

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

فرامرز خوشنودیان^{۱*} و سید محمد حسین سید شاه کرم 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 بر روی 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 استاندارد ۲۸۰۰ 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 ۱۵ و ۱۰ 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.

واژه های کلیدی: ساختمان های فولادی، نا متقارن در پلان، آنالیز بار افزون، تحلیل دینامیکی، خروج از مرکزیت

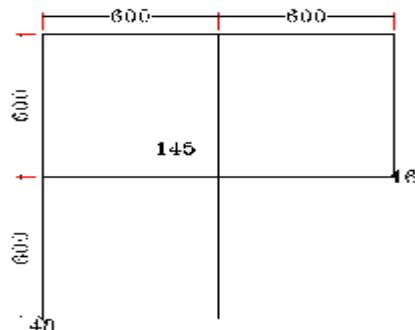
مقدمه

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 موده های بالاتر را در نظر گرفت. پس از مشخص شدن تغییر مکان هدف و شکل نیرو، آنالیز دوبعدی بار افزون برای المانهای انتخاب شده انجام می شود. 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 حال استفاده شده است. سروقد و Tso معتقدند، این روش برای سازه خمشی همگرایی مناسبی با نتایج تاریخیچه 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 می شود و از تغییرات صرف نظر می شود. هم چنین اثرات همزمان دو جهت نیز مطرح نشده است [۲].

در سال ۲۰۰۲، Kilar و Fajfar روش N2 را برای سازه های نامتقارن فرمول بندی کردند. روش N2 اصلاح شده شامل دو آنالیز بار افزون سه بعدی 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

پیچش سازه به عنوان یکی از علل آسیب دیدگی سازه ها حین زلزله های بزرگ شناخته شده است. تأثیر پیچش می تواند به وسیله نامنظمی در پلان، مرکز جرم، سختی یا توزیع مقاومت به وجود بیاید. برای به دست آوردن این تأثیر ساده ترین روش همان روش آئین نامه ها است، که بار به صورت استاتیکی در هر طبقه اعمال می شود. پیچش به صورت فرضی محاسبه شده و برای نقاط پیرامونی سازه تغییر مکان های متفاوتی ایجاد می نماید. 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 سروقد مقدم و Tso [۲] در سال ۲۰۰۰ روش اصلاح شده ای را نیز معرفی کردند تا اثرات پیچش در ساختمانهای نامنظم را بتوان در نظر گرفت.

در روش اصلاح شده سروقد مقدم و Tso تغییر مکان هدف به وسیله تحلیل خطی به دست آمده که برای المانهای مقاوم تغییر مکان های متفاوتی منتج می شود



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

۱- حد پائین بارگذاری ثقلی $QG=0.9DL$

۲- حد بالای بارگذاری ثقلی $QG=1.1(DL+LL)$

جدول ۱: مقایسه نقاط عملکرد برای سازه سه طبقه با خروج از مرکزیت های ۰، ۱۰ و ۱۵ 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 مثلی و حد پایین بار ثقلی

PX1: بارگذاری جانبی مثلی 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

مطالعه (تغییر مکان یا شکل پذیری) بوسیله روش SRSS ترکیب می شوند. بنا به نظریه Kilar و Fajfar، این روش برای پاسخ سازه ها جواب مناسبی پیش بینی می کند، 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 نمی توانیم استفاده کنیم. [۳]

با توجه به مطالب قبلی بیشتر مطالعات روی سازه های با پلان متقارن بوده و برای 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 ۱۵ و ۷، ۳ طبقه استفاده شده است و برای نشان دادن اثر خروج از مرکزیت مرکز جرم ۱۰ و 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 استاندارد ۲۸۰۰ و ۵۱۹ 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 $E=2e6$ و $F_y=2400$ کیلوگرم بر سانتی متر مربع استفاده شده است.

