Archive of SID

نشریه مهندسی عمران و نقشه برداری- دانشکده فنی، دوره ۴۳، شماره ۱، دی ماه ۱۳۸۸، از صفحه ۱۵ تا ۲۳

# بررسی سطوح عملکرد در سازه های فلزی نا متقارن در پلان باقاب خمشی

**فرامرز خوشنودیان*[۱] و سید محمد حسین سید شاه‌کرم فرد[۲]**

[۱]استادیار دانشکده مهندسی عمران - دانشگاه صنعتی امیر کبیر

[۲]دانش آموخته کارشناسی ارشد دانشکده مهندسی عمران - دانشگاه صنعتی امیر کبیر

(تاریخ دریافت ۸۴/۱۰/۳، تاریخ دریافت روایت اصلاح شده ۸۷/۸/۶، تاریخ تصویب ۸۸/۲/۲۷)

## چکیده

با توجه به پیشرفت روز افزون طراحی بر اساس عملکرد با استفاده از تغییر مکان ، مطالعاتی روی سازه های مختلف انجام شده که بیشتر این مطالعات برروی سازه های متقارن در پلان بوده است . در این تحقیق سعی شده است که سازه های فولادی خمشی با پلان نا متقارن طراحی شده بر اساس استاندارد۲۸۰۰ ایران را مورد بررسی قرار داده و از این طریق سطح عملکرد سازه های طراحی شده بر اساس این استاندارد را به دست آورده تا مشخص شود که چه سطح عملکردی را در زلزله طراحی پوشش می دهد. برای نشان دادن این موضوع از معیار پذیرش اعضا و معیار تغییر مکان در آنالیز بار افزون و دینامیکی استفاده شده است. همچنین برای نشان دادن تاثیر خروج از مرکزیت در سطح عملکرد، محل مرکز جرم به میزان ۱۰و۱۵ درصد بعد سازه نسبت به مرکز سختی انتقال یافته و تاثیر بارگذاری ثقلی و جانبی با توجه به الگوهای انتخاب شده بررسی شده است. نتایج به دست آمده نشان می دهد که با افزایش خروج از مرکزیت تغییر مکان مرکز جرم نیز تا ۱۰ درصد افزایش می یابد و الگوی تشکیل مفاصل پلاستیک و تعداد آنها نیز تغییر می کند.

**واژه‌های کلیدی :** ساختمان‌های فولادی، نا متقارن در پلان، آنالیز بار افزون، تحلیل دینامیکی، خروج از مرکزیت

## مقدمه

پیچش سازه به عنوان یکی از علل آسیب‌دیدگی سازه‌ها حین زلزله‌های بزرگ شناخته شده است. تأثیر پیچش می‌تواند به وسیله نامنظمی در پلان، مرکز جرم، سختی یا توزیع مقاومت به وجود بیاید. برای به دست آوردن این تأثیر ساده‌ترین روش همان روش آئین‌نامه‌ها است، که بار به صورت استاتیکی در هر طبقه اعمال می‌شود. پیچش به صورت فرضی محاسبه شده و برای نقاط پیرامونی سازه تغییر مکان های متفاوتی ایجاد می‌نماید. یکی دیگر از روش ها، آنالیز بار افزون می باشد برای توسعه این روش فعالیت های زیادی انجام شده است. یکی از این روش ها در سال ۱۹۹۶ توسط سروقد مقدم و Tso[۱] انجام شد. در روش یاد شده از دو آنالیز بار افزون سه بعدی استفاده گردید که در آنالیز اول نقطه عملکرد بدست آمده و در آنالیز دوم سطح عملکرد و ویرانی های سازه مورد بررسی قرار گرفت. بعد از آن سروقدمقدم و Tso [۲] در سال ۲۰۰۰روش اصلاح شده‌ای را نیز معرفی کردند تا اثرات پیچش در ساختمانهای نامنظم را بتوان در نظر گرفت.

در روش اصلاح شده سروقدمقدم و Tso تغییرمکان هدف به وسیله تحلیل خطی به دست آمده که برای المان‌های مقاوم تغییرمکان های متفاوتی منتج می شود بنابراین تعداد زیادی تغییر مکان هدف برای المان‌ها حاصل می شود در نتیجه، نیروی اعمالی با توجه به آنالیز طیفی مشخص می گردد تا بتوان اثرات مودهای بالاتر را در نظر گرفت. پس از مشخص شدن تغییر مکان هدف و شکل نیرو، آنالیز دوبعدی بار افزون برای المان‌های انتخاب شده انجام می‌شود. نویسندگان سه مدل قاب خمشی ساده، سازه عقب نشسته و سیستم دیوار قاب را مورد آزمایش قرار دادند. برای انجام آنالیز از ۱۰ زلزله مصنوعی شبیه طیف نیومارک هال استفاده شده است. سروقد و Tso معتقدند، این روش برای سازه خمشی همگرایی مناسبی با نتایج تاریخچه زمانی دارد ولیکن برای دو سازه دیگر، جوابها همگرایی مناسبی ندارند. اگرچه در این روش توزیع نیرو با توزیع مثلثی متفاوت است ولی این توزیع در هنگام هل دادن ثابت فرض می‌شود و از تغییرات صرفنظر می‌شود. هم چنین اثرات همزمان دو جهته نیز مطرح نشده است[۲].

در سال ۲۰۰۲، Kilar و Fajfar روش N2 را برای سازه‌های نامتقارن فرمول بندی کردند. روش N2 اصلاح شده شامل دو آنالیز بار افزون سه‌بعدی است که نیرو در مرکز جرم وارد می گردد. تغییر مکان هدف به طور جداگانه در دو جهت به دست آمده و سپس مشخصه مورد

www.SID.ir

* نویسنده مسئول : تلفن : ۶۶۴۰۰۲۴۳ ، فاکس : ۶۶۴۱۴۲۱۳ ، Email: khoshnud@aut.ac.ir

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

Archive of SID


مطالعه (تغییر مکان یا شکل‌پذیری) بوسیله روش SRSS ترکیب می‌شوند. بنا به نظریه Kilar و Fajfar، این روش برای پاسخ سازه‌ها جواب مناسبی پیش‌بینی می‌کند، در حالی که نتایج به دست آمده پراکندگی زیاد با آنالیز دینامیکی دارند. در مواردی که عدم تقارن در سازه زیاد باشد، از این روش نمی‌توانیم استفاده کنیم.[۳]

با توجه به مطالب قبلی بیشتر مطالعات روی سازه‌های با پلان متقارن بوده وبرای ایجاد عدم تقارن از تغییرات در خروج از مرکزیت جرم استفاده شده است.

