سطح عملکرد سازه های فولادی مهاربندی نامتقارن در یک جهت طراحی شده بر اساس استاندارد ۲۸۰۰ ویرایش سوم

محمود یحیایی[۱] و مسعود مرادی[۲]

چکیده

با توجه به هدف آیین نامه ۲۸۰۰ ،که تأمین ایمنی جانی در سطح خطر ۱ می باشد و نیز پیشرفتی که در روش طراحی بر اساس عملکرد و تدوین آیین نامه های جدید طراحی صورت گرفته ، در این تحقیق سعی شده است سازه های فولادی نامتقارن در یک جهت دارای بادبند هم محور که براساس استاندارد ۲۸۰۰ ویرایش سوم و مبحث دهم مقررات ملی طراحی شده اند از منظر طراحی بر اساس عملکرد و ضوابط دستور العمل بهسازی ایران بررسی شده و مشخص گردد آیا این ساختمانها اهداف استاندارد ۲۸۰۰ ویرایش سوم را در سطح خطر یک تأمین می کنند یا خیر. بدین منظور ۱۲ ساختمان فولادی دارای سیستم بادبند هم محور در گروههای ۵، ۸ ، ۱۱ و ۱۴ طبقه با خروج از مرکزیت های سختی نسبت به مرکز جرم ۰ ، ۱۰و ۲۰ درصد که ناشی از جابجایی بادبندها در یک جهت می باشد ، مورد تحلیل و مطالعه قرار گرفته اند .در مرحله ارزیابی عملکرد، نتایج تحلیل غیر خطی استاتیکی و دینامیکی ساختمان ها شامل تغییر مکان نسبی طبقات، تعیین نقطه عملکرد سازه، تغییر شکل های خمیری مهاربندهای فشاری وکششی و نسبت نیرو به ظرفیت ستونها با معیارهای پذیرش، مقایسه شده و سطح عملکرد ساختمانها و اجزای آن تعیین شده است .نتایج نشان می دهد، سازه های منظم و نا منظم ۱۱ و۱۴ طبقه، سطح عملکرد ایمنی جانی را در سطح خطر۱ تأمین می کنند. این مساله تقریبا در مورد سازه های ۸ طبقه نیز صدق می کند لیکن در سازه های ۵ طبقه به خصوص در جهت متقارن ضعفهایی مشاهده شده که برای تامین سطح عملکرد ایمنی جانی نیاز به رفع این نواقص می باشد.

کلید واژه : سطح عملکرد،ساختمان ، نامتقارن،مهاربندی فولادی،استاندارد ۲۸۰۰ ویرایش سوم

۱– مقدمه

محققین با مطالعه اثرات زمین لرزه هایی همچون نورتریج آمـریکا در سال ۱۹۹۴ و کوبه ژاپن در سال ۱۹۹۵ و موارد دیگر، دریافتند سازه های طراحی شده براساس آئین نامه‌های متداول، از لحاظ تأمین امنیت و سلامت جانی ساکنین، عملکرد خوبی از خود نشان داده، لیکن میزان خسارت و آسیب وارد بر سازه ها ، به خصوص درسازه هایی که از لحاظ اقتصادی و یا نـوع کاربری دارای اهمیت بـوده، به طور قابل ملاحظه ای بالا بوده است. لذا تنها در نظر گرفتن سطح عملکرد ایمنی جانی برای طرح لرزه ای در نواحی فعال لرزه ای کافی نمی باشد و همچنین طرح لرزه ای را باید از دیدگاه دیگر، که همان هزینه های مرمت و زمان بازسازی کامل هستند ، مد نظر قرار داد [۱]. از این رو در چند سال اخیر محققین تلاش های بسیاری به منظور ارائه راهکارها و روشهایی برای ارزیابی دقیق تر رفتار سازه ها انجام داده اند. از جمله در چندین کشور فرآیند طراحی لرزه ای دچار تغییرات اساسی شده و روش طراحی بر اساس عملکرد مورد توجه پژوهشگران و آیین نامه های جدید قرار گرفته است.

عملکرد سازه در مقابل زمین لرزه و سطوح مختلف عملکرد در برابر زلزله با سطح خطر معین، مبانی اصلی روش طراحی بر اساس عملکرد می باشد. در آیین نامه طراحی

مقاله در تاریخ ۸۶/۵/۲۸ دریافت و در تاریخ ۸۶/۹/۱۱ به تصویب نهایی رسید.

[۱] **استادیار**، دانشکده عمـران، دانشـگاه صـنعتی خواجـه نصـیر الـدین طوسی، تهران (نویسنده مسئول)، پست الکترونیکی:
yahya i@kntu.ac.**ir**

[۲] **کارشناسی ارشد سازه**، دانشکده عمران، دانشـگاه صـنعتی خواجـه نصیر الدین طوسی، تهران

ساختمان ها در برابر زلزله (استاندارد ۲۸۰۰)، ضوابط و مقرراتی برای طراحی و اجرای ساختمان ها در برابر اثرهای ناشی از زلزله ارائه شده، بطوری که انتظار می رود با رعایت ضوابط این آیین نامه، ساختمان ایستایی خود را در زلزله های شدید (زلزله طرح)حفظ نموده و تلفات جانی به حداقل برسد و نیزساختمان در برابر زلزله های خفیف و متوسط (زلزله سطح بهره برداری) بدون وارد شدن آسیب عمده سازه‌ای قادر به مقاومت باشد [۲]. در استاندارد ۲۸۰۰ به منظور تحلیل و طراحی سازه برای اهداف تعریف شده، از روش های خطی و الاستیک استفاده می گردد که در آن پارامتر اصلی پاسخ که معیار کنترل سازه و اجزاء آن در نظر گرفته شده، نیرو می باشد و این در حالی است که سازه در هنگام وقوع زمین لرزه از خود رفتار غیر خطی نشان می دهد و معیار نیرو نمی تواند عملکرد واقعی سازه و اجزای آن ها و یا میزان خسارت و آسیب وارده را در حالت غیر خطی نشان دهد. در این تحقیق سعی شده است با استفاده از اصول مهندسی زلزله بر اساس عملکرد ، وضعیت سطوح عملکردی ساختمان های فولادی نامتقارن که دارای سیستم مهاربند هم محور می‌باشند، تحت اثر سطح خطر زمین لرزه نوع یک تعیین گردد.