در شکل (۱) نقطه ۱۴۵، ۱۶ و ۴۸ به ترتیب معرف لبه سخت (SE): لبه ای که به علت دور شدن از مرکز جرم کمترین تغییر مکان را دارد، مرکز جرم (CM) و لبه 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 مثلی

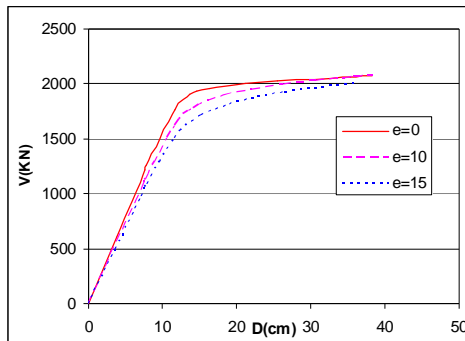
۲- بارگذاری یکنواخت

بار گذاری ثقلی نیز شامل دو حد بالا و پائین مطابق

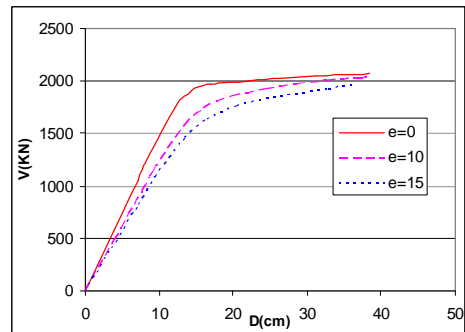
دستورالعمل به سازی ایران می باشد :

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

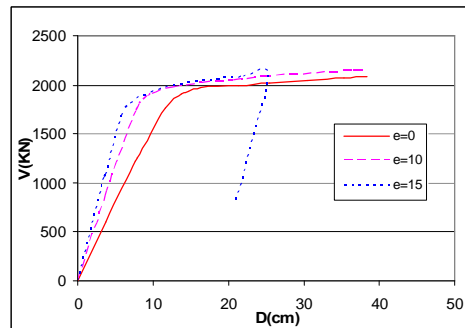
به علت یکسان بودن نتایج در سازه ها فقط نتایج مربوط به الگوی مثلثی با حد بالای بارگذاری ثقیل آورده شده است. با افزایش خروج از مرکزیت علاوه بر افزایش لنگر پیچشی، سختی پیچشی سازه در مرکز جرم و لبه نرم کاهش و در لبه سخت افزایش می یابد، افزایش لنگر پیچشی باعث افزایش تغییر مکان در لبه نرم و مرکز جرم شده و 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.

و نقاط عملکرد بسیار ناچیز است و می توان حتی با خروج از مرکزیت بالا از یک الگوی بار گذاری ثقیل 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.

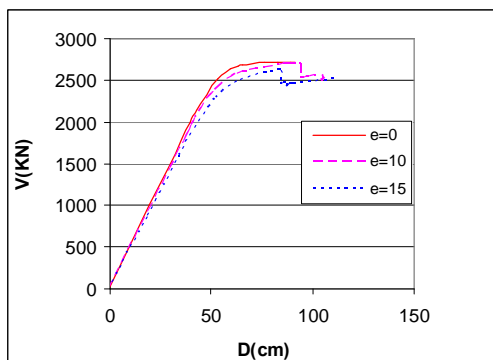
افزایش خروج از مرکزیت تغییر مکان به دست آمده از مرکز جرم را درصدی افزایش داده که این درصد با افزایش خروج از مرکزیت تا حدود ۱۵ به ۱۰ درصد در سازه های کوتاه و بلند می رسد. برای لبه نرم نیز این اتفاق خواهد افتاد اما درصد تغییرات در تغییر مکان با افزایش خروج از مرکزیت افزایش یافته و برای خروج از مرکزیت ۱۵ به حدود ۳۳ 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.

