

بررسی ضریب رفتار سازه‌های قاب خمشی فولادی ترکیب شده با سازه‌های فولادی سرد نورد شده تحت الگوی بارگذاری جانبی مختلف با استفاده از تحلیل بارافزون

سیاوش صادقی^{۱*}، مهران زینلیان^۲

۱- دانشجوی دکتری مهندسی سازه، گروه مهندسی عمران، واحد نجف آباد، دانشگاه آزاد اسلامی، نجف آباد، ایران

۲- استادیار، دانشکده فنی مهندسی، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران

چکیده

استفاده از سازه‌های سبک فولادی سرد نورد شده (LSF) به عنوان اعضای باربر اصلی سازه‌ای در سالهای اخیر با استقبال خوبی روبرو شده است. دلیل اصلی این استقبال را می‌توان در محاسن این نوع سازه‌ها از جمله سبک وزن بودن، راحتی و سرعت نصب بالای آنها جستجو کرد. یکی دیگر از موارد کاربرد آنها، استفاده به منظور افزایش تعداد طبقات جدید بر روی ساختمان‌های موجود می‌باشد. اما تا زمانی که رفتار سازه ترکیب شده مشخص نباشد امکان افزایش طبقات جدید با سازه فولادی سرد نورد شده وجود ندارد. در این پژوهش با انتخاب و مدل نمودن سه ساختمان سه، پنج و هفت طبقه با قاب خمشی فولادی در نرم افزار SAP2000 و اضافه نمودن یک و دو طبقه جدید با استفاده از مصالح سرد نورد شده فولادی و انجام تحلیل استاتیکی غیرخطی با سه الگوی بارگذاری جانبی متفاوت، به بررسی رفتار لرزه‌ای و تعیین ضریب رفتار هر یک از سازه‌های ترکیب شده پرداخته شده است. نتایج نشان می‌دهند استفاده از سازه‌های سرد نورد شده به منظور اضافه طبقات تاثیر قابل توجهی بر ضریب رفتار سازه‌های فولادی ندارند همچنین مقادیر ضریب رفتار وابسته به الگوی بارگذاری جانبی می‌باشند.

کلمات کلیدی: سازه سرد نورد شده فولادی (LSF)، تحلیل استاتیکی غیر خطی، اضافه طبقات، ضریب رفتار، قاب خمشی فولادی متوسط.

*نویسنده مسئول: سیاوش صادقی

پست الکترونیکی: sadeghi.research@gmail.com

DOI: 10.22065/jsce.2017.45903

شناسه دیجیتال

<http://dx.doi.org/10.22065/jsce.2017.45903>

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۵/۰۷/۱۷، تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۵/۱۲/۰۹

۱- مقدمه

مقاطع فولادی در حالت کلی به دو گروه تقسیم می‌شوند، گروه اول مقاطع گرم نورد شده و اعضای ساخته شده از ورق‌ها می‌باشند. گروه دوم مقاطع سرد نورد شده فولادی بوده که متشکل از ورق، نوار یا تسمه‌های صاف می‌باشند که با ماشین‌های غلتک، دستگاه پرس یا دستگاه خم کن شکل داده می‌شوند. اعضای جدار نازک فلزی در سازه‌ها ابتدا در اوایل قرن نوزدهم در پل‌ها مورد استفاده قرار گرفت و با پیشرفت صنعت هواپیماسازی در اوایل قرن بیستم در آن صنعت مورد استفاده قرار گرفته است [۱]. به دلیل گران بودن فولاد مصرفی در ساختمان، تمایل به استفاده از اعضای جدار نازک در راستای صرفه جویی در مصالح وجود دارد. استفاده از اعضای فولادی سرد نورد شده در ساختمان‌ها در حدود سالهای ۱۸۵۰ در ایالات متحده و انگلستان آغاز گردید، اگرچه این اعضای فولادی به طور گسترده تا سالهای حدود ۱۹۴۰ در ساختمان‌ها مورد استفاده قرار نگرفت، ولی از سال ۱۹۴۶ استفاده و توسعه ساختمان‌های فولادی با مقاطع جدار نازک سرد نورد شده در ایالات متحده با انتشار ویرایش‌های مختلف ضوابط طراحی برای اعضای سازه‌ای با مقاطع فولادی سرد نورد شده مربوط به موسسه آهن و فولاد آمریکا (AISI) [۲] شتاب بیشتری پیدا کرد. به دلیل رفتار متفاوت سازه‌ای اجزای جدار نازک و نقش کماتش موضعی در ظرفیت باربری مقاطع جدار نازک سرد نورد شده، این اجزاء دارای ضوابط طراحی متفاوت از مقاطع گرم نورد شده می‌باشند، به این دلیل آئین نامه‌های متفاوتی برای طراحی سازه‌ها با اعضای جدار نازک سرد نورد شده به وجود آمده است که یکی از معروف‌ترین این آئین نامه‌ها، آئین نامه مؤسسه آهن و فولاد آمریکا، یا به اختصار AISI است. در ایران نیز نشریه شماره ۶۱۲ و ۶۱۳ [۳ و ۴] معاونت برنامه ریزی و توسعه راهبردی رئیس جمهور در این رابطه منتشر شده است. بنابراین با آگاهی از ضوابط طراحی مقاطع سرد نورد شده و شناسایی ویژگی‌های مثبت و محدودیت‌های این مقاطع می‌توان نسبت به طراحی سازه‌های سرد نورد شده اقدام کرد. در این پژوهش با انتخاب و مدل نمودن سه ساختمان سه، پنج و هفت طبقه با قاب خمشی متوسط فولادی و اضافه نمودن طبقات جدید با استفاده از مصالح سرد نورد شده (L.S.F) و انجام تحلیل بارافزون (پوش آور) با الگوهای مختلف بارگذاری جانبی، به بررسی و تعیین بحرانی ترین حالت بارگذاری و هم‌چنین تعیین ضریب رفتار سازه‌های ترکیبی پرداخته می‌شود.