۲– مروری به تحقیقات گذشته

در دهه های اولیه قرن بیستم واژه های مقاومت و عملکرد هم معنی متصور می شدند و از حدود ۲۰ سال پیش بود که تفاوت این دو واژه مشخص گردید و مشاهده شد که افزایش مقاومت لزوماً به معنای ایمنی بیشتر و خرابی کمتر نیست. محققین نشان دادند که توزیع مقاومت در اجزاء سازه، معیار با اهمیت تری از کل مقاومت سازه می باشد به عنوان مثال نشان داده شد که تشکیل مفاصل خمیری در محل اتصال تیربه ستون برروی تیر، مناسب تر از تشکیل آنها برروی ستون است (تیر ضعیف ستون قوی).

دستاوردهایی از این دست را می توان آغاز عصر طراحی بر اساس عملکرد نامید [۳].

تعداد زیادی از محققین در طول سالیان گذشته بر روی مبانی طراحی بر اساس عملکرد کار کرده اند. از جمله این محققین Potuan Chen , Kevin R. Collins [۴] می باشند که تحقیقاتی بر روی عملکرد لرزه ای ساختمان های فولادی نا متقارن با استفاده از تحلیل های استاتیکی و دینامیکی غیرخطی انجام داده اند. آنها با تعریف یک سیستم یک درجه آزاد معادل، رفتار لرزه ای یک ساختمان نامتقارن دو طبقه را مورد بررسی قرار داده و به این نتیجه رسیده اند که اثر نوع خاک و سطح خطر زلزله بیش از اثر پیچش در طراحی موثر است . از جمله پژوهشگران دیگری می توان به Ahmed Ghobarah [۱] اشاره نمود که ذکر می کند هدف طراحی در آیین نامه های رایج ایمنی جانی است، یعنی در زلزله های کوچک و متوسط، آسیب محدود و در زلزله های بزرگ، جلوگیری از فرو ریزش مدنظر است، ولی میزان قابل اعتماد بودن طراحی برای رسیدن به آن اهداف مشخص نیست و پیش بینی می کند که طراحی لرزه ای در آینده باید مبتنی بر معیارهای عملکردی مشخص باشد. در تحقیق دیگری که H.Brameld,D.P.Thambiratnam,M.N.Bugeja [۵] بر روی اثر خروج از مرکزیت سختی و مقاومت بر پاسخ غیر خطی ساختمانهای نامتقارن انجام داده اند با ارایه یک مدل تحلیلی که پارامترهای کلیدی و ویژگی های دینامیکی سازه های واقعی را منظورمی کند به این نتیجه رسیده اند که خروج از مرکزیت مقاومت بیشتر از خروج از مرکزیت سختی بر روی پاسخ غیر خطی ساختمان نا متقارن اثر می گذارد.

۳– معرفی مدلهای مورد مطالعه

در ابتدا ساختمانهای فولادی پنج، هشت، یازده وچهارده طبقه با پلان متقارن و کاربری مسکونی دارای سیستم مهاربندی هم محور بر اساس ضوابط استاندارد ۲۸۰۰ ویرایش سوم ، آیین نامه بارگذاری (استاندارد ۵۱۹) [۶] و مبحث دهم مقررات ملی ساختمانی ایران (طراحی ساختمان های فولادی)[۷]، بارگذاری، تحلیل و طراحی شده و کلیه ضوابط ذکر شده در آنها و پیوست های مربوطه در مورد این ساختمانها کنترل گردیده، سپس با جابجایی محل مهاربندها در یک جهت' ساختمان های نامتقارن به وجود آمده مجددا بر اساس آیین نامه های ذکر شده تحلیل و طراحی شده اند.

مطابق ضوابط استاندارد ۲۸۰۰ ساختمان هایی کـه بـرون محوری مرکز جرم نسبت به مرکز سختی آنها از ٪۲۰ کمتر

باشد، منظم محسوب می شوند، اما پس از تحلیل وطراحی طبق بند ۱-۸-۱-ث این آیین نامه، ساختمانهای با خروج از مرکزیت ۱۰٪ و ۲۰٪ نیز نا منظم محسوب شده و در هنگام تحلیل و طراحی در برابر نیروی جانبی، نیروی زلزله در یک امتداد به همراه ۳۰٪ نیروی زلزله در امتداد دیگر در نظر گرفته شده است. مطابق با ضوابط، از اثر پیچش اتفاقی برای ساختمان متقارن ۵ طبقه صرفنظر شده و برای ساختمانهای متقارن ۸ ، ۱۱ و ۱۴ طبقه، پیچش اتفاقی به میزان ۵ درصد در هر دو جهت در نظرگرفته شده است. همچنین برای سایر ساختمانها مقدار برون مرکزی اتفاقی از حاصلضرب ضریب بزرگنمایی A_j در برون مرکزی اتفاقی حداقل (۵٪) تعیین شده است. طبق بند ۲-۲-۲ استاندارد ۲۸۰۰ ویرایش سوم برای تحلیل و طراحی ساختمانهای ۵ طبقه منظم و نامنظم و همچنین ساختمانهای منظم ۸،۱۱،۱۴طبقه از روش تحلیل استاتیکی معادل، و برای سایر ساختمانها (۸ ، ۱۱ و ۱۴ طبقه نامنظم) از روش تحلیل دینامیکی طیفی استفاده شده است[۲].