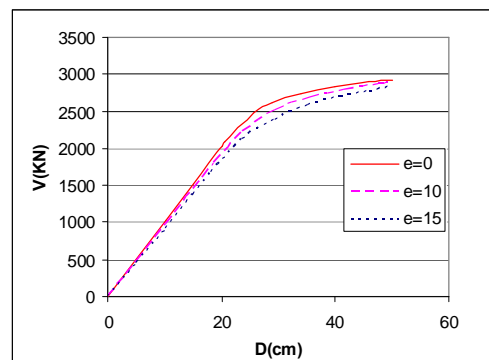
هم چنین، در مورد برش پایه نیز افزایش خروج از مرکزیت باعث کاهش برش شده اما این کاهش خیلی ناچیز بوده و در مورد بیشترین خروج از مرکزیت به حدود ۶ درصد می رسد

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

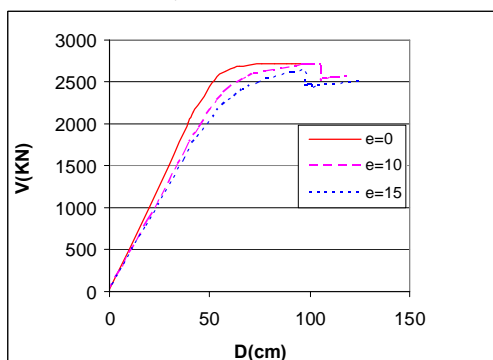
		۰٪		۱۰٪		۱۵٪	
		V	D	V	D	V	D
CM مرکز جرم	PX	۲۷۷۲	۶۵.۴	۲۶۸۹	۶۵.۴۸	۲۵۹۱	۶۶.۸۹
	PX1	۲۶۸۹	۶۵.۷	۲۶۰۴	۶۵.۷۱	۲۵۱۰	۶۶.۶۶
	UX	۳۳۵۴	۵۵	۳۲۸۵	۵۵.۷	۳۱۸۷	۵۶.۷۸
	UX1	۳۲۱۰	۵۴.۸	۳۱۵۷	۵۵.۴	۳۰۷۶	۵۶.۳۳
FE لبه نرم	PX	۲۷۷۳	۶۵.۲	۲۶۸۳	۷۴.۱۵	۲۵۹۶	۷۶.۴۲
	PX1	۲۶۸۹	۶۵.۱	۲۶۰۳	۷۴.۳۱	۲۵۱۰	۷۶.۶۱
	UX	۳۳۵۴	۵۴.۹	۳۲۸۳	۶۲.۳۹	۳۱۸۵	۶۴.۹۲
	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



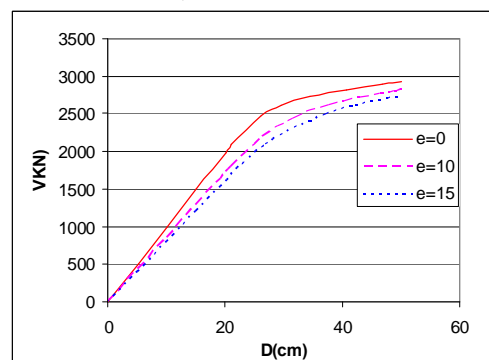
الف - مرکز جرم سازه



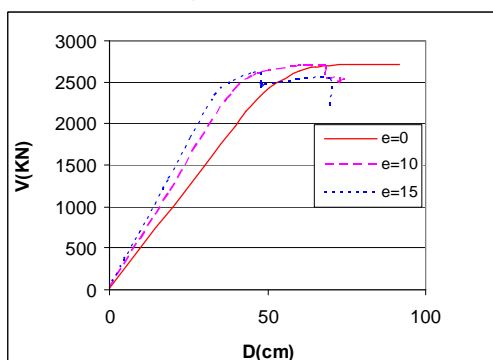
الف - مرکز جرم سازه



ب - لبه نرم سازه

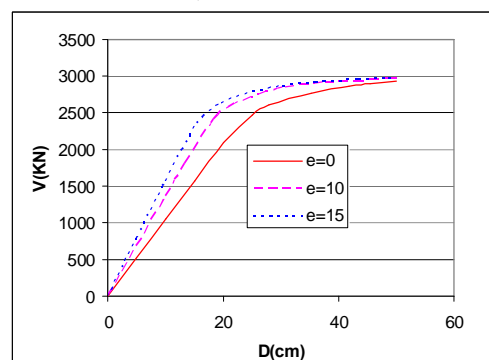


ب - لبه نرم سازه



ج - لبه سخت سازه

شکل ۴: منحنی ظرفیت سازه ۱۵ طبقه.