در این تحقیق [۴] علاوه بر بررسی پلان هندسی نامتقارن، اثر خروج از مرکزیت در سازه های خمشی فولادی با تعداد طبقات مختلف و همچنین سطح عملکرد این سازه ها در زلزله طراحی مورد بررسی قرار می گیرد .

## مدل های مورد مطالعه

در این تحقیق از سه مدل ۷،۳و۱۵ طبقه استفاده شده است وبرای نشان دادن اثر خروج از مرکزیت مرکز جرم۱۰و ۱۵ درصد به سمت لبه نرم معرفی شده حرکت می کند که در شکل (۱) مشخص می باشد . تمام سازه ها بر روی خاک نوع ۴ بوده و همگی با استفاده از استاندارد۲۸۰۰ و۵۱۹ ایران بارگذاری و سپس طراحی شده اند. سیستم باربر جانبی برای سازه ها در دو جهت خمشی می باشد.

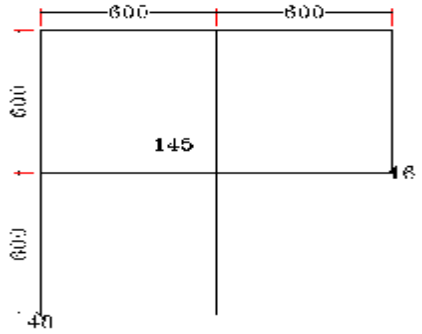
پلان عمومی سازه ها در شکل (۱) نشان داده شده و در تمام سازه ها از فولاد با Fy=2400 و E=2e6 کیلوگرم بر سانتی متر مربع استفاده شده است.

در شکل (۱) نقطه۱۶،۱۴۵و۴۸ به ترتیب معرف لبه سخت (SE: لبه ای که به علت دور شدن از مرکز جرم کمترین تغییر مکان را دارد)، مرکز جرم (CM)ولبه نرم(FE: لبه ای که به علت نزدیک شدن از مرکز جرم بیشترین تغییر مکان را دارد) می باشد. برای آنالیز بار افزون سه بعدی از دو الگوی بارگذاری جانبی استفاده شده است که عبارت اند از :

۱- بارگذاری مثلثی

۲- بارگذاری یکنواخت

بار گذاری ثقلی نیز شامل دو حد بالا وپائین مطابق دستورالعمل به سازی ایران می باشد :




**شکل ۱: پلان عمومی سازه سه، هفت و پانزده طبقه.**

۱-حدپائین بارگذاری ثقلی QG=0.9DL

۲-حدبالای بارگذاری ثقلی QG=1.1(DL+LL)

**جدول۱ : مقایسه نقاط عملکرد برای سازه سه طبقه با خروج از مرکزیت های ۰،۱۰و۱۵ درصد.**

| | | ٪۰ | | ٪۱۰ | | ٪۱۵ | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | V | D | V | D | V | D |
| CM مرکز جرم | PX | ۱۹۹۳ | ۲۱.۵۸ | ۱۹۶۲ | ۲۲.۴ | ۱۸۸۶ | ۲۳.۶۷ |
| | PX1 | ۱۹۶۴ | ۲۱.۸۷ | ۱۹۱۰ | ۲۳ | ۱۸۳۷ | ۲۳.۹۷ |
| | UX | ۲۲۲۲ | ۱۷.۸۷ | ۲۱۹۰ | ۲۰ | ۲۱۲۰ | ۲۱ |
| | UX1 | ۲۱۶۹ | ۱۸.۷ | ۲۱۴۰ | ۲۰.۷ | ۲۰۶۵ | ۲۱.۴۷ |
| FE لبه نرم | PX | ۱۹۹۹ | ۲۱.۹ | ۱۹۶۲ | ۲۷.۹ | ۱۸۸۶ | ۲۹.۳ |
| | PX1 | ۱۹۴۶ | ۲۲.۲ | ۱۹۱۰ | ۲۸.۱ | ۱۸۳۶ | ۲۹.۶ |
| | UX | ۲۲۲۳ | ۱۸.۲ | ۲۱۹۶ | ۲۴.۴ | ۲۱۲۰ | ۲۶.۲ |
| | UX1 | ۲۱۶۷ | ۱۸.۹ | ۲۱۴۲ | ۲۵.۱ | ۲۰۶۶ | ۲۶.۵ |
| SE لبه سخت | PX | ۱۹۹۹ | ۲۱.۱ | ۱۹۶۳ | ۱۲.۲ | ۱۸۸۸ | ۸.۸۲ |
| | PX1 | ۱۹۴۶ | ۲۱.۴ | ۱۹۱۱ | ۱۲.۵ | ۱۸۳۶ | ۸.۸۹ |
| | UX | ۲۲۲۳ | ۱۷.۶ | ۲۱۹۳ | ۱۱ | ۲۱۲۱ | ۷.۸ |
| | UX1 | ۲۱۷۰ | ۱۸.۵ | ۲۱۴۳ | ۱۱.۲ | ۲۰۶۶ | ۷.۸ |

## نتایج آنالیز بار افزون

نتایج آنالیز بار افزون با توجه به الگوهای مختلف در جداول (۱) و (۲) آمده است.که V بیانگر برش با واحد KN و D تغییر مکان با واحد cm است.

PX: بارگذاری جانبی مثلثی و حد پایین بار ثقلی

PX1: بارگذاری جانبی مثلثی و حد بالای بار ثقلی

UX: بارگذاری جانبی یکنواخت و حد پایین بار ثقلی

UX1: بارگذاری جانبی یکنواخت و حد بالای بار ثقلی

با بررسی این جداول به نتایج زیر میرسیم :

همان طور که در جداول نشان داده شده است تاثیر بار ثقلی برای حد پایین و حد بالای آن در منحنی ظرفیت

www.SID.ir

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

Archive of SID


و نقاط عملکرد بسیار ناچیز است و می توان حتی با خروج از مرکزیت بالا از یک الگوی بار گذاری ثقلی استفاده شود. هم چنین الگوی بار جانبی در منحنی ظرفیت تاثیر زیادی دارد بنابراین انتخاب الگوی مناسب بار جانبی در آنالیز سازه از اهمیت بسیاری برخوردار است.