۴- نحوه ارزیابی ساختمانهای مورد مطالعه

۴-۱ روشهای تحلیل

برای تعیین سطح عملکرد لرزه ای از روش های تحلیل استاتیکی و دینامیکی غیر خطی استفاده شده است. در روش استاتیکی غیر خطی از دو نوع الگوی بارگذاری جانبی مطابق با ضوابط «دستورالعمل بهسازی لرزه‌ای ساختمان‌های موجود» [۸] که شامل الگوی بارگذاری یکنواخت متناسب با جرم طبقه و دیگری الگوی بار طیفی یا توزیع متناسب با نیروهای جانبی حاصل از تحلیل دینامیکی خطی طیفی می باشد، در قالب سطح خطر یک استفاده شده است . با استفاده از روش طیف ظرفیت، حداکثر پاسخ سازه با در نظر گرفتن ظرفیت سازه و نیاز آن بر مبنای طیف های شتاب و تغییر مکان تعیین می گردد. در روش طیف ظرفیت از طیف طرح استاندارد ۲۸۰۰ که برای میرایی ۵٪ می باشد، استفاده شده است. در روش تحلیل دینامیکی غیر خطی از سه شتابنگاشت طبس، نورتریج و سانفرناندو ثبت شده بر روی خاک نوعII استفاده شده که این شتابنگاشت ها مطابق با ضوابط استاندارد ۲۸۰۰ ویرایش سوم و با استفاده از طیف طرح ارایه شده در آن مقیاس شده اند. لازم به ذکر است که برای تعیین سطوح عملکرد و تحلیل های غیر خطی از نرم افزار RAM-PERFORM Ver 1.25 استفاده شده است.

۴-۲ مدل کردن رفتار اجزا و معیارهای پذیرش

رفتار اجزای سازه با توجه به نوع تلاش داخلی آنها و منحنی نیرو-تغییر شکل حاصله به صورت کنترل شونده توسط تغییرشکل و یا کنترل شونده توسط نیرو می باشد و انتخاب نوع تلاش اعضا بر حسب نوع رفتار آنها مشخص می شود ، سپس بعد از مشخص شدن نیروها و تغییر شکل های داخلی حاصل از تحلیل مدلها ، عملکرد سازه و اجزاء آن بر اساس معیارهای پذیرش، تعیین می گردد[۸]. رفتاری این اجزا که در مدل سازی و تحلیل مورد استفاده قرار گرفته و همچنین معیارهای پذیرش در روشهای غیرخطی، با توجه به جدول ۱ به دست آمده است.که درآن

$$\Delta_T = \frac{P_y L}{AE} \qquad (۱)$$

$$P_c = 1.7 F_{as} A \qquad (۲)$$

$$\Delta_c = \frac{P_C L}{AE} \qquad (۳)$$

$$P_y = A F_y \qquad (۴)$$

که در روابط ۱ الی ۴ Fas :تنش مجاز فشاری برای اعضای مهاربندی طبق رابطه۷ پیوست ۲استاندارد۲۸۰۰ L,A: به ترتیب سطح مقطع و طول اعضای مهاربندی شده می باشد.

جدول ۱ پارامترهای مدلسازی و معیارهای پذیرش مهاربندها

پارامتر های مدلسازی			معیارهای پذیرش		
تغییرشکل خمیری		تنش پس ماند	تغییرشکل خمیری		
a	b	c	IO	LS	CP
$0.5\Delta_C$	$8\Delta_C$	0.2	$0.25\Delta_C$	$3\Delta_C$	$4\Delta_C$
$11\Delta_T$	$14\Delta_T$	0.8	$0.25\Delta_T$	$7\Delta_T$	$9\Delta_T$

همچنین ستونهای فشاری قاب مهاربندی برای نسبت $P/Pc\leq0.5$ کنترل شونده توسط تغییرشکل و برای نسبت $P/Pc>0.5$ کنترل شونده توسط نیرو محسوب می‌گردد که در این مطالعه نیروی فشاری در کلیه ستونهای فشاری دارای نسبت $P/Pc>0.5$، بوده و کنترل شونده توسط نیرو محسوب شده لذا باید نیروهای طراحی با در نظر گرفتن کلیه تلاش هایی که همزمان بر عضو وارد می شوند کوچکتر از مقاومت اعضاء باشند. مقدار مقاومت آن بر اساس معادله زیرمحاسبه می گرددکه در آن F_a تنش مجاز محوری فشاری بوده که بر اساس مبحث دهم مقررات ملی ساختمانی ایران قابل محاسبه می باشد.[۹]

$$P_C = 1.7A.F_a \qquad (۵)$$

همچنین تغییر مکان نسبی طبقات در قاب مهاربندی شده نباید از ۰/۵ درصد برای سطح عملکرد قابلیت استفاده بی وقفه، ۱/۵ درصد برای سطح عملکرد ایمنی جانی و ۲ درصد برای آستانه فروریزش تجاوز نماید[۹] .

۵ – نتایج تحلیل استاتیکی غیر خطی

۵–۱ نتایج ساختمانهای متقارن

با وجود اینکه ساختمان ۵ طبقه از نظرتغییر مکان نسبی طبقات در محدوده سطح عملکرد ایمنی جانی قرار می گیرد ولی به علت کمبود ظرفیت فشاری ستونهای مهاربندی شده و ضعف شکل پذیری مهاربندهای فشاری، سطح عملکرد ایمنی جانی را تأمین نمی‌کند و برای برآورد این هدف، نیاز به رفع نواقص موجود در اجزای این سازه، خصوصا کمبود ظرفیت فشاری ستونهای مهاربندی شده، می باشد.

ساختمان ۸ طبقه دارای عملکرد بهتری نسبت به ساختمان ۵ طبقه بوده ، اما در این ساختمان نیز کمبود ظرفیت فشاری ستونهای مهاربندی شده مشاهده می شود و می توان با کمی اغماض در این مورد تامین سطح عملکرد ایمنی جانی را برای آن پیش بینی نمود (شکلهای ۱ و ۲).