۲- محدوده کاربرد استفاده از سازه‌های فولادی سرد نورد شده

بر اساس نشریه ۶۱۲، محدوده کاربرد سازه‌های فولادی سرد نورد شده متشکل از دیوارها و سقف‌های ساخته شده از مقاطع فولادی سبک سردنورد شده به شرح زیر است: ضخامت فلز بدون احتساب پوشش‌های محافظ بین ۰/۴۵۵ میلی متر تا ۳ میلی متر تدوین شده است. چنانچه از سیستم‌های باربر جانبی دیگری به جز موارد مندرج در نشریه مذکور استفاده شود، کاربرد قاب‌های سبک فولادی صرفاً به عنوان سیستم باربر ثقلی، جانبی مجاز در استاندارد ۲۸۰۰ [۵] ایران تامین شود.

۳- مشخصات کلی سازه‌های مورد بررسی

سازه‌های مورد استفاده در این پژوهش در شکل‌های ۱، ۲ و ۳ نشان داده شده‌اند. این سازه‌ها شامل قابهای دو بعدی با سیستم قاب خمشی متوسط فولادی ۳، ۵ و ۷ طبقه که هر یک دارای سه دهانه ۵ متری می‌باشند. ارتفاع کلیه طبقات ثابت و برابر ۳/۲ متر است. در طرح لرزه‌ای آنها، کلیه ضوابط طراحی مطابق با استاندارد ۲۸۰۰ ویرایش چهارم، رعایت شده است. در محاسبه جرم طبقات از بارمرده به علاوه ۲۰ درصد بار زنده استفاده شده است. قابها مطابق مبحث ششم مقررات ملی ساختمان ایران [۶] بارگذاری و مطابق با مبحث دهم مقررات ملی ساختمان [۷] طراحی گردیده‌اند. در طراحی قاب‌ها خاک محل احداث سازه‌ها، خاک نوع ۱، منطقه با خطر نسبی زیاد و نوع کاربری مسکونی در نظر گرفته شده است. ابعاد مقاطع بکار رفته در مدل‌های مورد بررسی در جدول ۱ نمایش داده شده است.

جدول ۱: ابعاد مقاطع برای مدل‌های مورد مطالعه

مقطع تیر	ستون (سانتی متر) مقطع	طبقه	
IPE۳۰۰	BOX۲۰×۲۰×۱/۵	۱	۳ طبقه فولادی
IPE۳۰۰	BOX۲۰×۲۰×۱/۵	۲	
IPE۲۴۰	BOX۲۰×۲۰×۱/۰	۳	
IPE۳۶۰	BOX۳۰×۳۰×۲	۱	۵ طبقه فولادی
IPE۳۶۰	BOX۳۰×۳۰×۲	۲	
IPE۳۶۰	BOX۲۵×۲۵×۱/۵	۳	
IPE۳۶۰	BOX۲۵×۲۵×۱/۵	۴	
IPE۳۳۰	BOX۲۵×۲۵×۱/۰	۵	
IPE۴۰۰	BOX۴۰×۴۰×۲/۰	۱	۷ طبقه فولادی
IPE۴۰۰	BOX۴۰×۴۰×۲/۰	۲	
IPE۴۰۰	BOX۴۰×۴۰×۱/۵	۳	
IPE۴۰۰	BOX۳۵×۳۵×۱/۵	۴	
IPE۴۰۰	BOX۳۵×۳۵×۱/۵	۵	
IPE۴۰۰	BOX۳۵×۳۵×۱/۰	۶	
IPE۳۶۰	BOX۳۵×۳۵×۱/۰	۷	

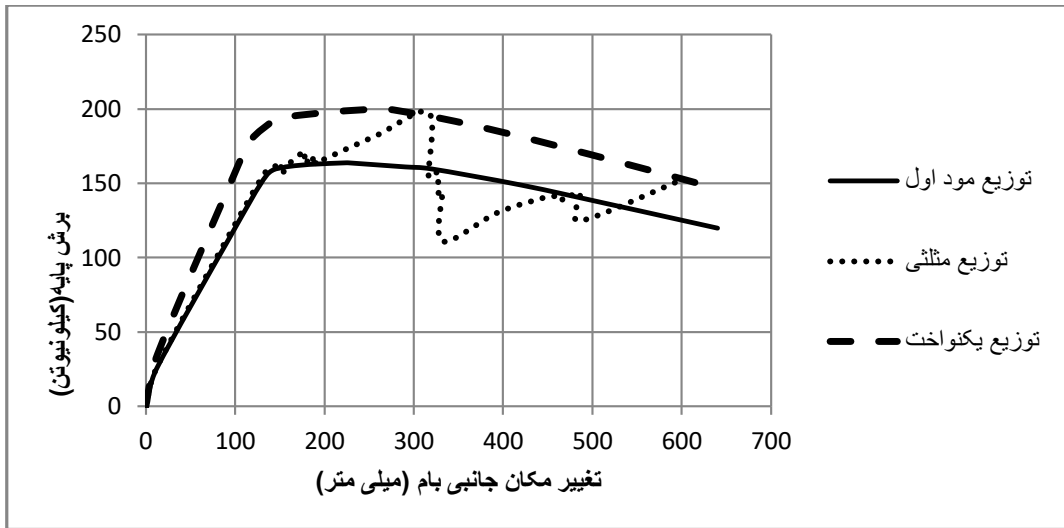
۴- تحلیل بار افزون قاب‌های خمشی فولادی بدون در نظر گرفتن اضافه طبقات

به منظور بررسی اولیه مدل‌های پایه، هر یک از قاب‌های فولادی انتخابی تحت تحلیل بار افزون (پوش آور) قرار گرفته است. این نوع تحلیل به دلیل سادگی و صرفه‌جویی در وقت و هزینه نسبت به سایر تحلیل‌های غیرخطی بیشتر مورد استفاده قرار می‌گیرد. نتیجه این تحلیل، تعیین نمودار بار- تغییر مکان یا منحنی ظرفیت سازه می‌باشد که معمولاً از مقادیر برش پایه و تغییر مکان جانبی نقطه مرجع تراز بام برای رسم این نمودار استفاده می‌شود. پس از تعریف و اختصاص مفاصل خمیری به تیرها و ستون‌ها به تعریف الگوهای مختلف بارگذاری پرداخته می‌شود. برای انجام تحلیل پوش آور سه الگوی بارگذاری جانبی به شرح زیر بر هر یک از مدل‌های ترکیبی اعمال و نمودار ظرفیت هر یک از آنها به تفکیک از طریق انجام تحلیل بارافزون محاسبه و در شکل‌های شماره ۱، ۲ و ۳ نمایش داده شده است [۸].