افزایش خروج از مرکزیت تغییر مکان به دست آمده از مرکز جرم را درصدی افزایش داده که این درصد با افزایش خروج از مرکزیت تا حدود ۱۵ به ۱۰ درصد در سازه های کوتاه و بلند می رسد. برای لبه نرم نیز این اتفاق خواهد افتاد اما درصد تغییرات در تغییر مکان با افزایش خروج از مرکزیت افزایش یافته و برای خروج از مرکزیت ۱۵ به حدود۳۳ درصد برای سازه های کوتاه و ۱۷ درصد در سازه های بلند میرسد.

در لبه سخت افزایش خروج از مرکزیت باعث کاهش در تغییر مکان می شود و افزایش خروج از مرکزیت تا ۱۵ درصد، کاهش تغییر مکان تا حدود ۵۸ درصد را در سازه های کوتاه و ۴۰ درصد در سازه های بلند را به بار می آورد.

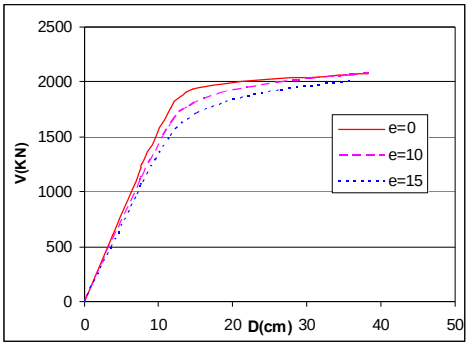
هم چنین، در مورد برش پایه نیز افزایش خروج از مرکزیت باعث کاهش برش شده اما این کاهش خیلی ناچیز بوده ودر مورد بیشترین خروج از مرکزیت به حدود ۶ در صد می رسد

**جدول ۲: مقایسه نقاط عملکرد برای سازه ۱۵ طبقه با خروج از مرکزیت های ۰،۱۰و۱۵ درصد.**

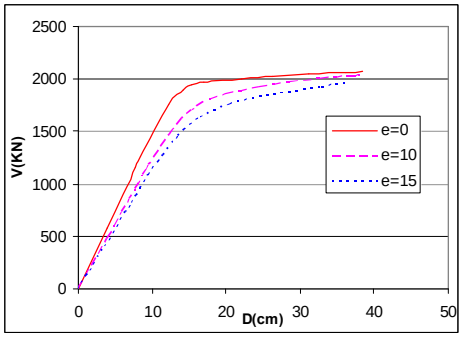
| | | ٪۰ | | ٪۱۰ | | ٪۱۵ | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | V | D | V | D | V | D |
| CM مرکز جرم | PX | ۲۷۷۲ | ۶۵.۴ | ۲۶۸۹ | ۶۵.۴۸ | ۲۵۹۱ | ۶۶.۸۹ |
| | PX1 | ۲۶۸۹ | ۶۵.۷ | ۲۶۰۴ | ۶۵.۷۱ | ۲۵۱۰ | ۶۶.۶۶ |
| | UX | ۳۳۵۴ | ۵۵ | ۳۲۸۵ | ۵۵.۷ | ۳۱۸۷ | ۵۶.۷۸ |
| | UX1 | ۳۲۱۰ | ۵۴.۸ | ۳۱۵۷ | ۵۵.۴ | ۳۰۷۶ | ۵۶.۳۳ |
| FE لبه نرم | PX | ۲۷۷۳ | ۶۵.۲ | ۲۶۸۳ | ۷۴.۱۵ | ۲۵۹۶ | ۷۶.۴۲ |
| | PX1 | ۲۶۸۹ | ۶۵.۱ | ۲۶۰۳ | ۷۴.۳۱ | ۲۵۱۰ | ۷۶.۶۱ |
| | UX | ۳۳۵۴ | ۵۴.۹ | ۳۲۸۳ | ۶۲.۳۹ | ۳۱۸۵ | ۶۴.۹۲ |
| | UX1 | ۳۲۱۰ | ۵۴.۷ | ۳۱۵۷ | ۶۲.۰۹ | ۳۰۶۳ | ۳۴ |
| SE لبه سخت | PX | ۲۷۷۳ | ۶۵.۷ | ۲۶۸۹ | ۴۶.۹۶ | ۲۵۹۱ | ۳۹.۵۲ |
| | PX1 | ۲۶۸۹ | ۶۶.۴ | ۲۶۰۵ | ۴۷.۰۶ | ۲۵۱۰ | ۳۹.۲۱ |
| | UX | ۳۳۵۴ | ۵۵ | ۳۲۹۱ | ۴۱.۱۷ | ۳۱۹۰ | ۳۴.۴ |
| | UX1 | ۳۲۱۰ | ۵۴.۹ | ۳۱۶۰ | ۴۱.۰۵ | ۳۰۷۵ | ۳۴ |

## بررسی منحنی های بار افزون برای یک نقطه و خروج از مرکزیت های مختلف

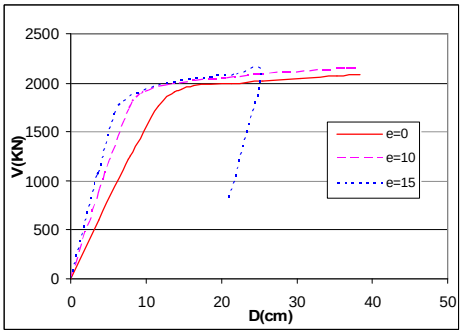
به علت یکسان بودن نتایج در سازه ها فقط نتایج مربوط به الگوی مثلثی با حد بالای بارگذاری ثقلی آورده شده است. با افزایش خروج از مرکزیت علاوه بر افزایش لنگر پیچشی، سختی پیچشی سازه در مرکز جرم و لبه نرم کاهش و در لبه سخت افزایش می یابد، افزایش لنگر پیچشی باعث افزایش تغییر مکان در لبه نرم و مرکز جرم شده و در لبه سخت باعث کاهش تغییر مکان می شود. کاهش سختی پیچشی باعث افت منحنی ظرفیت نسبت به حالت بدون خروج از مرکزیت می شود (اشکال ۲ الی ۴).