ساختمانهای ۱۱ و ۱۴ طبقه سطح عملکرد ایمنی جانی را تأمین می‌کنند. که البته این امر در مورد ساختمان ۱۴ طبقه، از این سطح فراتر رفته و می‌توان سطح عملکرد قابلیت استفاده بی‌وقفه را برای آن در نظرگرفت.

۵–۲ نتایج ساختمان های ۱۰ درصد نامتقارن

ساختمان ۵ طبقه ۱۰٪ نامتقارن رفتار مشابه با ساختمان ۵ طبقه متقارن داشته و برای تأمین سطح عملکرد ایمنی جانی نیازمند رفع نواقص موجود در اجزای خود به خصوص کمبود ظرفیت فشاری ستونهای مهاربندی شده می باشد .

ساختمان ۸ طبقه ۱۰ ٪ نامتقارن نیز دارای عملکرد بهتری نسبت به ساختمان ۸ طبقه متقارن بوده و تقریبا می توان تأمین سطح عملکرد ایمنی جانی را برای آن در نظر گرفت. به هر حال در این ساختمان نیز لزوم رفع

کمبود ظرفیت فشاری ستونهای مهاربندی شده به خصوص در جهت متقارن مشاهده می شود.

برای ساختمانهای ۱۱ و ۱۴ طبقه ۱۰٪ نامتقارن می توان تأمین سطح عملکرد ایمنی جانی را پیش بینی نمود که مشابه حالت قبل، ساختمان ۱۴ طبقه سطح عملکرد قابلیت استفاده بی وقفه را نیز تأمین می کند.

۵-۳ نتایج ساختمان های ۲۰ درصد نامتقارن

مشابه آنچه که در موارد بالا در مورد ساختمانهای ۵ طبقه ذکر شد، این ساختمان از نظرتغییرمکان نسبی طبقات در محدوده سطح عملکرد ایمنی جانی قرار می گیرد ولی به علت کمبود ظرفیت فشاری ستونهای مهاربندی شده و ضعف شکل پذیری مهاربندهای فشاری، سطح عملکرد ایمنی جانی را تأمین نمی کند.

در مورد ساختمان ۸ طبقه می توان با صرفنظر کردن از کمبود ظرفیت فشاری ستون های مهاربندی شده جهت متقارن آن ، عملکرد ایمنی جانی را پیش بینی نمود (شکلهای ۳ و۴). ساختمان ۱۱ طبقه سطح عملکرد ایمنی جانی را تأمین کرده و ساختمان ۱۴ طبقه نیز در محدوده سطح عملکرد قابلیت استفاده بی وقفه قرار می گیرد.

۶ – نتایج تحلیل دینامیکی غیر خطی

۶-۱ نتایج ساختمانهای متقارن

مطابق آنچه در تحلیل استاتیکی غیرخطی بیان شد ، برای ساختمانها تحت زلزله های طبس و سانفرناندو ، می توان عملکرد مشابهی ، پیش بینی نمود. ساختمان ۵ طبقه تحت این دو زلزله سطح عملکرد ایمنی جانی را تأمین نمی کند و کمبود ظرفیت فشاری ستونهای مهاربندی شده و ضعف شکل پذیری مهاربندهای فشاری دلایل این امر می باشند.

ساختمان ۸ طبقه نیز برای تأمین سطح عملکرد ایمنی جانی نیاز به رفع کمبود ظرفیت فشاری ستونهای مهاربندی شده دارد . ساختمانهای ۱۱ و ۱۴ طبقه سطح عملکرد ایمنی جانی را تأمین کرده و ساختمان ۱۴ طبقه تقریباً در محدوده قابلیت استفاده بی وقفه نیز قرار می گیرد.

۶-۲ نتایج ساختمان های ۱۰ درصد نامتقارن

ساختمان ۵ طبقه ۱۰ ٪ نامتقارن تحت زلزله طبس و سانفرناندو سطح عملکرد ایمنی جانی را به دلیل کمبود ظرفیت فشاری ستونهای مهار بندی شده تأمین نمی کند. ساختمان ۸ طبقه۱۰ ٪ نامتقارن دارای عملکرد بهتری نسبت به ساختمان ۵ طبقه ۱۰ ٪ نامتقارن بوده و می توان با کمی اغماض از کمبود ظرفیت فشاری ستونهای مهاربندی شده تأمین سطح عملکرد ایمنی جانی را برای آن در نظر گرفت (شکلهای ۵ و۶). ساختمان ۱۱ طبقه سطح عملکرد ایمنی جانی را تامین کرده و برای ساختمان ۱۴ طبقه می توان تامین سطح عملکرد قابلیت استفاده بی وقفه را پیش بینی نمود.

۶-۳ نتایج ساختمانهای ۲۰ درصد نامتقارن

مشابه حالات قبل ، ساختمان ۵ طبقه تحت زلزله طبس و سانفرناندو ، برای تأمین سطح عملکرد ایمنی جانی نیاز به رفع نواقص موجود در اجزای خود به خصوص کمبود ظرفیت فشاری ستونهای مهاربندی شده دارد . همچنین ساختمان ۸ طبقه ۲۰ ٪ نامتقارن نیز دارای عملکرد بهتری نسبت به ساختمان ۵ طبقه مشابه بوده اما این سازه نیز دارای مشکل کمبود ظرفیت فشاری ستونهای مهاربندی شده به خصوص در جهت متقارن می باشد. با این حال می توان تقریباً برای آن سطح عملکرد ایمنی جانی را پیش بینی نمود. در مورد ساختمان ۱۱ طبقه می توان گفت سطح عملکرد ایمنی جانی را تأمین می‌کند و ساختمان ۱۴ طبقه تقریباً در محدوده سطح عملکرد قابلیت استفاده بی وقفه قرار می گیرد.