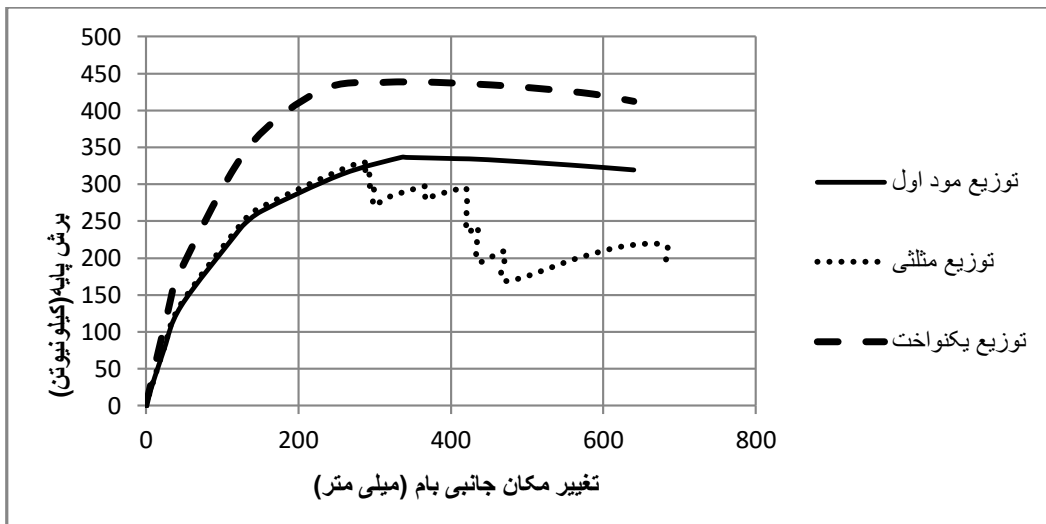
توزیع یکنواخت که در آن، بار جانبی متناسب با وزن هر طبقه محاسبه می‌شود.

توزیع متناسب با شکل مود اول ارتعاش سازه در جهت مورد نظر

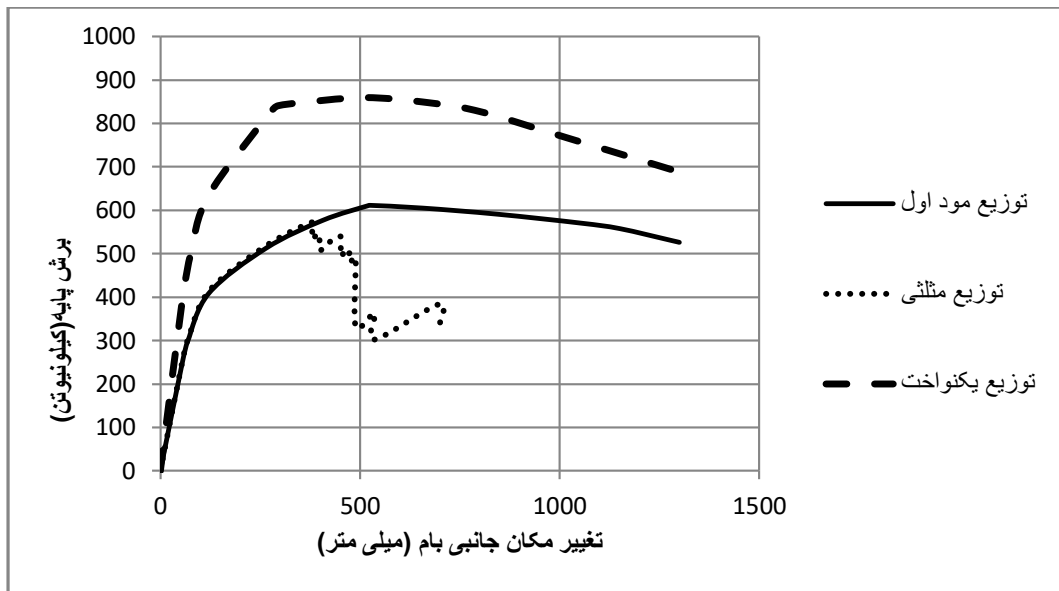
توزیع متناسب با توزیع بار جانبی در روش استاتیکی خطی (توزیع مثلی)



شکل ۱: منحنی‌های ظرفیت به دست آمده برای قاب فولادی ۳ طبقه برای حالت‌های مختلف بارجانبی.



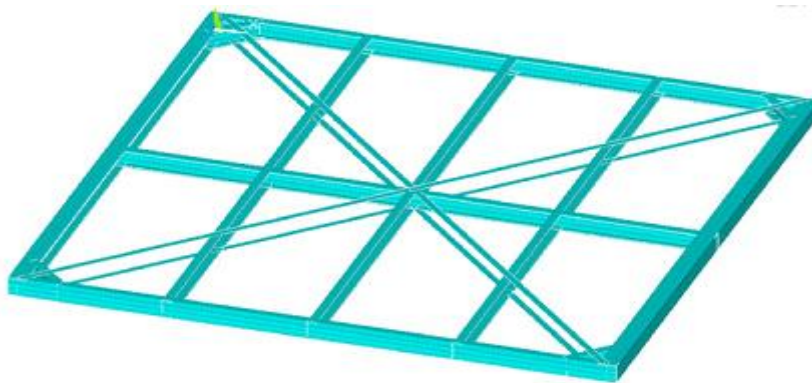
شکل ۲: منحنی‌های ظرفیت به دست آمده برای قاب فولادی ۵ طبقه برای حالت‌های مختلف بارجانبی.



