر سازه ای و فونداسیون و کنترل کفایت مقدار مقاومت.

لازم به ذکر است که مورد اخیر مهمترین نتیجه این روش تحلیلی است. در این روش مدلی از سازه ساخته می شود که تمام اعضای سازه ای و اعضای غیر سازه ای موثر بر توزیع نیرو در آن بررسی می گردند.

۵- مدلسازی و تحلیل

۱-۵- معرفی قابهای مدلسازی شده



سومین کنفرانس ملی سازه و فولاد

سومین کنفرانس ملی کاربرد فولادهای پر استحکام در صنعت سازه

اولین کنفرانس ملی سازه‌های سبک فولادی (LSF)

در این مقاله از سازه‌های چهاروهشت طبقه که به طور رایج و معمول می‌باشند استفاده شده است. همانطور که پیشتر اشاره شد سازه‌ها دارای قابهای فولادی مهاربندی شده با بادبندهای هم محوره‌ستند. سعی شده است مقاطع مورد استفاده در طراحی این سازه‌ها از انواع رایج و مورد استفاده باشند تا نتایج بدست آمده تطبیق بیشتری با واقعیت داشته باشند. مطلب دیگر این است که مقاطع و چینش آنها به گونه‌ای اصلاح شده است که سازه‌ها شکل پذیری خوبی داشته باشد. ممکن است در روش معمول طراحی سازه‌ها به علت سختی زیاد و قوی بودن بیش از حد مقاطع و یا ضعیف بودن و یا چینش ناصحیح سازه نتواند از خود شکل پذیری خوبی نشان دهد و حتی به تغییر مکان مورد انتظار نرسد و زودتر گسیخته شود.

۵-۲- مشخصات عمومی سازه‌ها

سازه‌های مورد مطالعه چهاروهشت طبقه فولادی با قاب بادبندی هم محور می‌باشند.

۵-۲-۱- مشخصات مصالح

جرم واحد حجم: 8000 Kg/m^3 مدول الاستیسیته: $2.1 \times 10^4 \text{ Kg/m}^2$ مدول برشی: $7.8 \times 10^3 \text{ Kg/m}^2$ ضریب پواسون: 0.3
 مقاومت تسلیم فولاد: 2530 Kg/cm^2

۵-۲-۲- ابعاد و بارهای وارده به کلیه سازه‌ها

سازه چهار طبقه با ارتفاع طبقه $3/2$ متر که دارای سه دهانه پنج متری در راستای محور x و چهار دهانه $4/5$ متری در راستای محور y می‌باشد بنابراین ارتفاع کلی سازه $12/8$ متر و مساحت آن 270 متر مربع می‌باشد. در طبقات حول محوری که در راستای ارتفاع سازه است دیافراگم صلب در نظر گرفته ایم.

۵-۲-۳- بارهای وارده به سازه جهت طراحی

بار مرده با در نظر گرفتن وزن تیغه معادل 700 کیلوگرم بر متر مربع و بار زنده 200 کیلوگرم بر متر مربع و بار دیوار محیطی با در نظر گرفتن 30% باز شو 600 کیلوگرم بر متر می‌باشد. علاوه بر این بار مرده ناشی از وزن تیرها و ستون‌ها نیز در محاسبات ملحوظ شده است.

محاسبات بار زلزله جهت تحلیل و طراحی طبق استاندارد 2800 ویرایش سوم صورت می‌گیرد.

$$V=CW$$

$$C=ABI/R=0.145$$

$$A=0.35 \quad \text{فرض منطقه با خطر نسبی بسیار زیاد}$$

$$T_0=0.1, \quad T_s=0.5 \quad \text{فرض خاک نوع دوم}, \quad S=1.5 \quad I=1.0$$

$$R=6 \quad B=(1+S)=2.5$$

$$T=0.05 H^{3/4}=0.338s$$



سومین کنفرانس ملی سازه و فولاد سومین کنفرانس ملی کاربرد فولادهای پر استحکام در صنعت سازه اولین کنفرانس ملی سازه‌های سبک فولادی (LSF)