در مورد عملکرد کلیه سازه ها تحت زلزله نورتریج می‌توان چنین اظهار داشت که تأمین سطح عملکرد ایمنی جانی، مشروط به رفع ضعف های موجود در اجزا به

خصوص کمبود ظرفیت فشاری ستونهای مهاربندی شده می باشد که این امر حتی در مورد ساختمانهای ۱۴ طبقه نیز صدق می کند. علت این امر را می توان به محتوای فرکانسی و مدت زمان این زلزله نسبت داد.

۷ – نتیجه گیری

با توجه به نتایج حاصل از تحلیل و مطالعه انجام شده در مورد عملکرد ساختمانهای نامتقارن، تحت تحلیل استاتیکی و دینامیکی غیرخطی می توان نکات زیر را مطرح نمود:

۱- عملکرد ساختمانها را می توان به دو دسته عملکرد قسمت متقارن و قسمت نا متقارن سازه تقسیم نمود. قسمت متقارن سازه به ازای کلیه مقادیر نامتقارنی ۱۰،۰ و۲۰ درصد، عملکرد مشابهی داشته و عملکرد اجزای آن در این حالت ها تقریباً مشابه می باشد. به عنوان مثال عملکرد جهت متقارن ساختمان ۱۰ درصد نا متقارن با ساختمان ۲۰ درصد نا متقارن تقریباً یکسان می باشد. اما عملکرد قسمت نا متقارن سازه با افزایش درصد نامتقارنی درسازه ها بهبود می یابد. به عنوان مثال جهت نا متقارن ساختمان ۲۰ درصد نا متقارن نسبت به ساختمان متقارن دارای عملکرد بهتری می باشد. ازجمله عوامل عمده و تأثیر گذار بر چنین رفتاری می توان به نکات زیراشاره نمود:

الف) با افزایش خروج از مرکزیت، ضریب بزرگنمایی Aj، که برای در نظر گرفتن اثر پیچش اتفاقی می باشد بزرگتر شده و این امر باعث افزایش نیروهای طراحی در این جهت و در نتیجه طراحی محافظه کارانه تر می شود .

ب) طبق بند ۲-۱-۴ استاندارد ۲۸۰۰ ویرایش سوم در ساختمانهای نامنظم باید ترکیب صد در صد نیروی زلزله هر امتداد با ۳۰ درصد نیروی زلزله در امتداد عمود برآن در نظر گرفته شود. تأثیر این بند در بزرگتر شدن نیروهای طراحی برای قسمت نامتقارن سازه به خصوص با افزایش نامتقارنی، بیشتر از قسمت متقارن سازه بوده و موجب طراحی محافظه کارانه تر جهت نامتقارن سازه می گردد.

ج) طبق بند ۲-۲-۲- الف و ب استاندارد ۲۸۰۰ فقط در ساختمانهای منظم با ارتفاع کمتر از ۵۰ متر و ساختمانهای نا منظم تا ۵ طبقه می توان از تحلیل استاتیکی معادل استفاده کرد. در نتیجه غیر از کلیه ساختمانهای ۵ طبقه و ساختمانهای ۸ ، ۱۱ و ۱۴ طبقه متقارن، برای سایرساختمانها از روش تحلیل طیفی استفاده شده است. این امر موجب تحلیل و توزیع دقیق تر نیروها در سازه های نامتقارن شده، (در نظر گرفتن اثر مدهای بالاتر و همچنین مدهای پیچشی) و درنتیجه طراحی بهتری برای این سازه ها صورت گرفته است.

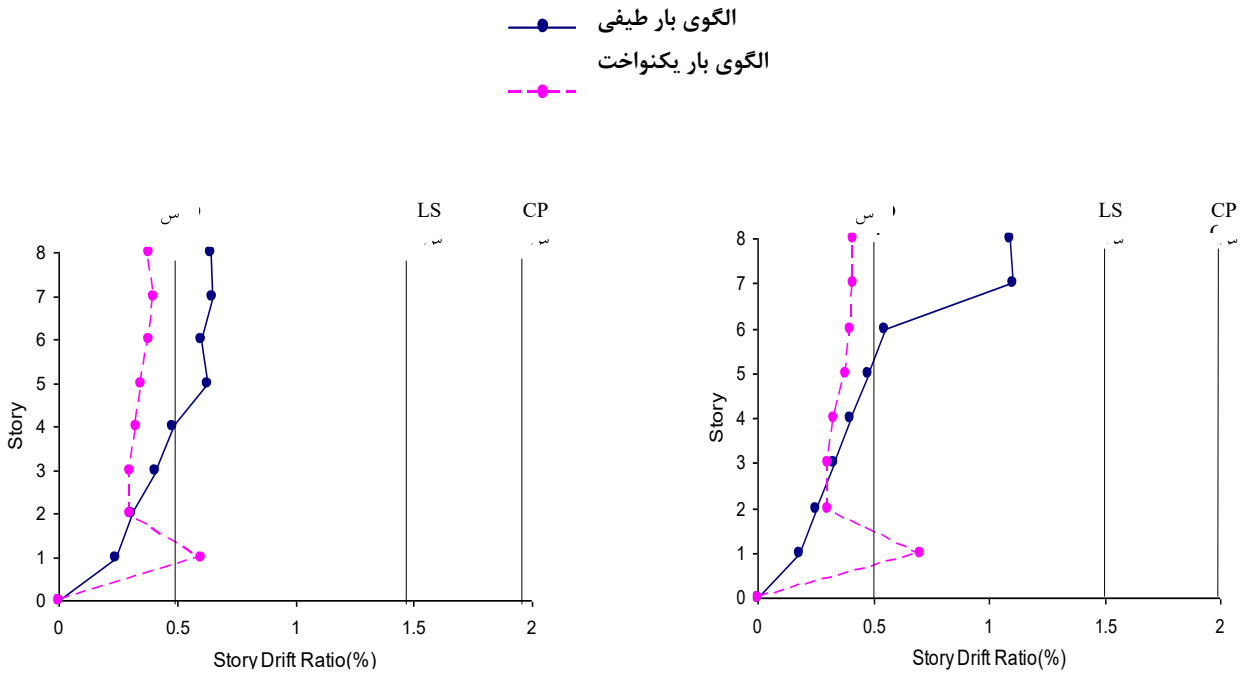
۲- در نظر گرفتن اثر نیروی شلاقی برای سازه های منظم ۱۱ و ۱۴ طبقه طبق بند ۲-۳-۹ استاندارد ۲۸۰۰ موجب طراحی بهتر و قوی تر این سازه ها شده به طوریکه سطح عملکرد آنها نسبت به ساختمانهای ۵ و ۸ طبقه متقارن در تراز بالاتری قرار می گیرد.