ج - لبه سخت سازه

شکل ۳: منحنی ظرفیت سازه ۷ طبقه.

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 جدولی که در ادامه می آید سطوح عملکرد سازه ها در تغییر مکان 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 فروریزش CP، ایمنی جانی LS و قابلیت استفاده بی وقفه IO و A-B مرحله خطی) در

بررسی سطح عملکرد سازه ها 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 می باشند. هر یک از اعضای سازه باید از نظر برآورده کردن معیارهای پذیرش برای نیروها و تغییر شکل های متناظر نقطه عملکرد بررسی شوند. روش کلی برای ارزیابی و پذیرش اعضا مطابق با دستورالعمل به سازی ایران می باشد.

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

جدول ۳: 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

پذیرش اعضا، می‌توان 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 می‌باشد، که با هدف عملکردی استاندارد ۲۸۰۰ یعنی سطح عم لکرد ایمنی جانی تطابق دارد. خروج از مرکزیت در تعداد و نوع تشکیل مفاصل تاثیر می‌گذارد. ساختمان ۱۵ طبقه نسبت به ساختمان ۷ طبقه و آن 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 استاندارد ۲۸۰۰ برای سازه های بلند می‌باشد.

جدول ۵: 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

جدول ۴: 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

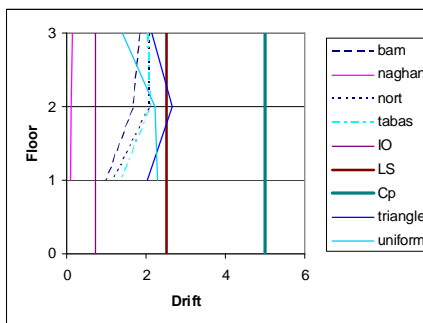
بررسی سطح عملکرد سازه‌ها طبق معیار تغییرمکان

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 می‌باشد.

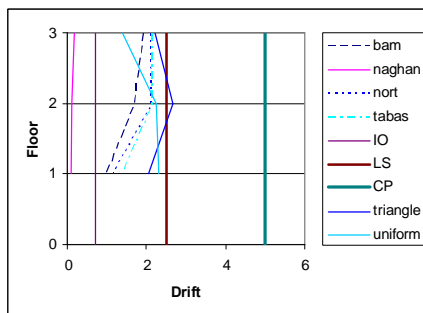
برای مقایسه این موضوع علاوه بر آنالیز بارافزون از آنالیز دینامیکی نیز استفاده شده است خاطر نشان می‌سازد برای این امر از ۴ شتاب نگاشت بم (bam)، نورتریج (nort)، طبس (tabas) و ناقان (naghan) استفاده شده است از آنجایی که در استاندارد ایران برای مناطق با

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

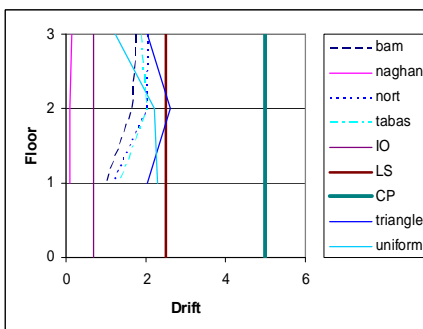
این نسبت برای الگوی مثلثی (آئین نامه) در طبقات بالاتری نسبت به الگوی یکنواخت اتفاق می افتد در الگوی مثلثی با افزایش ارتفاع مقدار ماکزیمم اتفاق افتاده به طبقات بالا تر حرکت می کند، در صورتی که در الگوی یکنواخت ماکزیمم در طبقه ۲ اتفاق می افتد. در تمام شکل‌های فوق مشخص است که شتابنگاشت اعمالی به سازه بسیار 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.