**الف – مرکز جرم سازه**




**ب – لبه نرم سازه**



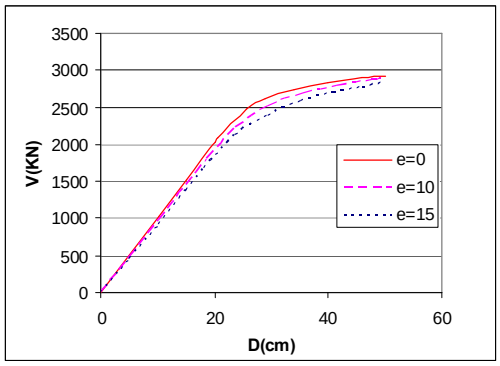

**ج – لبه سخت سازه**

**شکل ۲: منحنی ظرفیت سازه سه طبقه.**

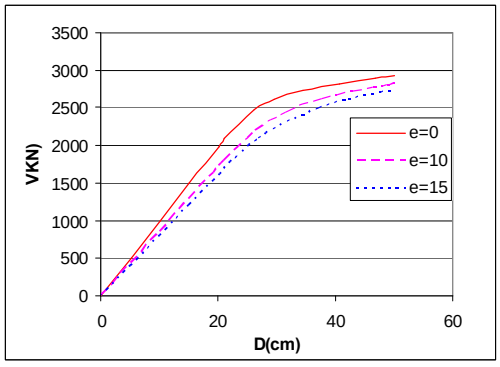
www.SID.ir

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

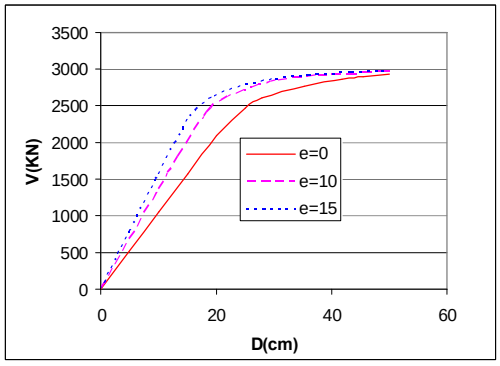
Archive of SID


الف– مرکز جرم سازه

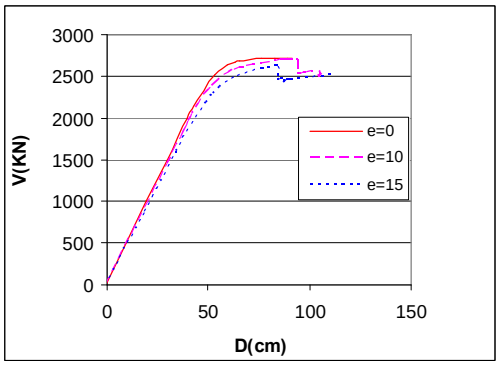



ب – لبه نرم سازه

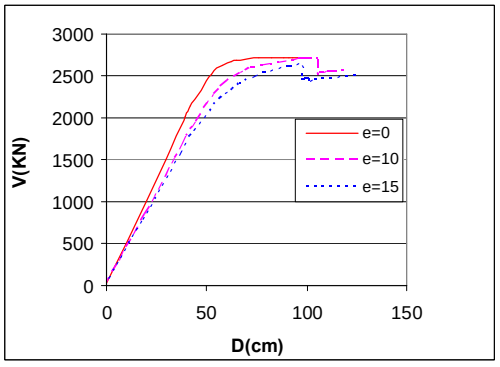



ج – لبه سخت سازه

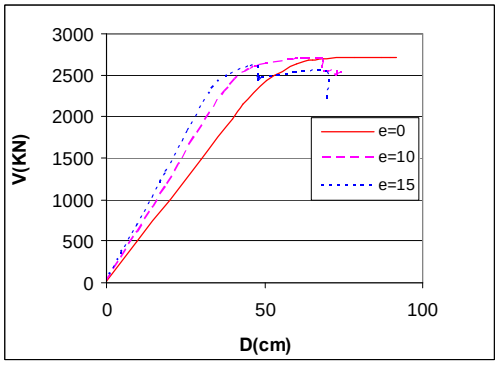
**شکل ۳ : منحنی ظرفیت سازه ۷ طبقه.**




الف – مرکز جرم سازه




ب – لبه نرم سازه




ج – لبه سخت سازه

**شکل ۴ : منحنی ظرفیت سازه۱۵ طبقه.**

## بررسی سطح عملکرد سازه‌ها با توجه به معیار پذیرش اعضا

معیارهای پذیرش اعضا و اجزای ساختمان به همراه ملزومات مربوط به کل ساختمان، به عنوان معیارهای اصلی بررسی و ارزیابی سازه مطرح می‌باشند. هر یک از اعضای سازه باید از نظر برآورده کردن معیارهای پذیرش برای نیروها و تغییر شکل‌های متناظر نقطهٔ عملکرد بررسی شوند.روش کلی برای ارزیابی و پذیرش اعضا مطابق با دستورالعمل به سازی ایران می باشد.

به علت عدم تقارن در پلان سازه های مورد تحقیق باید در دو جهت X و Y هل داده شود. بنابراین با توجه به دستورالعمل بهسازی ابتدا سازه را در یک جهت هل داده و بعد از آن در جهت دیگر به اندازه ۳۰ درصد تغییر مکان هدف هل می دهیم. در جداولی که در ادامه می آید سطوح عملکرد سازه ها در تغییرمکان هدف سازه در مرکز جرم بام بر اساس وضعیت مفاصل پلاستیک تشکیل شده مورد بررسی قرار گرفته است. معیار پذیرش اعضا بر حسب سطوح عملکرد (آستانه فروریزشCP،ایمنی جانی LS وقابلیت استفاده بی وقفه IO و A-Bمرحله خطی) در

www.SID.ir

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

Archive of SID


جداول نشان داده شده است. در جداول (۳) الی (۵) اعداد بیانگر تعداد مفاصل تشکیل شده در حد ذکر شده می‌باشند.