۳- نبودن ضابطه ای برای چگونگی و همچنین محدودیت تقویت سازه ها برای کنترل ضابطه مربوط به تغییر مکان نسبی در ساختمانهای ۱۴ طبقه ، منجر به طراحی قوی تر این سازه ها شده به طوریکه آنها سطح عملکرد قابلیت استفاده بی وقفه را تأمین می کنند و این امر با هدف طراحی ساختمانها در استاندارد ۲۸۰۰ که تأمین سطح عملکرد ایمنی جانی در زلزله طرح بوده مغایرت داشته و به نظر اقتصادی نمی باشد.

۴- ساختمانها با افزایش ارتفاع ، دارای رفتار بهتری بوده و می توان سطح عملکرد مناسب تری را برای آنها درنظر گرفت.

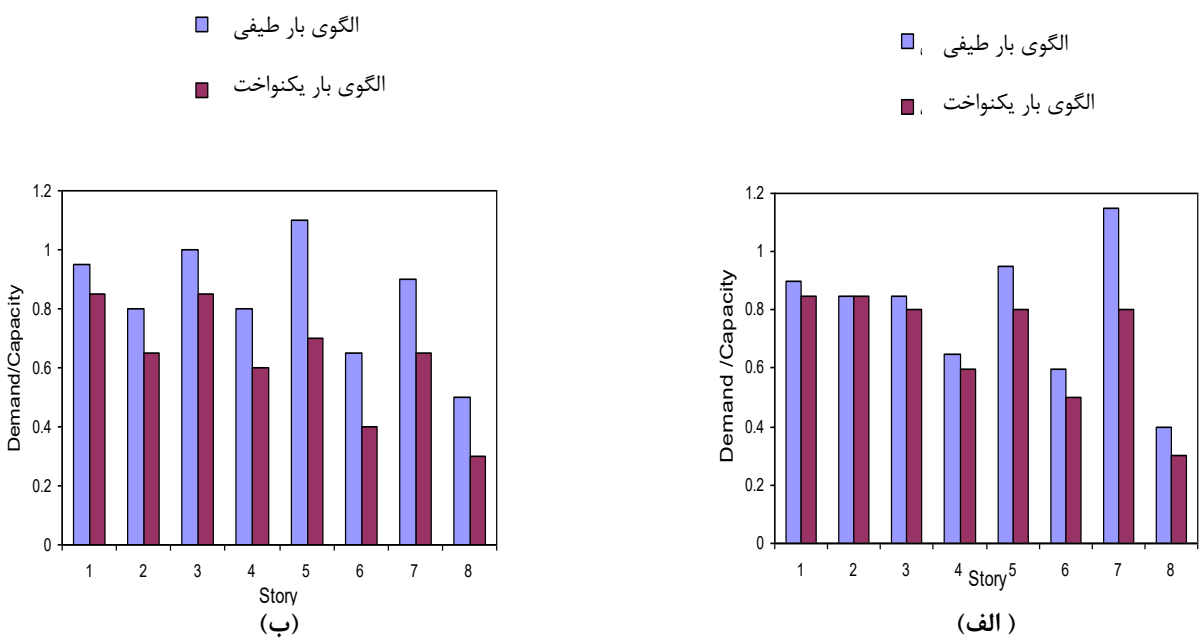
جدول۲ درصد سطوح عملکرد مختلف در مهاربندهای فشاری ساختمانهای ۸ طبقه تحت تحلیل استاتیکی غیر خطی در سطح خطر یک[۱۰]

ساختمان	الگوی بارگذاری	سطوح عملکرد	e=0%		e=10%		e=20%	
			جهت X	جهت Y	جهت X	جهت Y	جهت X	جهت Y
۸ طبقه	طیفی	IO	38%	25%	12%	25%	12%	12%
		LS	50%	63%	75%	75%	88%	88%
		CP	—	12%	13%	—	—	—
		>CP	12%	—	—	—	—	—
	یکنواخت	IO	50%	50%	38%	38%	50%	38%
		LS	38%	38%	50%	50%	38%	63%
		CP	—	12%	—	12%	—	—
		>CP	12%	—	12%	—	12%	—