سازه هشت طبقه با ارتفاع طبقه ۳/۲ متر که دارای سه دهانه پنج متری در راستای محور X و چهار دهانه ۴/۵ متری در راستای محور Y می باشد. بنابراین ارتفاع کلی سازه ۲۵/۶ متر و مساحت آن ۲۷۰ متر مربع می باشد. در طبقات حول محوری که در راستای ارتفاع سازه است دیافراگم صلب در نظر گرفته ایم. محاسبات بار زلزله جهت تحلیل و طراحی طبق استاندارد ۲۸۰۰ ویرایش سوم صورت میگیرد.

$$V=CW \quad C=ABI/R=0.134$$

A=0.35 فرض منطقه با خطر نسبی بسیار زیاد

$$T_0=0.1 \quad T_s=0.5 \quad \text{فرض خاک نوع دوم} \quad S=1.5 \quad I=1.0$$

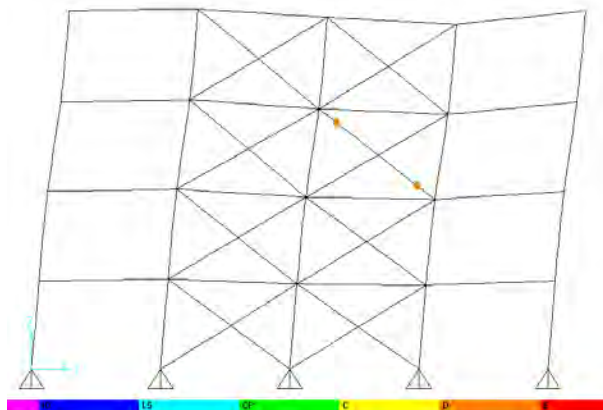
$$R=6 \quad B=(1+S) \left(T_s/T \right)^{2/3} = 2.29$$

$$T=0.05 H^{3/4} = 0.569 \text{ s}$$

۶- تحلیل

در ابتدا هر دو مدل ۴ و ۸ طبقه به صورت خطی مورد تحلیل و طراحی قرار گرفت و تمامی مقاطع به صورت بهینه انتخاب گردید. پس از انجام این مرحله سازه‌ها مورد تحلیل غیر خطی قرار گرفتند. در تمامی مراحل آنالیز تغییر مکانهای بدست آمده برای سازه‌ها با تغییر مکان هدف مقایسه شده و میزان کم یا زیاد بودن تغییر شکل با این معیار مورد ارزیابی قرار گرفته است. در مرحله اول سازه ۴ طبقه رفتاری کاملاً "غیر شکل پذیر از خود نشان داد. با مشاهده اشکال ۳ تا ۷ می توان بیان نمود که علت مکانیزم زود هنگام سازه روند نامناسب تشکیل مفاصل پلاستیک در بادبندها و ستونهای مجاور آنها می باشد. این اشکال نشان می دهند که تسلیم اعضا با یک روال منطقی صورت نگرفته و بادبندهای طبقات پایینی زودتر از طبقات فوقانی به تسلیم رسیده و قبل از اینکه سازه تغییر شکل قابل ملاحظه ای داشته باشد مکانیزم می گردد.

در شکل ۳ مشاهده می شود که تسلیم از مهاربند طبقه سوم شروع شده که قوی بودن بادبندهای طبقه چهارم می تواند یکی از دلایل عدم تشکیل روند مفصل از این طبقه باشد.





سومین کنفرانس ملی سازه و فولاد

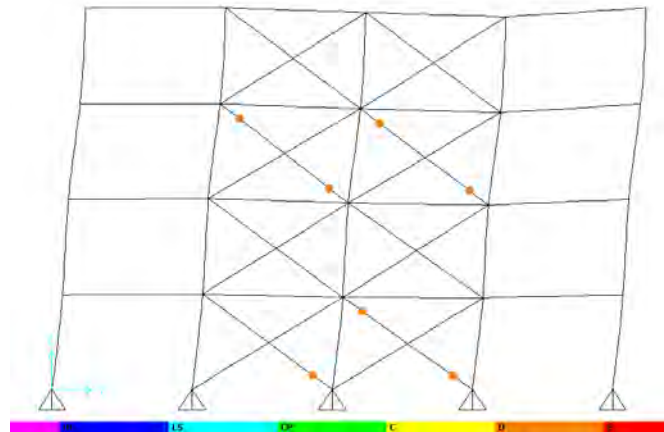
سومین کنفرانس ملی کاربرد فولادهای پر استحکام در صنعت سازه

اولین کنفرانس ملی سازه‌های سبک فولادی (LSF)