**جدول۳ : وضعیت مفاصل پلاستیک در سازه ۳ طبقه .**

| | بار افزون | A-B | IO | LS | CP |
|---|---|---|---|---|---|
| صفر درصد خروج از مرکزیت | PX | ۱۸۲ | ۶۲ | ۷۴ | 0 |
| | PX1 | ۱۷۴ | ۵۷ | ۸۷ | 0 |
| | UX | ۲۳۲ | ۳۲ | ۵۴ | 0 |
| | UX1 | ۲۳۲ | ۳۲ | ۵۴ | 0 |
| ده درصد خروج از مرکزیت | PX | ۱۷۳ | ۶۸ | ۷۷ | ۰ |
| | PX1 | ۱۳۲ | ۷۷ | ۱۰۹ | ۰ |
| | UX | ۱۹۹ | ۴۹ | ۷۰ | ۰ |
| | UX1 | ۱۹۹ | ۴۹ | ۷۰ | ۰ |
| پانزده درصد خروج از مرکزیت | PX | ۱۷۷ | ۶۹ | ۷۲ | ۰ |
| | PX1 | ۱۷۷ | ۶۹ | ۷۲ | ۰ |
| | UX | ۲۲۵ | ۳۴ | ۵۹ | ۰ |
| | UX1 | ۲۲۵ | ۳۴ | ۵۹ | ۰ |

**جدول۴: وضعیت مفاصل پلاستیک در سازه ۷ طبقه .**

| | بار افزون | A-B | IO | LS | CP |
|---|---|---|---|---|---|
| صفر درصد خروج از مرکزیت | PX | ۲۱۰ | ۳۴ | ۸ | ۰ |
| | PX1 | ۲۱۰ | ۳۴ | ۸ | ۰ |
| | UX | ۲۱۰ | ۳۷ | ۵ | ۰ |
| | UX1 | ۲۱۰ | ۳۳ | ۹ | ۰ |
| ده درصد خروج از مرکزیت | PX | ۲۱۳ | ۳۶ | ۳ | ۰ |
| | PX1 | ۲۱۲ | ۳۶ | ۴ | ۰ |
| | UX | ۲۱۸ | ۲۹ | ۵ | ۰ |
| | UX1 | ۲۱۶ | ۳۰ | ۶ | ۰ |
| پانزده درصد خروج از مرکزیت | PX | ۲۱۷ | ۳۱ | ۴ | ۰ |
| | PX1 | ۲۱۴ | ۳۵ | ۳ | ۰ |
| | UX | ۲۲۱ | ۲۵ | ۶ | ۰ |
| | UX1 | ۲۲۰ | ۲۷ | ۵ | ۰ |

با توجه به معیارهای پذیرش، برای آنکه سازه ای بتواند دارای سطح عملکرد خاصی باشد باید تمام معیارهای آن سطح را دارا باشد، پس باید معیار پذیرش تغییر مکان را نیز کنترل کرد اما با توجه به معیارهای پذیرش اعضا ، می توان به نتایج زیر دست یافت :

با توجه به نتایج وضعیت مفاصل پلاستیک در قاب های خمشی سطح عملکرد سازه های طراحی شده بر اساس استاندارد ۲۸۰۰ در حد ایمنی جانی می باشد، که با هدف عملکردی استاندارد۲۸۰۰ یعنی سطح عم لکرد ایمنی جانی تطابق دارد. خروج از مرکزیت در تعداد و نوع تشکیل مفاصل تاثیر می گذارد. ساختمان ۱۵ طبقه نسبت به ساختمان ۷ طبقه وآن نیز نسبت به ساختمان ۳ طبقه به لحاظ وضعیت مفاصل پلاستیک (از لحاظ تعداد)دارای عملکرد بهتری هستند که این مطلب نشانگر طراحی فراتر از حد نیاز استاندارد۲۸۰۰ برای سازه های بلند می باشد.

**جدول۵ : وضعیت مفاصل پلاستیک در سازه ۱۵ .**

| | بار افزون | A-B | IO | LS | CP |
|---|---|---|---|---|---|
| صفر درصد خروج از مرکزیت | PX | ۴۳۳ | ۱۰۶ | ۱ | ۰ |
| | PX1 | ۴۱۷ | ۱۱۷ | ۶ | ۰ |
| | UX | ۴۷۰ | ۶۱ | ۹ | ۰ |
| | UX1 | ۴۶۵ | ۶۳ | ۱۲ | ۰ |
| ده درصد خروج از مرکزیت | PX | ۴۸۵ | ۸۹ | ۱ | ۰ |
| | PX1 | ۴۴۲ | ۹۵ | ۳ | ۰ |
| | UX | ۴۷۳ | ۶۲ | ۵ | ۰ |
| | UX1 | ۴۷۵ | ۵۸ | ۷ | ۰ |
| پانزده درصد خروج از مرکزیت | PX | ۴۴۱ | ۹۴ | ۵ | ۰ |
| | PX1 | ۴۴۴ | ۹۲ | ۴ | ۰ |
| | UX | ۴۷۸ | ۵۷ | ۵ | ۰ |
| | UX1 | ۴۷۹ | ۵۲ | ۹ | ۰ |

## بررسی سطح عملکرد سازه‌ها طبق معیار تغییرمکان

یکی دیگر از روش های تعیین سطح عملکرد اعضا بررسی نسبت تغییر مکان نسبی طبقات می باشد که در FEMA356 آمده است که برای سازه های خمشی در جدول (۶) سطح عملکردها با توجه به این نسبت مشخص می باشد.

برای مقایسه این موضوع علاوه بر آنالیز بارافزون از آنالیز دینامیکی نیز استفاده شده است خاطر نشان می سازد برای این امر از ۴ شتاب نگاشت بم (bam)، نورتریج(nort)، طبس(tabas) وناقان (naghan) استفاده شده است از آنجایی که در استاندارد ایران برای مناطق با

www.SID.ir

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

Archive of SID


خطر نسبی زیاد از ماکزیمم شتاب 0.35g استفاده شده، در این تحقیق برای مشخص شدن سطح عملکرد سازه های طراحی شده بر اساس آیین نامه ماکزیمم شتاب‌های شتاب نگاشت‌های فوق به 0.35g نرمال شده اندکه نتایج این آنالیزها در اشکال (۵) الی (۱۰) آمده است.