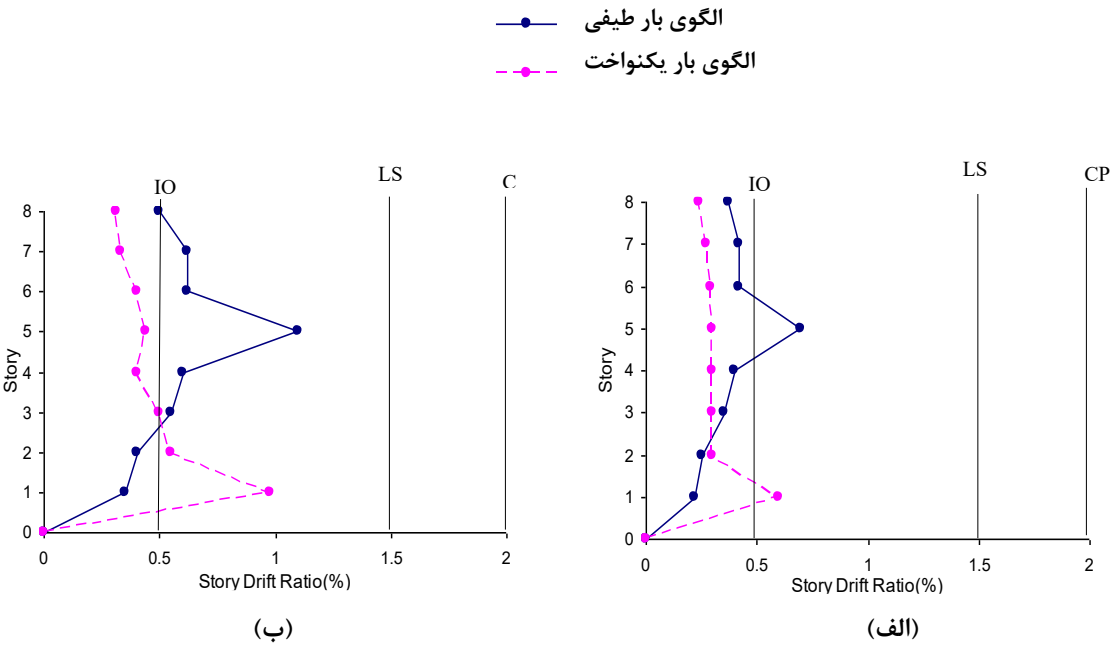


(ب) (الف)

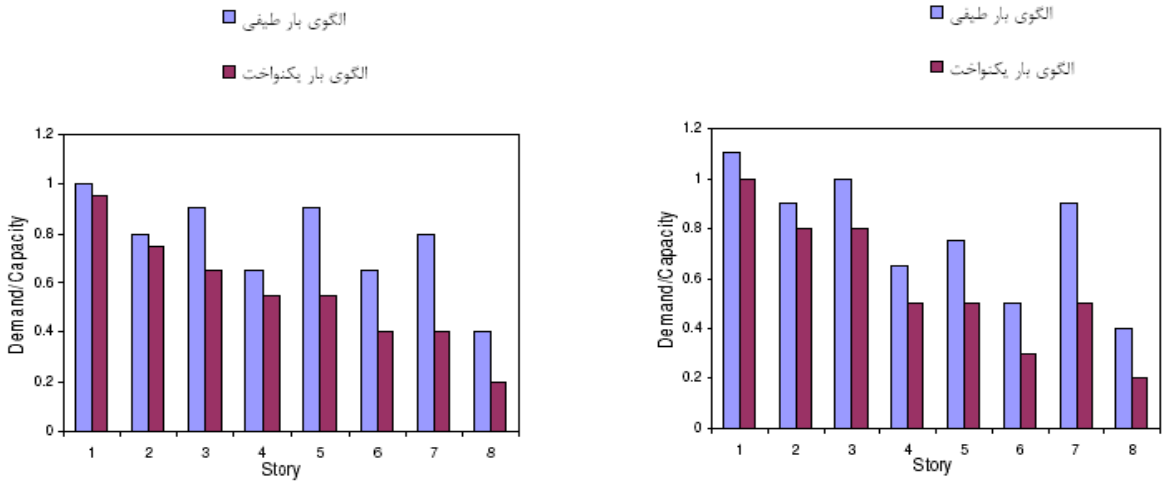
شکل ۱ تغییر مکان نسبی مرکز جرم طبقات ساختمان متقارن ۸ طبقه درسطح خطر یک
الف) جهت X ، ب) جهت Y [۱۰]



شکل ۲ عملکرد ستون های مهاربندی تحت فشار ساختمان متقارن ۸ طبقه درسطح خطر یک ،
الف) ستون های جهت X ، ب) ستون های جهت Y [۱۰]