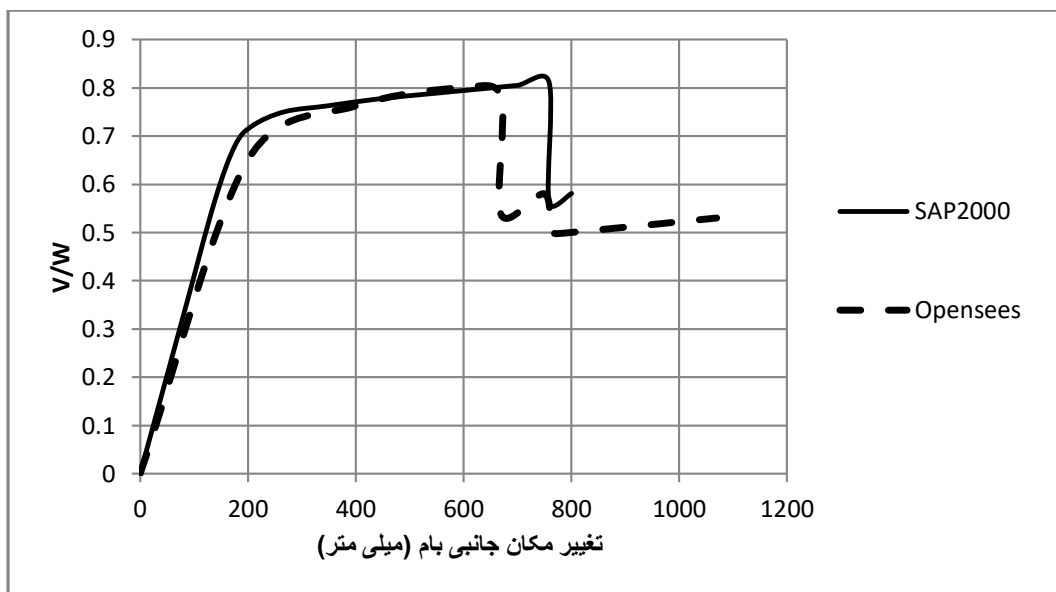
شکل ۳: منحنی‌های ظرفیت به دست آمده برای قاب فولادی ۷ طبقه برای حالت‌های مختلف بار جانبی.

۵- ترکیب قاب‌های خمشی فولادی و سازه سرد نورد شده

به منظور راست آزمایی و ارزیابی صحت تحلیل‌های انجام شده توسط نرم افزار SAP2000، برای قاب‌های سرد نورد شده، نتایج به دست آمده از این نرم افزار را با نتایج تحقیق صورت گرفته توسط مرجع [۹] که با نرم افزار ANSYS انجام گرفته، مورد مقایسه قرار می‌گیرد. شکل ۴، مدل یک طبقه‌ی یک دهانه سرد نورد شده به ارتفاع و طول $2/4 \times 2/4$ متر را که با نرم افزار SAP2000 تحت تحلیل پوش آور قرار گرفته، نشان می‌دهد.



شکل ۴: نمونه مدل سازی شده جهت صحت سنجی نرم افزار.



شکل ۵: مقایسه منحنی ظرفیت سازه سرد نورد شده بامنحنی بدست آمده با برنامه ANSYS [۹].

پس از صحت سنجی نرم افزار، قاب‌های سرد نورد شده یک و دو طبقه به صورت دو بعدی و دارای سه دهانه ۵ متری، با ارتفاع ثابت ۳/۲ متر در هر طبقه به همراه قاب‌های خمشی فولادی مدل سازی گردیده‌اند. جدول ۲ مقاطع اعضای سرد نورد شده یک و دو طبقه در طبقات جدید را نشان می‌دهد.

جدول ۲: مشخصات سازه‌های فولادی سرد نورد شده به عنوان اضافه طبقات

سازه سرد نورد شده	عضو مورب (میلی متر)	ستونک (میلی متر)	عضو افقی (میلی متر)
طبقه ۱	۲*(۲/۵×۳۰)	۲۲۰×۷۰×۱/۵	۲۲۰×۷۰×۱/۵
طبقه ۲	۲*(۳×۳۵)	۲۶۰×۷۰×۱/۸	۲۶۰×۷۰×۱/۸
	۲*(۲/۵×۳۰)	۲۲۰×۷۰×۱/۵	۲۲۰×۷۰×۱/۵

به منظور بررسی اولیه مدل‌های ترکیبی و تعیین پارامترهای ذاتی، سازه‌های ترکیب شده تحت تحلیل مودال قرار گرفته‌اند. جدول ۳ زمان تناوب تحلیلی (استخراج شده از نرم افزار) برای هر یک از قاب‌های ترکیبی را نشان می‌دهد.

جدول ۳: محاسبه زمان تناوب تحلیلی مدل‌های پایه

زمان تناوب مود اول (ثانیه)	ساختمان
۰/۸۲	سه طبقه با یک طبقه اضافه
۰/۸۸	سه طبقه با دو طبقه اضافه
۰/۹۸	پنج طبقه با یک طبقه اضافه
۱/۰۸	پنج طبقه با دو طبقه اضافه
۱/۱۷	هفت طبقه با یک طبقه اضافه
۱/۲۵	هفت طبقه با دو طبقه اضافه