**جدول ۶ : نسبت تغییر مکان جانبی مجاز.**

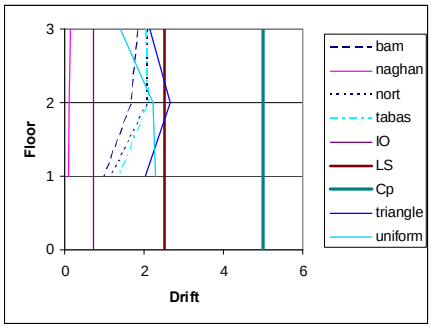
| | سطوح عملکرد | | | |
|---|---|---|---|---|
| | استفاده بی وقفه | خرابی محدود | ایمنی جانی | آستانه فرو ریزش |
| مجموع تغییر مکان جانبی نسبی | ۰.۷ | ۰.۷-۲.۵ | ۲.۵ | ۵ |

بررسی منحنی های فوق نشان می دهد براساس این معیار کلیه سازه های طرح شده بر اساس استاندارد ۲۸۰۰ در سطح ایمنی جانی بوده و حتی انتقال مرکز جرم نیز این سطح عملکرد را کاهش نداده و فقط این نسبت مقداری افزایش می یابد.

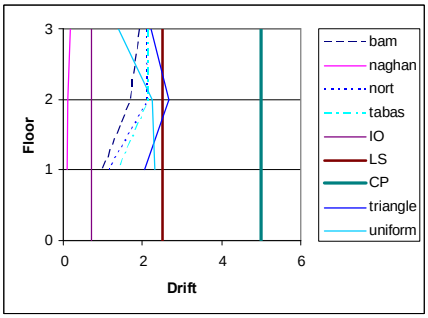
این نسبت برای لبه نرم نسبت به مرکز جرم افزایش و برای لبه سخت کاهش یافته که با توجه به افزایش تغییر مکان در لبه نرم و مرکز جرم منطقی به نظر میرسد، همچنین با توجه به کاهش تغییر مکان در لبه سخت این نسبت به طور معقول باید کاهش پیدا کند.

مقایسه سطح عملکرد سازه های ۳و۷و۱۵ طبقه نشان می دهد که برای سازه های دارای سیستم خمشی پاسخ عملکرد سازه های انتخاب شده اختلاف چندانی نسبت به یکدیگر ندارند، حتی اگر مرکز جرم را به میزان ۱۵ درصد انتقال دهیم. همچنین، این نسبت برای سازه ها ی با ارتفاع زیاد کم می شود که این نشان دهنده طراحی دست بالای استاندارد ۲۸۰۰ برای سازه های بلند مرتبه می باشد که به نظر می رسد علت آن کم بودن تغییر مکان نسبی طبقات مجاز در این آئین نامه بوده که البته در ویرایش جدید این مشکل تا حدودی حل شده است . (تبدیل 0.4R به 0.7R برای تغییر مکان نسبی مجاز)

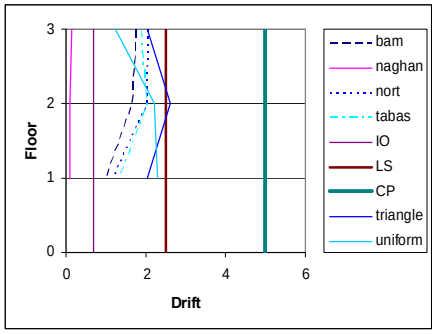
نسبت بدست آمده از الگوی بارگذاری جانبی آیین نامه نسبت به بارگذاری یکنواخت در جهت اطمینان بوده، بدین معنی که مقدار بدست آمده از الگوی مثلثی بیش از مقدار بدست آمده از الگوی یکنواخت است. همچنین با توجه به نمودارهای بالا مشخص است که بیشترین مقدار این نسبت برای الگوی مثلثی (آئین نامه ) در طبقات بالاتری نسبت به الگوی یکنواخت اتفاق می افتد در الگوی مثلثی با افزایش ارتفاع مقدار ماکزیمم اتفاق افتاده به طبقات بالا تر حرکت می کند، در صورتی که در الگوی یکنواخت ماکزیمم در طبقه ۲ اتفاق می افتد. در تمام شکلهای فوق مشخص است که شتابنگاشت اعمالی به سازه بسیار مهم بوده و پاسخ سازه به این پارامتر بسیار حساس است. نتایج آنالیز دینامیکی برای سازه سه و هفت طبقه با نتایج مربوط به الگوی مثلثی نزدیک است ولی در مورد سازه های با ارتفاع زیاد دو الگوی انتخاب شده همگرایی مناسبی برای این نسبت ندارد. بنابراین برای سازه بلند الگوی دیگری باید تعریف شود.