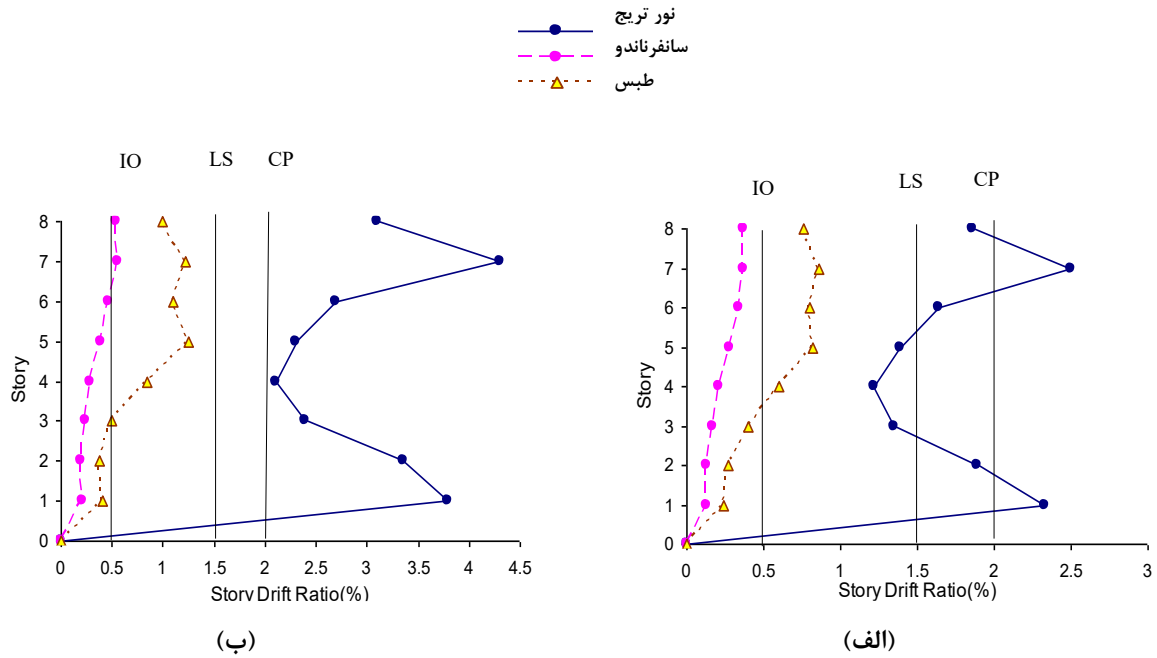


شکل ۳ تغییرمکان نسبی طبقات ساختمان ۸ طبقه ۲۰ ٪ نامتقارن درجهتYبرای سطح خطریک
الف)مرکز جرم ، ب)گوشه



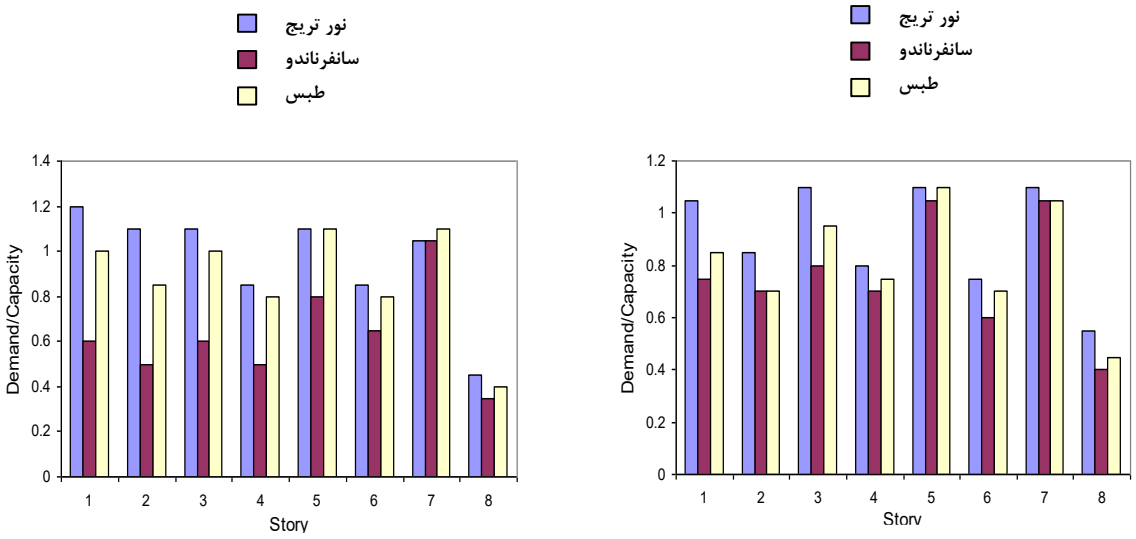
(ب) (الف)

شکل ۴ عملکرد ستون های مهاربندی تحت فشار ساختمان ۲۰٪ نا متقارن درسطح خطر یک ،
الف) ستون های جهت X ، ب) ستون های جهت Y



(ب) (الف)

شکل ۵ تغییرمکان نسبی طبقات ساختمان ۸ طبقه ۱۰٪ نامتقارن ، درجهتY برای سطح خطریک،
الف)مرکز جرم ، ب)گوشه



شکل ۶ عملکرد ستون های مهاربندی تحت فشار ساختمان ۸ طبقه۱۰ ٪ نامتقارن درسطح خطر یک
الف) ستون های جهت X ، ب) ستون های جهت Y

مراجع

[۶] مرکز تحقیقات ساختمان ومسکن ،"*حداقل بار وارد برساختمان ها وابنیه فنی:استاندارد۵۱۹*" **۱۳۷۹**.

[۷] دفترتدوین و ترویج مقررات ملی ساختمان"*مبحث دهم مقررات ملی ساختمانی ایران:طرح واجرای ساختمانهای فولادی*" **۱۳۷۶**.

[۸] پژوهشگاه بین المللی زلزله شناسی ومهندسی زلزله "*دستورالعمل بهسازی لرزه ای ساختمان های موجود*" خردادماه **۱۳۸۱**.

[۹] پژوهشگاه بین المللی زلزله شناسی ومهندسی زلزله "*تفسیردستورالعمل بهسازی لرزه ای ساختمان های موجود*" مهرماه **۱۳۸۱**.

[۱۰] مسعود مرادی "*بررسی سطح عملکرد سازه های فولادی نامتقارن در یک جهت طراحی شده بر اساس استاندارد ۲۸۰۰ ویرایش سوم*" پایان نامه کارشناسی ارشد دانشگاه خواجه نصیر الدین طوسی، **۱۳۸۵**.

[1] Ghobarah Ahmed." *Performance-Based Design in Earthquake Engineering:State of Development*", Engineering Structures, Vol 23, **2001**, pp 878-884,.

[۲] مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن ،"*آیین نامه طراحی ساختمان ها در برابر زلزله:استاندارد۲۸۰۰ (ویرایش سوم)*" **۱۳۸۴**.

[3] FEMA 273,"*NEHRP Guideline for the seismic Rehabilitation of Buildings*", Federal Emergency Management Agency (FEMA) , Wshington D.C.,USA, **1996**.

[4] Collins Kevin R.,Chen Potuan, "*Some Observations on Performance-Based and Reliability-Based Seismic Design of Asymmetric Building Structures*", Engineering Structures, Vol 23, **2001**, pp1005-1010.

[5] M.N.Bugeja,D.P.Thambiratnam,G.H.Brameld, "*The influence of stiffness and strength eccentricities on the inelastic earthquake response of asymmetric structures*", Engineering Structures,Vol 21, **1999**, pp 856-863.