۶- تعریف و اختصاص مفصل پلاستیک و انجام تحلیل بار افزون

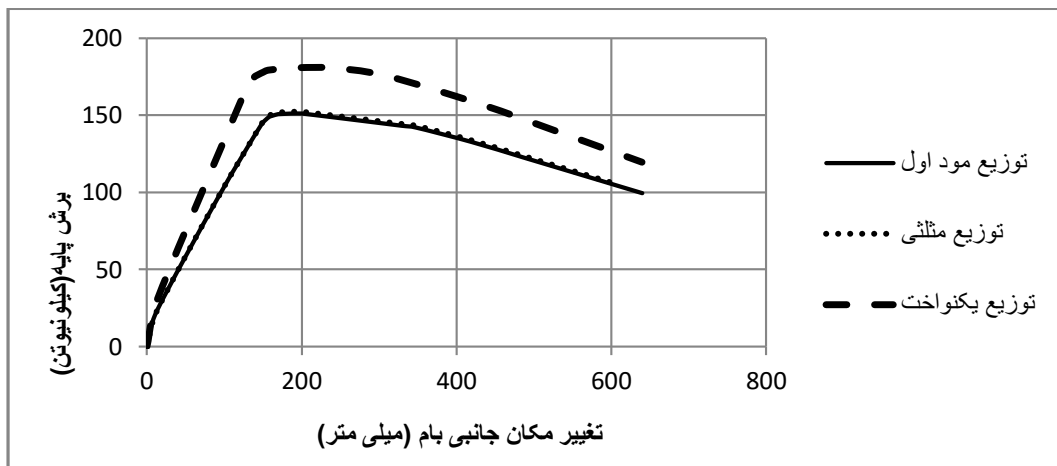
با توجه به این که مهاربندهای سازه‌های فولادی سرد نورد شده فولادی جزء مقاطع جدار نازک هستند و به دلیل لاغری خیلی زیاد نمی‌توانند هیچ گونه فشاری را تحمل کنند به همین دلیل طراحی مهاربندهای این قبیل از سازه‌ها به صورت کششی طرح می‌شوند. به منظور تعریف و اختصاص مفصل پلاستیک به مهاربندهای سازه‌های سرد نورد شده مفصل از نوع نیروی محوری تعریف می‌شود. مطابق با نشریه ۳۶۰ برای مهاربندهای که فقط برای کشش طراحی شده‌اند مقادیر داخل جدول نصف می‌گردند. در این جدول ΔT تغییر شکل محوری در بار نظیر کششی حد تسلیم می‌باشد.

جدول ۴: پارامترهای مدل سازی و معیارهای پذیرش مفصل خمیری در تحلیل‌های غیر خطی در مهاربندهای فولادی تحت کشش [۸]

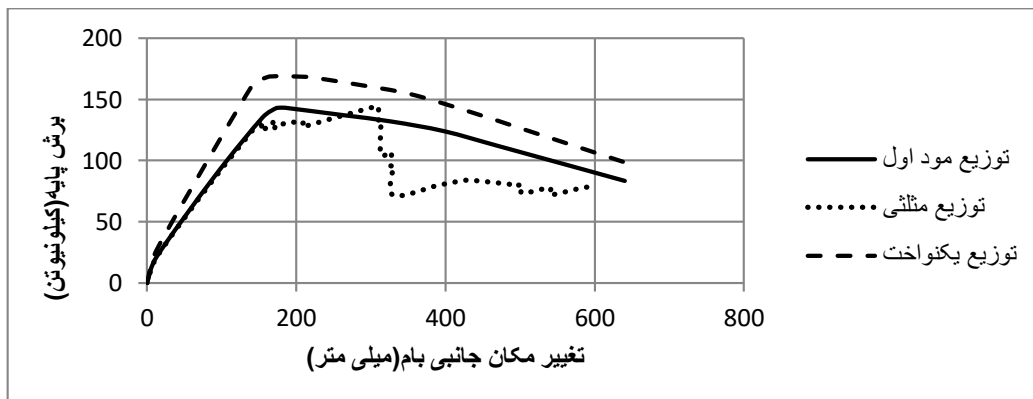
تغییر شکل a	تغییر شکل b	c نسبت تنش پس ماند	IO قابلیت استفاده بی وقفه	LS حد ایمنی جانی	CP آستانه فروریزش
$\Delta 11$	$\Delta 14$	$\Delta 8$	$\Delta 25$	$\Delta 7$	$\Delta 9$

۷- تحلیل بار افزون مدل‌های ترکیبی

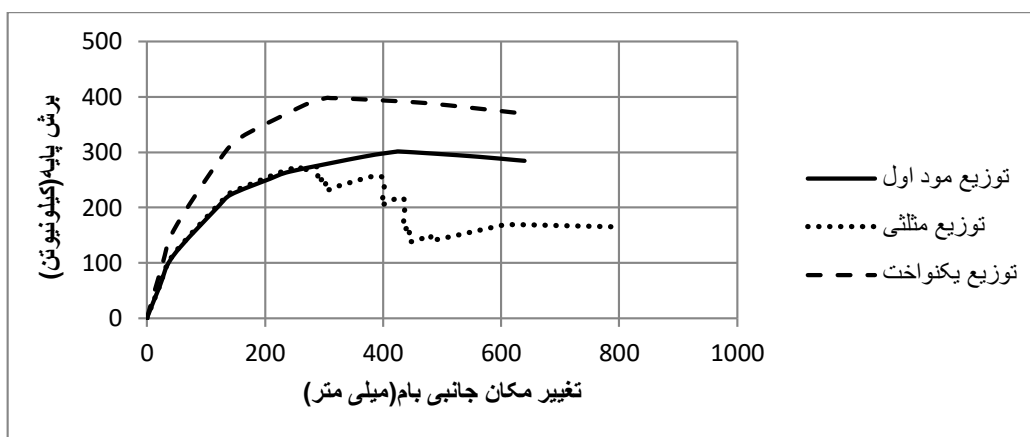
به منظور بررسی رفتار سازه‌های ترکیبی و محاسبه و ترسیم منحنی ظرفیت سازه و محاسبه ضریب رفتار، هر یک از مدل‌های ترکیبی تحت تحلیل بار افزون (پوش آور) با سه الگوی بار جانبی متفاوت قرار گرفته و منحنی‌های ظرفیت در شکل‌های شماره ۶، ۷، ۸، ۹، ۱۰ و ۱۱ نمایش داده شده است.