**الف - برای CM**




**ب - برای FE**



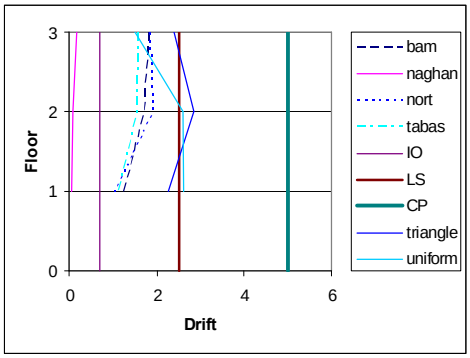

**ج - برای SE**

**شکل ۵: تغییر مکان نسبی برای سازه سه طبقه و با خروج از مرکزیت صفر.**

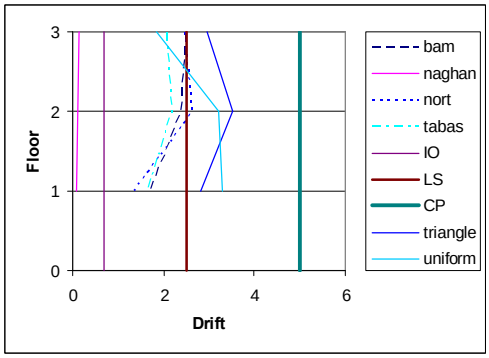
www.SID.ir

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

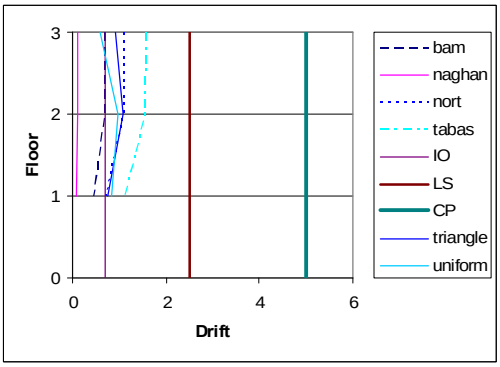
Archive of SID


الف – برای CM

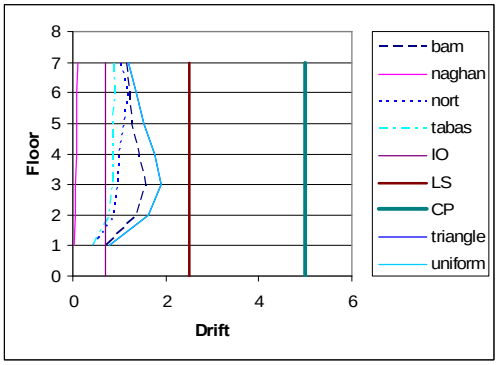



ب – برای FE

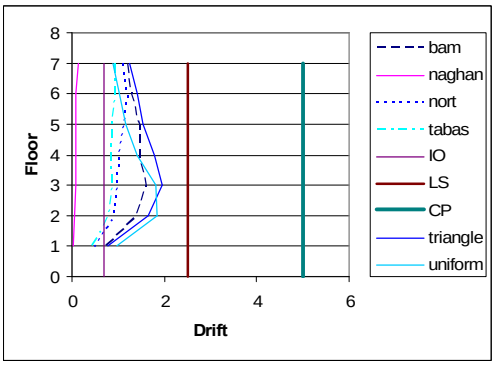



ج – برای SE

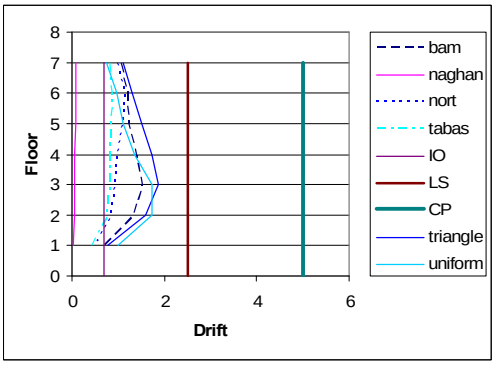
شکل ۶:تغییر مکان نسبی برای سازه سه طبقه و خروج از مرکزیت ۱۵٪.




االف – برای CM

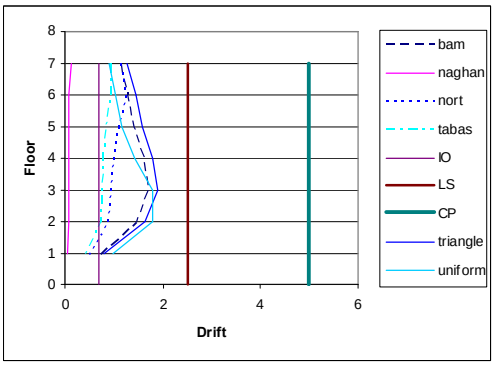



ب – برای FE

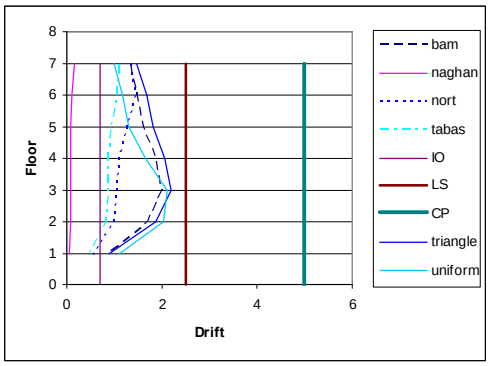



ج – برای SE

شکل ۷ :تغییر مکان نسبی برای سازه ۷ طبقه و خروج از مرکزیت صفر.




الف – برای CM

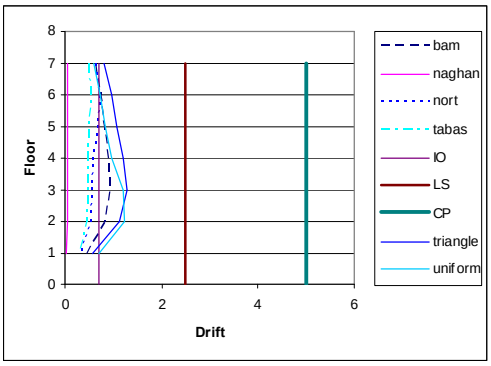



ب – برای FE

www.SID.ir

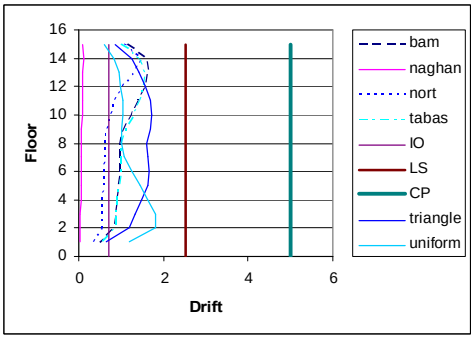
PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

Archive of SID

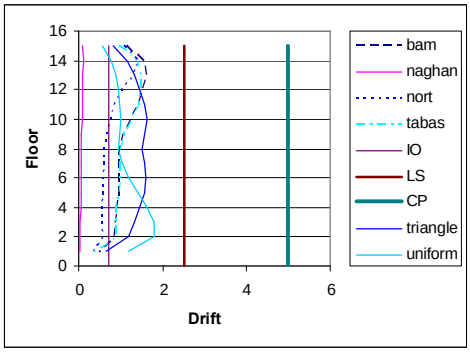




ج - برای SE

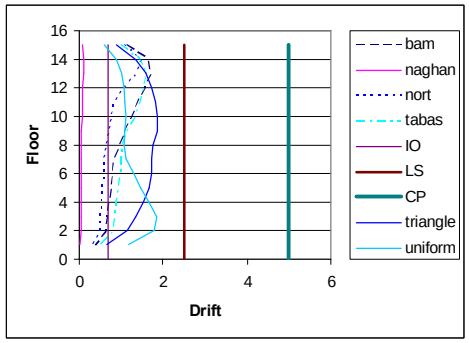
**شکل ۸ :تغییر مکان نسبی برای سازه۷ طبقه و خروج از مرکزیت ۱۵٪.**