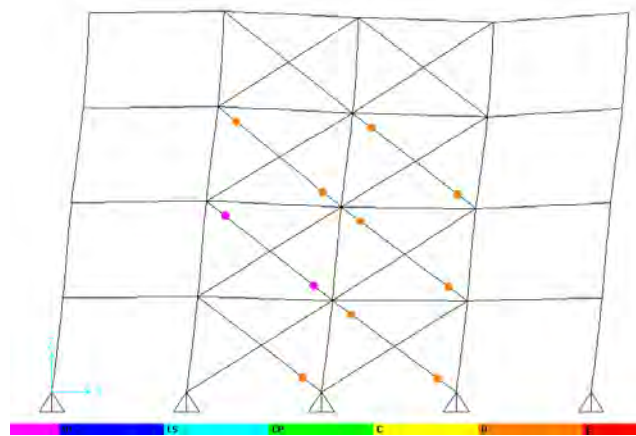


شکل (۳) تسلیم بادبند طبقه سوم

شکل ۴ نشان می‌دهد که تسلیم در مرحله بعد در مهاربندهای طبقه همکف صورت گرفته است.



شکل (۴) تسلیم بادبند طبقه همکف



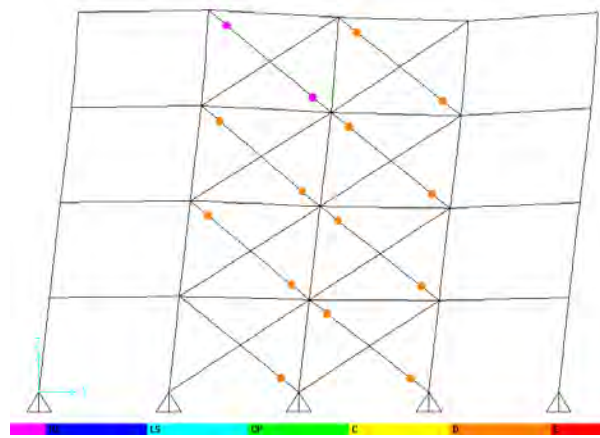
شکل (۵) تسلیم بادبند طبقه دوم



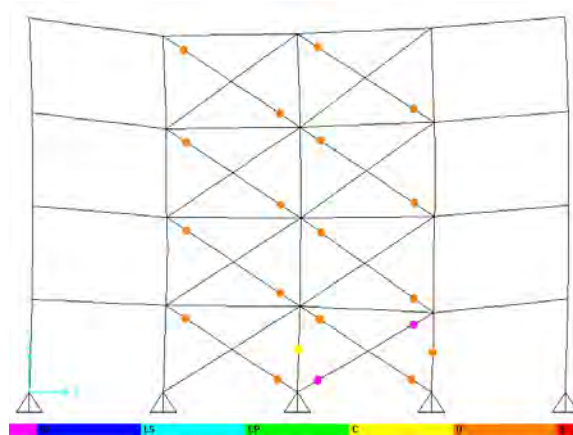
سومین کنفرانس ملی سازه و فولاد

سومین کنفرانس ملی کاربرد فولادهای پر استحکام در صنعت سازه

اولین کنفرانس ملی سازه‌های سبک فولادی (LSF)



شکل (۶) تسلیم بادبند طبقه چهارم



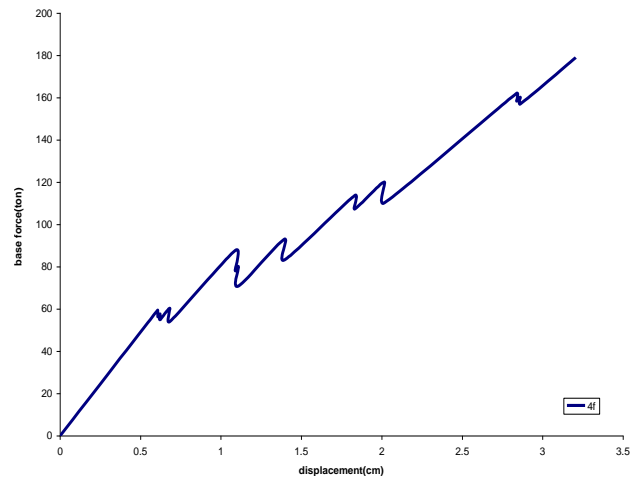
شکل (۷) تسلیم ستونهای مجاور بادبند و مکانیزم

در انتهای فرایند مکانیزم، ستونهای طبقه همکف منتهی به بادبند نیز تسلیم می شوند که این موضوع عامل ناپایداری کلی سازه می گردد.