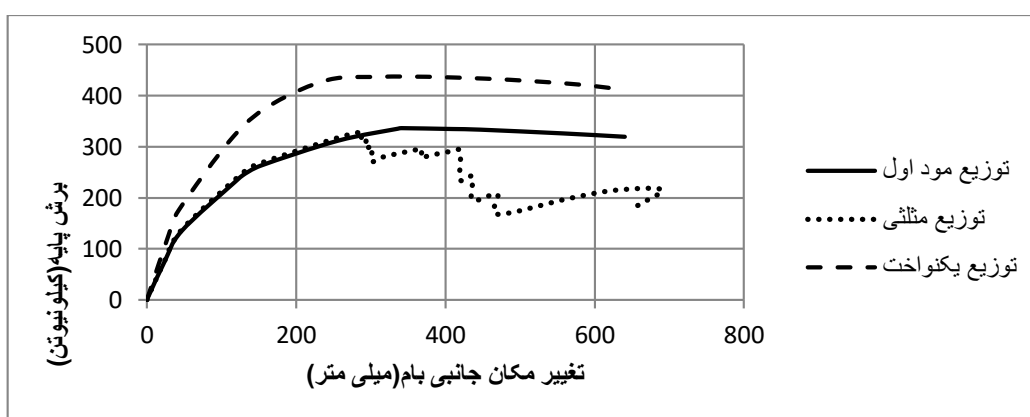
شکل ۶: منحنی‌های ظرفیت برای ترکیب قاب خمشی فولادی سه طبقه و قاب یک طبقه فولادی سرد نورد شده با الگوهای بارگذاری مختلف.



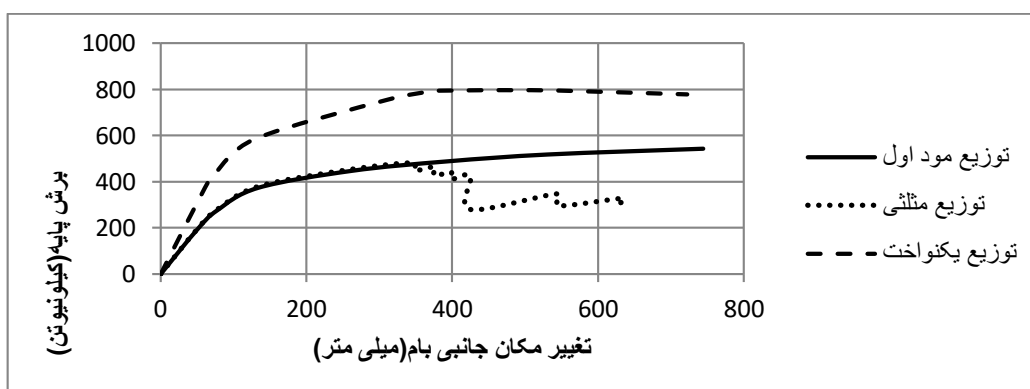
شکل ۷: منحنی‌های ظرفیت برای ترکیب قاب خمشی فولادی سه طبقه و قاب دو طبقه فولادی سرد نورد شده با الگوهای بارگذاری مختلف.



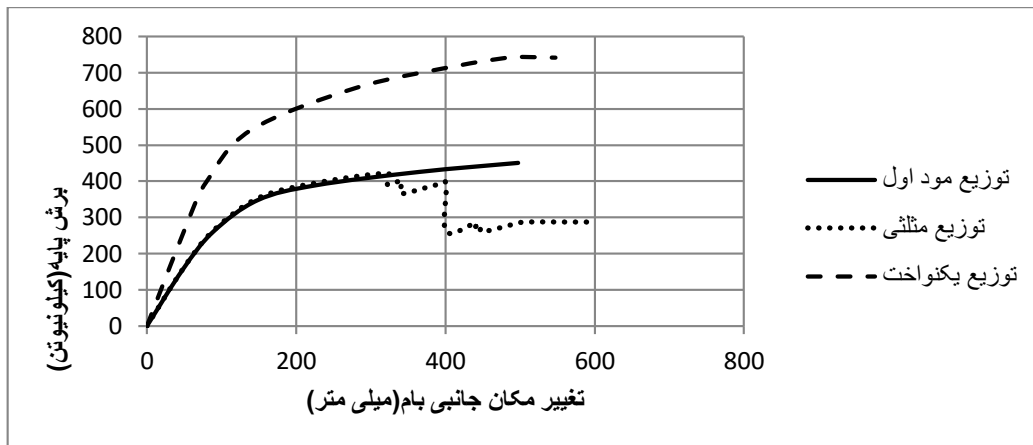
شکل ۸: منحنی‌های ظرفیت برای ترکیب قاب خمشی فولادی پنج طبقه و قاب یک طبقه فولادی سرد نورد شده با الگوهای بارگذاری مختلف.



شکل ۹: منحنی‌های ظرفیت برای ترکیب قاب خمشی فولادی پنج طبقه و قاب دو طبقه فولادی سرد نورد شده با الگوهای بارگذاری مختلف.



شکل ۱۰: منحنی‌های ظرفیت برای ترکیب قاب خمشی فولادی هفت طبقه و قاب یک طبقه فولادی سرد نورد شده با الگوهای بارگذاری مختلف.



شکل ۱۱: منحنی‌های ظرفیت برای ترکیب قاب خمشی فولادی هفت طبقه و قاب دو طبقه فولادی سرد نورد شده با الگوهای بارگذاری مختلف.