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 اند که نتایج این آنالیزها در اشکال (۵) الی (۱۰) آمده است.

جدول ۶: نسبت تغییر مکان جانبی مجاز.

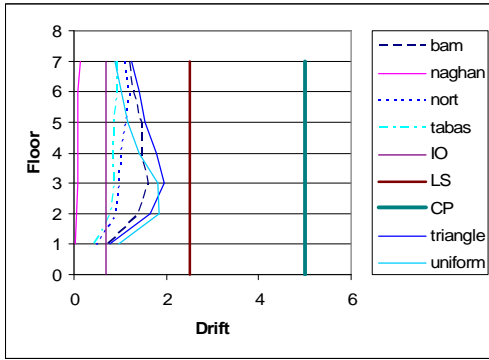
	سطوح عملکرد		
	استفاده بی وقفه	خرابی محدود	ایمنی جانی
مجموع تغییر مکان جانبی نسبی	۰.۷	۰.۷-۲.۵	۲.۵
آستانه فرو ریزش			۵

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.

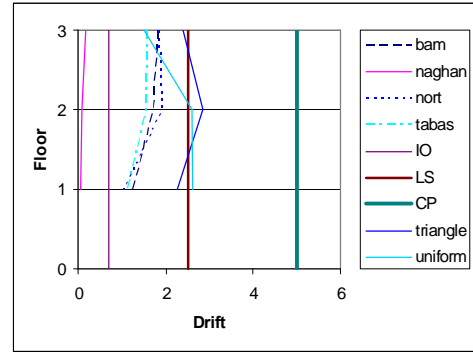
این نسبت برای لبه نرم نسبت به مرکز جرم افزایش و برای لبه سخت کاهش یافته که با توجه به افزایش تغییر مکان در لبه نرم و مرکز جرم منطقی به نظر میرسد، همچنین با توجه به کاهش تغییر مکان در لبه سخت این نسبت به طور معقول باید کاهش پیدا کند.

مقایسه سطح عملکرد سازه های ۳ و ۷ و ۱۵ 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 های 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)

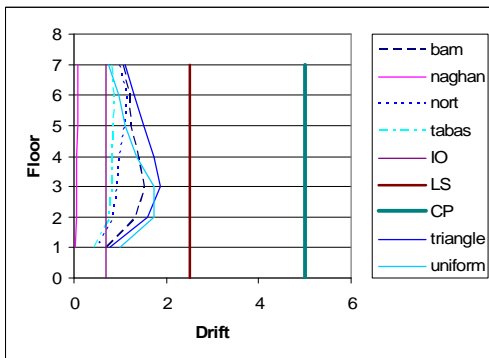
نسبت بدست آمده از الگوی بارگذاری جانبی آیین نامه نسبت به بارگذاری یکنواخت در جهت اطمینان بوده، بدین معنی که مقدار بدست آمده از الگوی مثلثی بیش از مقدار بدست آمده از الگوی یکنواخت است. همچنین با توجه به نمودارهای بالا مشخص است که بیشترین مقدار