الف - برای CM

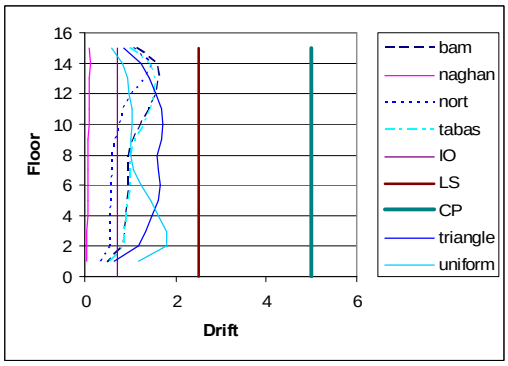



ب - برای FE

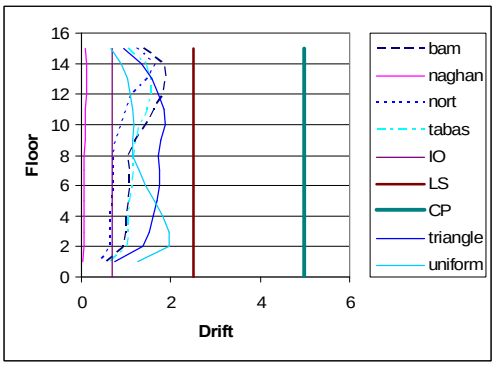



ج - برای SE

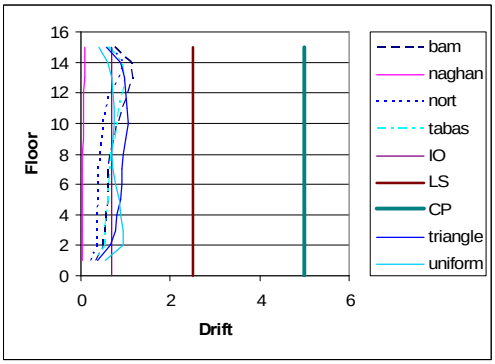
**شکل۹: تغییر مکان نسبی برای سازه ۱۵ طبقه و خروج از مرکزیت صفر.**




الف - برای CM




ب - برای FE




ج - برای SE

**شکل ۱۰ : تغییر مکان نسبی برای سازه ۱۵ طبقه و خروج از مرکزیت ۱۵٪.**

## نتایج

۱- با بررسی پارامتر های موثر روش طیف ظرفیت به عنوان یکی از روش های طراحی بر اساس عملکرد می توان نتیجه گرفت بارهای ثقلی مختلف که در این تحقیق انتخاب شده است تاثیر چندانی در نقطه عملکرد نداشته و نتایج مشابهی دارند .

۲- الگوی تغییرمکان نسبی طبقات برای سازه ۳و۷ طبقه ناشی از آنالیز تاریخچه زمانی شبیه الگوی تغییرمکان نسبی طبقات ناشی از بارگذاری مثلثی (آئین

www.SID.ir

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

Archive of SID


نامه) است اما در مورد سازه های بلند این الگو هیچ گونه شباهتی با الگوی بارگذاری مثلثی و یکنواخت ندارد.

۳- تاثیر الگوی جانبی برای بدست آوردن نقطه عملکرد زیاد می باشد بنا براین انتخاب الگوی مناسب جهت بدست آوردن این نقطه الزامی می باشد.

۴- با مقایسه نتایج با آنالیز تاریخچه زمانی مشخص می شود که آنالیز بارافزون در تمام موارد نتایج دست بالایی برای تغییر مکان می دهد .

۵- ارزیابی سازه ها با توجه به معیار پذیرش اعضا نشان می دهد که سازه های خمشی طراحی شده توسط استاندارد ۲۸۰۰ دارای سطح عملکرد ایمنی جانی بوده که نشان دهنده قابلیت استاندارد ایران در مورد سطح عملکرد در زلزله طراحی می باشد .

۶- افزایش خروج از مرکزیت باعث پائین آمدن سطح عملکرد در سازه ها نشده و فقط الگوی تشکیل مفاصل و تعداد آنرا تغییر می دهد .

۷- در صورتی که تغییرمکان نسبی طبقات را مد نظر قرار دهیم سازه های طراحی شده توسط آئین نامه در سطح عملکرد ایمنی جانی بوده و آنالیز بار افزون در یک مورد جواب پائین تری نسبت به آنالیز تاریخچه زمانی می دهد . ( لبه سخت در سازه سه طبقه با ۱۵ درصد خروج از مرکزیت )

۸- به علت خروج از مرکزیت مرکز جرم منحنی ظرفیت سازه در مرکز جرم ولبه نرم کاهش می یابد در صورتی که در لبه سخت افزایش منحنی مشاهده می گردد.

۹- در سازه های طراحی شده با استفاده از آیین نامه ایران مشخص می باشد که با افزایش ارتفاع تاثیرات خروج از مرکزیت کاهش می یابد.

## مراجع

1 - Moghadam, A. S. and Tso, W. K. (1996). “Damage assessment of eccentric multistory building using 3D Push over analysis, in proceedings.” *World Conference On Earthquake Engineering,* 11th, Acopulco, PP. 997.

2 - Moghadam, A. S. and Tso, W. K. (2000). “Push over analysis for asymmetric and set-back multistory building, in proceedings.” *World Conference On Earthquake Engineering ,* 12th, Acopulco, PP. 1093.

3 - Kilar,V.and Fajfar,P. (2002). “Simplified nonlinear seismic analysis of Asymmetric multistory building, in proceeding.” *European Conference on Earthquake Engineering ,* 12th Upper Hutt, PP. 1093.

۴- سید شاه کرم فرد، س. م. ح. (۱۳۸۴). *بررسی سطوح عملکرد در سازه های نامتقارن*، پایان نامه کارشناسی ارشد به راهنمایی دکترخوشنودیان، دانشگاه امیر کبیر.

www.SID.ir

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com