۸- ضریب رفتار

ضریب رفتار ضریبی است که برای اعمال تغییر شکل‌های غیرارتجاعی استفاده می‌گردد و به طراح این امکان را می‌دهد که به جای استفاده از تحلیل غیرارتجاعی از تحلیل ارتجاعی استفاده نماید. لذا تمامی عواملی که در تحلیل غیرارتجاعی موثر هستند بر ضریب رفتار نیز موثر می‌باشند. ضریب شکل پذیری، ضریب مقاومت افزون، زمان تناوب، عملکرد مورد انتظار از سازه، روش طراحی سازه، نوع سیستم باربر جانبی، نوع مصالح، مشخصات زلزله، مشخصات خاک محل، زمان تناوب، میرایی سازه و مدل‌های ساده شده بار - تغییر شکل مصالح از عوامل تأثیر گذار بر ضریب رفتار هستند [۱۰] اصلی‌ترین عامل تأثیر گذار بر ضریب رفتار، ضریب شکل پذیری است. یانگ [۱۱] رابطه (۱) را برای محاسبه ضریب رفتار پیشنهاد نمود.

$$R = R_{\mu} \cdot R_S \quad (1)$$

در این رابطه R_{μ} ضریب رفتار ناشی از شکل پذیری و R_S ضریب مقاومت افزون سازه می‌باشد. پژوهشگران مختلفی برای محاسبه R_{μ} روابطی گوناگون ارائه نمودند. یکی از ساده‌ترین روابط توسط نیومارک [۱۲] در سال ۱۹۸۲ ارائه شده است.

برای زمانهای تناوب کمتر از ۰/۳ ثانیه

$$R_{\mu} = 1 \quad (2)$$

برای زمانهای تناوب بین ۰/۱ تا ۰/۵ ثانیه

$$R_{\mu} = \sqrt{2\mu - 1} \quad (3)$$

برای زمانهای تناوب بزرگتر از ۰/۵ ثانیه

$$R_{\mu} = \mu \quad (4)$$

با توجه به جدول ۳، زمان تناوب برای کلیه مدل‌ها بالاتر از ۰/۵ ثانیه می‌باشند لذا در محاسبه ضرایب رفتار از رابطه (۴) استفاده می‌گردد.

پس از انجام تحلیل پوش آور بر روی هریک از مدل‌های ترکیبی مورد مطالعه با ۳ الگوی بار جانبی متفاوت پارامترهای مورد نیاز برای محاسبه ضریب رفتار در جدول‌های شماره ۵، ۶، ۷ و ۸ نشان داده شده است.

جدول ۵: پارامترهای تعیین ضریب رفتار برای الگوی بار مود اول

الگوی بار مود اول	ساختمان	Vs	Vy	Rs	Δ_{max}	Δy	μ	$R\mu$	Ru
طبقه ۳	با یک طبقه اضافه	۲۳۱۲	۱۵۳۰۶	۶/۶۲	۰/۲۳	۰/۱۵۵	۱/۴۸	۱/۴۸	۹/۸۱
	با دو طبقه اضافه	۲۲۲۴	۱۴۶۸۱	۶/۶	۰/۲۷	۰/۱۸	۱/۵۰	۱/۵۰	۹/۹
طبقه ۵	با یک طبقه اضافه	۱۰۵۰۷	۱۹۵۴۴	۱/۸۶	۰/۲۹	۰/۰۷۸	۳/۷	۳/۷	۶/۸۸
	با دو طبقه اضافه	۹۸۰۳	۱۷۸۴۲	۱/۸۲	۰/۳۲	۰/۰۸۳	۳/۸۴	۳/۸۴	۷
طبقه ۷	با یک طبقه اضافه	۲۳۸۶۳	۳۲۶۹۳	۱/۳۷	۰/۳۴	۰/۰۸۳	۳/۹۶	۳/۹۶	۵/۴۳
	با دو طبقه اضافه	۲۳۸۰۵	۳۱۹۰۰	۱/۳۴	۰/۳۹	۰/۰۹۱	۴/۲۷	۴/۲۷	۵/۵۶

جدول ۶: پارامترهای تعیین ضریب رفتار برای الگوی بار یکنواخت

الگوی بار یکنواخت	ساختمان	Vs	Vy	Rs	Δ_{max}	Δy	μ	$R\mu$	Ru
طبقه ۳	با یک طبقه اضافه	۲۸۰۱	۱۸۳۲۵	۶/۵۴	۰/۱۷۳	۰/۱۲۱	۱/۴۲	۱/۴۲	۹/۳
	با دو طبقه اضافه	۲۷۳۹	۱۷۴۶۲	۶/۳۷۵	۰/۲	۰/۱۴۱	۱/۴۴	۱/۴۴	۹/۱۸
طبقه ۵	با یک طبقه اضافه	۱۳۶۴۵	۲۳۱۹۸	۱/۷	۰/۲۷۵	۰/۰۶۶۱	۴/۱۷	۴/۱۷	۷/۱
	با دو طبقه اضافه	۱۵۳۴۰	۲۴۸۵۲	۱/۶۲	۰/۳۵	۰/۰۷۹	۴/۴۴	۴/۴۴	۷/۲
طبقه ۷	با یک طبقه اضافه	۳۸۶۱۶	۵۰۵۸۸	۱/۳۱	۰/۳۲	۰/۰۸۱	۳/۹۶	۳/۹۶	۵/۲
	با دو طبقه اضافه	۳۶۱۴۹	۴۶۶۳۳	۱/۲۹	۰/۳۶۴	۰/۰۸۷	۴/۱۹	۴/۱۹	۵/۴۱

جدول ۷: پارامترهای تعیین ضریب رفتار برای الگوی بار مثلثی (استاتیکی)

الگوی بار مثلثی	ساختمان	Vs	Vy	Rs	Δ_{max}	Δy	μ	$R\mu$	Ru
طبقه ۳	با یک طبقه اضافه	۲۳۲۵	۱۶۲۰۵	۶/۹۷	۰/۲۳	۰/۱۵۴	۱/۴۲	۱/۴۲	۹/۹
	با دو طبقه اضافه	۲۱۹۴	۱۴۶۱۲	۶/۶۶	۰/۲۷	۰/۱۸	۱/۵	۱/۵	۱۰
طبقه ۵	با یک طبقه اضافه	۱۱۴۸۵	۲۰۲۱۳	۱/۷۶	۰/۲۹	۰/۰۷۴	۳/۹۱	۳/۹۱	۶/۹
	با دو طبقه اضافه	۱۰۸۴۱	۱۸۹۷۱	۱/۷۵	۰/۳۲	۰/۰۷۹	۴/۰۵	۴/۰۵	۷/۱۲
طبقه ۷	با یک طبقه اضافه	۲۳۵۰۵	۳۱۰۲۶	۱/۳۲	۰/۳۴	۰/۰۸۱	۴/۱۹	۴/۱۹	۵/۵۳
	با دو طبقه اضافه	۲۳۱۷۸	۳۰۳۶۳	۱/۳۱	۰/۳۹	۰/۰۹۱	۴/۲۸	۴/۲۸	۵/۶