همانطور که در شکل ۸ مشاهده می گردد در ابتدا سازه رفتار غیر خطی خوبی از خود نشان نداده و پس از تحمل تغییر مکان کمی منهدم می گردد. در گام های متوالی اصلاح سازه صورت پذیرفت. این فرآیند با توجه به روند تشکیل مفاصل و استفاده از نتایج گام قبلی انجام گرفت. به طور مثال در گام اول ستونهای مجاور بادبند در طبقه همکف تقویت شده است.

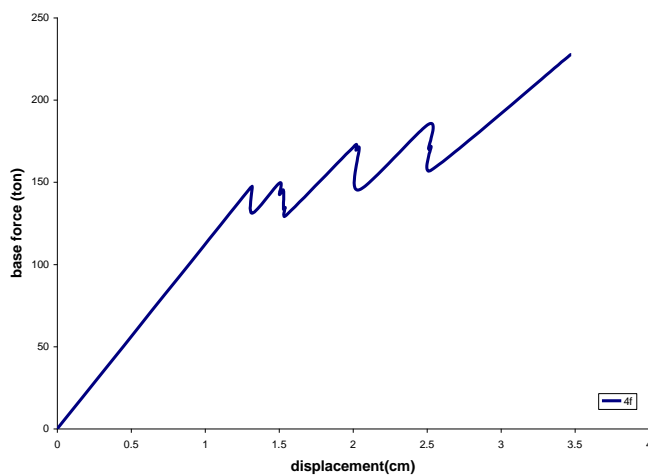


سومین کنفرانس ملی سازه و فولاد سومین کنفرانس ملی کاربرد فولادهای پر استحکام در صنعت سازه اولین کنفرانس ملی سازه‌های سبک فولادی (LSF)



شکل (۸) منحنی نیرو-تغییر مکان مدل ۴ طبقه

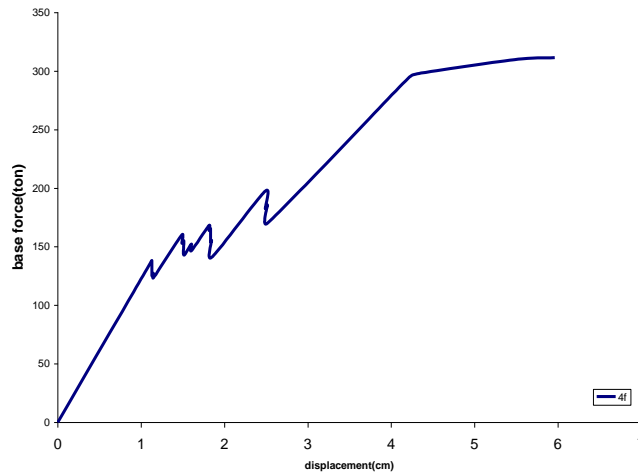
نمودار ۹ نشان می‌دهد با تقویت ستونهای مجاور بادیبند در طبقه همکف رفتار غیر ارتجاعی سازه تا حدودی بهبود یافته است. در ادامه به تدریج با اصلاح سازه و تغییر مقاطع نمودارهای نیرو-تغییر مکان شکل منطقی تری یافته است.



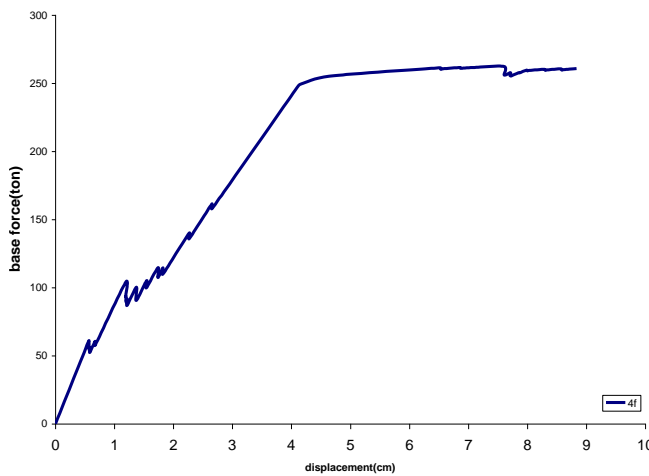
شکل (۹) منحنی نیرو-تغییر مکان مدل ۴ طبقه پس از اولین اصلاح