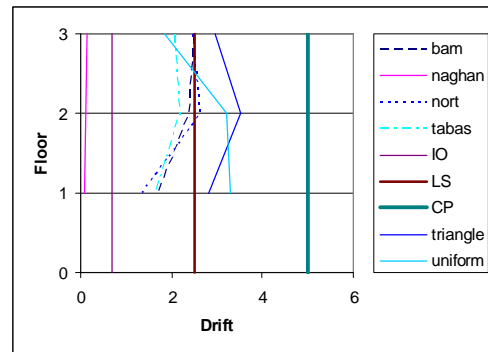
ب - برای FE



الف - برای CM

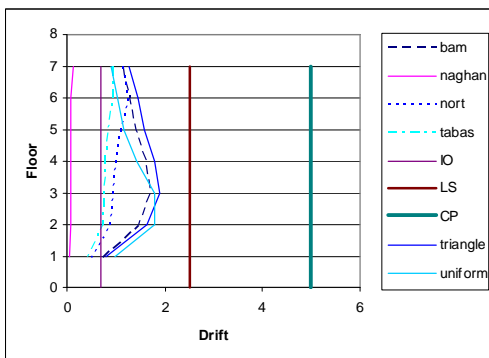


ج - برای SE

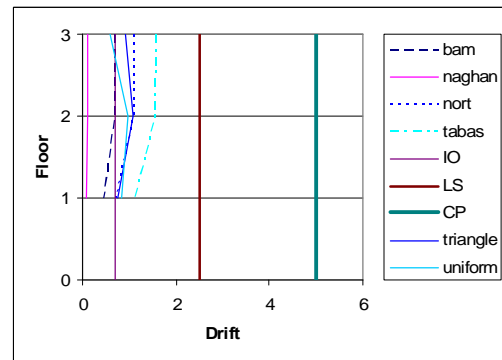


ب - برای FE

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

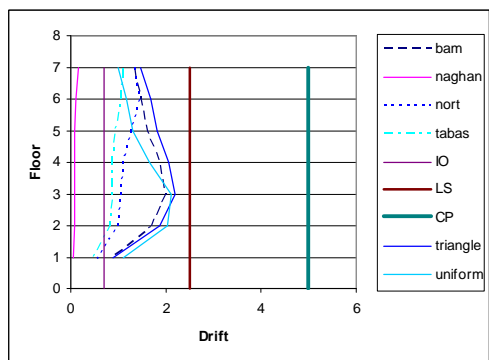


الف - برای CM

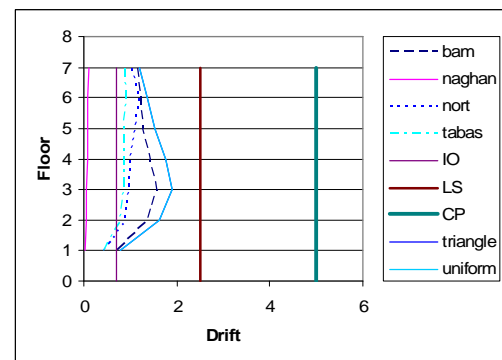


ج - برای SE

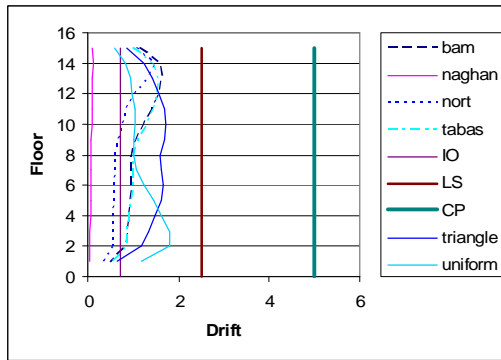
شکل ۸: تغییر مکان نسبی برای سازه سه طبقه و خروج از مرکزیت ۱۵٪.