سومین کنفرانس ملی سازه و فولاد سومین کنفرانس ملی کاربرد فولادهای پر استحکام در صنعت سازه اولین کنفرانس ملی سازه‌های سبک فولادی (LSF)



شکل (۱۰) منحنی نیرو-تغییر مکان مدل ۴ طبقه پس از دومین اصلاح



شکل (۱۱) منحنی نهایی نیرو-تغییر مکان مدل ۴ طبقه

برای اصلاح فرآیند شکل پذیری با نگاهی دقیق بر منحنیهای نیرو-تغییر مکان و نحوه مکانیزم و همچنین تغییر شکل نهایی سازه به این نکته می توان اشاره کرد که ستونهای مجاور بابدند نقش بسزایی را در شکل پذیری سازه ایفا می کنند. روند بهبودی منحنیها با اصلاح این ستونها صورت می گیرد. در تمامی این مراحل منحنی نیرو-تغییر مکان در هر گام، راهنمای اصلاح مقاطع در مرحله بعد بوده است.

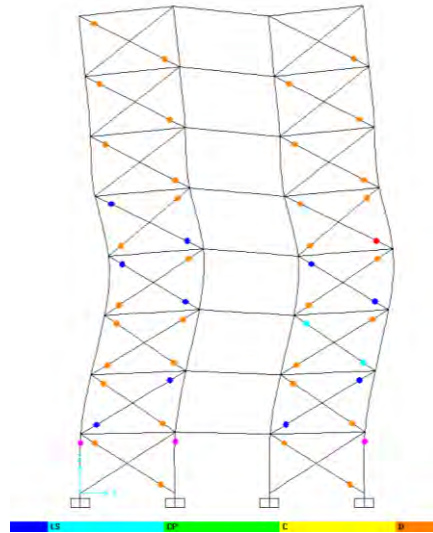
سازه ۸ طبقه نیز با در نظر گرفتن تمامی پیش فرضهای سازه ۴ طبقه تحلیل شد. مجدداً دیده می شود در ابتدا سازه رفتار غیر خطی مناسبی نداشته و تغییر شکل زیادی از خود نشان نمی دهد. به تدریج با اصلاح سازه منحنی نیرو-تغییر مکان شکل مناسب تری به خود گرفته است.



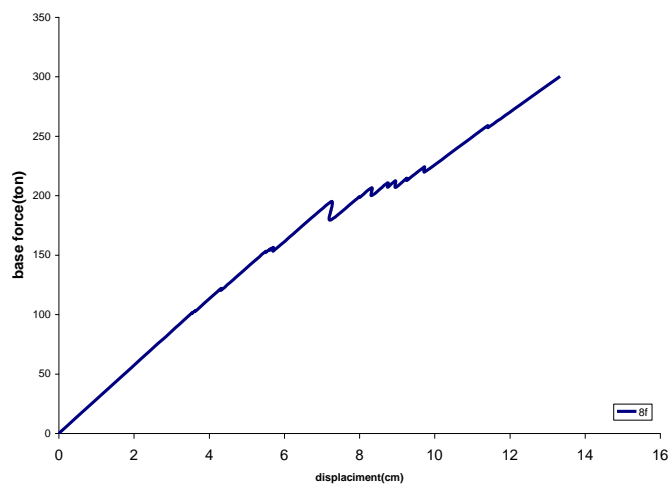
سومین کنفرانس ملی سازه و فولاد

سومین کنفرانس ملی کاربرد فولادهای پر استحکام در صنعت سازه

اولین کنفرانس ملی سازه‌های سبک فولادی (LSF)



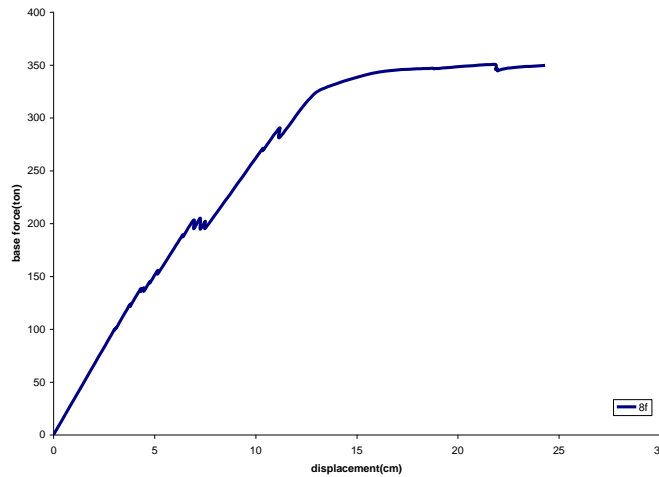
شکل (۱۱) تسلیم ستونهای مجاور بادبند و مکانیزم



شکل (۱۲) منحنی نهایی نیرو-تغییر مکان مدل ۸ طبقه



سومین کنفرانس ملی سازه و فولاد سومین کنفرانس ملی کاربرد فولادهای پر استحکام در صنعت سازه اولین کنفرانس ملی سازه‌های سبک فولادی (LSF)



شکل (۱۳) منحنی نهایی نیرو-تغییر مکان اصلاح شده مدل ۸ طبقه

در پایان می‌توان به این نکات اشاره نمود که می‌توان روند اصلاح را ادامه داد ولی انتظار این است که سازه بتواند حداقل تا رسیدن به تغییر مکان هدف پایداری خود را حفظ نماید. همچنین در بعضی از مراحل اصلاح مشاهده گردید که با تقلیل مقاطع و ضعیف تر نمودن آنها رفتار بهبود می‌یابد. بنا براین چیدمان صحیح اعضا، نقش بسزایی در شکل پذیری سازه‌ها دارد.

۷- نتیجه گیری

پس از انجام آنالیزها و تحلیل نتایج بدست آمده در مورد سازه‌های مورد بررسی میتوان موارد ذیل را مشاهده و استنباط نمود:

- تحلیل پوش آور (Pushover) استاتیکی فزاینده غیر خطی می‌تواند با نشان دادن روند مکانیزم سازه، کمک قابل ملاحظه‌ای به طراحی مناسب یک سازه شکل پذیر نماید. که این امر در مقاوم سازی سازه‌ها نیز بسیار مفید است.
- توزیع نامناسب سختی در سازه به علت چینش اشتباه و تغییرات ناگهانی مقاطع (ضعیف یا خیلی قوی بودن مقاطع)، شکل پذیری سازه را بسیار کاهش می‌دهد.
- می‌توان با اتخاذ تمهیداتی مانند استفاده از تحلیل غیر خطی، تغییر مقاطع و اصلاح سختی سازه و بالطبع روند تشکیل مفاصل پلاستیک رفتار سازه را به طور قابل ملاحظه‌ای بهبود بخشید.
- در سازه‌های فولادی با مهاربند هم محور نه تنها مهاربندها بلکه ستونها نیز تأثیر قابل ملاحظه‌ای در شکل پذیری سازه دارند.



سومین کنفرانس ملی سازه و فولاد سومین کنفرانس ملی کاربرد فولادهای پر استحکام در صنعت سازه اولین کنفرانس ملی سازه‌های سبک فولادی (LSF)



- سازه های فولادی با مهاربند هم محور به دلیل سختی زیاد سیستم، خصوصاً در نقاط پای ستون دچار ضعف می باشند و کلا شکل پذیری قابل ملاحظه ای ندارند که این مورد می بایست در طراحی لحاظ شود.

۸- منابع و مراجع

- [۱] غیاثوند، حسین؛ بررسی حداقل فاصله مجاز بین ساختمانهای فولادی مقاوم سازی شده توسط بادبند های فولادی مجاور جهت مقابله با پدیده ضربه، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه بین المللی امام خمینی (ره)، ۱۳۸۵

Kasai K, Maison BF., Building pounding damage during the ۱۹۸۹ Loma Prieta Earthquake, ۱۹۵-۲۰۷ for A Seismic Steel Frame, Engineering Structures ۱۹۹۷ [۲]

Rosenblueth E, Meli R. ,The ۱۹۸۵ earthquake causes and effects in Mexico City, ۲۳-۳۴, Concrete International ۱۹۸۶ [۳]

R.S.Lawson, V.Vance & H.Krawinkler ,Nonlinear static pushover analysis: why, when and how?, Proceedings 5th U.S.National Conference on Earthquake, Chicago, Illinois, Vol.L,P ۲۸۳-۲۹۲, ۱۹۹۴ [۴]