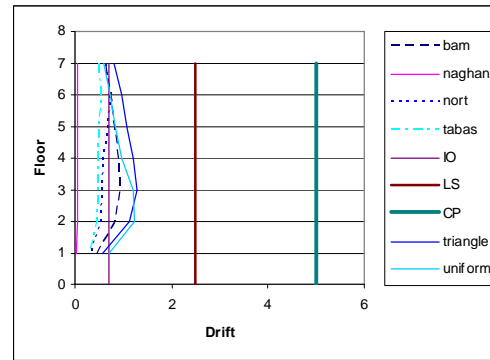
ب - برای FE



الف - برای CM

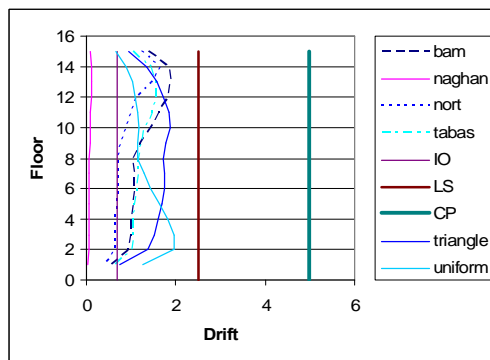


الف - برای CM

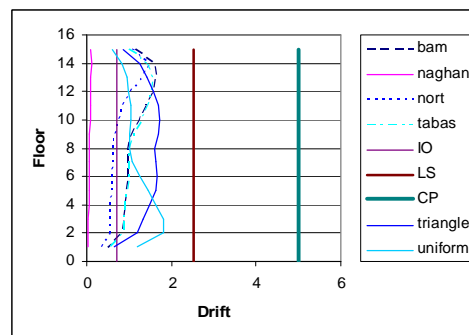


ج - برای SE

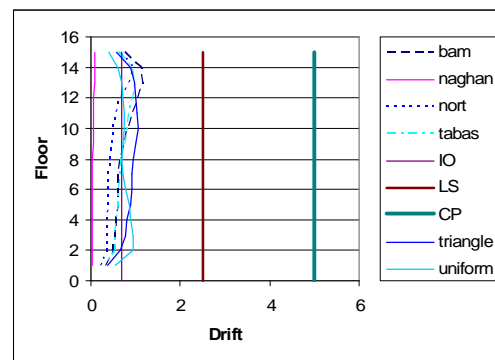
شکل ۸: تغییر مکان نسبی برای سازه ۷ طبقه و خروج از مرکزیت ۱۵٪.



ب - برای FE

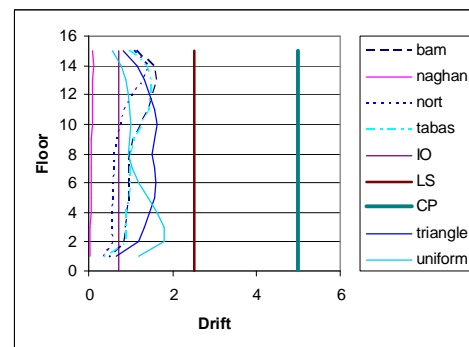


الف - برای CM

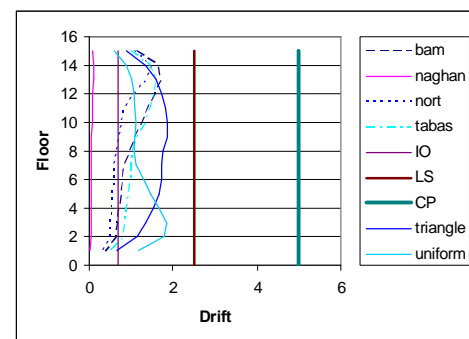


ج - برای SE

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



ب - برای FE



ج - برای SE

شکل ۹: تغییر مکان نسبی برای سازه ۱۵ طبقه و خروج از مرکزیت صفر.

نتایج

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

۲- الگوی تغییر مکان نسبی طبقات برای سازه ۷ و ۳ طبقه ناشی از آنالیز تاریخچه زمانی شبیه الگوی تغییر مکان نسبی طبقات ناشی از بارگذاری مثلثی (آئین

۷- در صورتی که تغییر مکان نسبی طبقات را مد نظر قرار دهیم سازه های طراحی شده توسط آیین 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.

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 آنها تغییر می دهد .

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, Acapulco, 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, Acapulco, 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 دکتر خوشنودیان، دانشگاه امیر کبیر.