جدول ۸: پارامترهای تعیین ضریب رفتار برای سازه‌های قاب خمشی فولادی تحت الگوهای مختلف بارگذاری

ساختمان	الگوی بار	Vs	Vy	Rs	Δ_{max}	Δy	μ	R μ	Ru
یکنواخت	یکنواخت	۳۶۱۵	۱۹۰۴۹	۵/۲۷	۰/۱۶	۰/۰۹	۱/۷۷	۱/۷۷	۹/۳۲
۳طبقه	مثلثی	۲۷۶۰	۱۵۱۸۳	۵/۵	۰/۱۵	۰/۰۷۹	۱/۸۸	۱/۸۸	۱۰/۳۴
مود اول	مود اول	۲۹۶۴	۱۶۳۶۵	۵/۵۲	۰/۱۵	۰/۰۷۶	۱/۷۵	۱/۷۵	۹/۶۶
یکنواخت	یکنواخت	۱۳۲۸۴	۲۴۸۴۲	۱/۸۷	۰/۲۵	۰/۰۶۸	۳/۶۷۵	۳/۶۷۵	۶/۸۷
۵طبقه	مثلثی	۱۰۵۷۵	۱۹۸۸۲	۱/۸۸	۰/۲۴	۰/۰۶۴	۳/۷۴	۳/۷۴	۷/۰۳
مود اول	مود اول	۱۰۰۱۶	۱۹۵۸۲	۱/۹۵	۰/۲۴	۰/۰۶۷	۳/۵۸	۳/۵۸	۷
یکنواخت	یکنواخت	۴۵۰۴۵	۵۴۳۲۵	۱/۲۰۶	۰/۳۱	۰/۰۸۲	۳/۷۶	۳/۷۶	۴/۵۳
۷طبقه	مثلثی	۲۷۸۱۹	۳۶۴۴۴	۱/۳۱	۰/۲۹	۰/۰۷۴	۳/۹۰	۳/۹۰	۵/۶
مود اول	مود اول	۲۷۴۷۲	۳۵۹۸۹	۱/۳۱	۰/۲۹	۰/۰۸۲	۳/۵۰	۳/۵۰	۶/۰۷

۹- نتیجه گیری

با توجه به نتایج به دست آمده مشاهده می‌گردد که استفاده از سازه‌های سرد نورد شده بر روی طبقات قاب خمشی فولادی تاثیر قابل توجهی بر روی ضریب رفتار سازه فولادی ندارد.

با توجه به مقادیر به دست آمده برای ضریب رفتار مشاهده می‌گردد که ضریب رفتار سازه به نوع الگوی بار جانبی نیز بستگی دارد که بر این اساس ضریب رفتارهای به دست آمده برای دو الگوی بار مثلثی و مود اول برای تمامی مدل‌ها تقریباً یکسان می‌باشند. اما مقادیر ضریب رفتار تحت الگوی بار یکنواخت از دو الگوی دیگر کوچکتر است.

۳- با توجه به الزام نشریه ۳۶۰ در رابطه با استفاده از الگوهای بار جانبی نوع اول که بیان می‌دارد در صورت انتخاب توزیع الگوی بار مثلثی، توزیع نوع دوم باید از نوع یکنواخت باشد، مشاهده می‌گردد که این بند از نشریه مذکور درست انتخاب شده است زیرا این حالت از بارگذاری سبب ایجاد حالت بحرانی‌تر در سازه می‌گردد.

۴- با بررسی نتایج و نحوه گسترش تشکیل مفاصل در حین تحلیل پوش آور مشاهده می‌گردد که سازه فولادی تا مرز گسیختگی کامل پیش می‌رود اما در مهاربندهای سازه سرد نورد شده هیچ گونه مفصل خمیری تشکیل نمی‌شود که علت آن وزن سبک سازه‌های سرد نورد شده و اتصال مفصلی تکیه گاه‌های سازه سرد نورد شده به سقف بام سازه قاب خمشی فولادی می‌باشد.

با بررسی تغییر شکل‌های به دست آمده از هر یک از مدل‌های انتخابی مشاهده می‌گردد که مقادیر تغییر مکان نسبی جانبی طبقات سرد نورد شده در مقایسه با طبقات سازه فولادی بسیار کوچکتر می‌باشند.

مراجع

[۱] سیاس، م ح، میرقادی، س ر، «بررسی عملکرد لرزه‌ای پانل‌های برشی در سازه‌های دیواری سردنورد شده»؛ پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تهران، پردیس دانشکده‌های فنی، دانشکده مهندسی عمران، شهریور ۱۳۸۸.

[2]. AISI. North American Specification for the Design of Cold-Formed Steel Structural Members. Washington (DC, USA): American Iron and Steel Institute, 2001.

[۳] آیین نامه طراحی و اجرای سازه‌های فولادی سبک سرد نورد شده (بخش سازه)، نشریه ۶۱۲ معاونت برنامه ریزی و نظارت راهبردی رئیس جمهور، ۱۳۹۱.

[۴] آیین نامه طراحی و اجرای سازه‌های فولادی سبک سرد نورد شده (بخش غیر سازه)، نشریه ۶۱۳ معاونت برنامه ریزی و نظارت راهبردی رئیس جمهور، ۱۳۹۱.

[۵] آیین نامه طراحی ساختمان‌ها در برابر زلزله، (استاندارد ۲۸۰۰)، ویرایش چهارم، کمیته دائمی بازنگری آیین نامه طراحی ساختمان‌ها در برابر زلزله، مرکز تحقیقات وزارت مسکن، تهران، ایران، ۱۳۹۳.

- [۶] مبحث ششم مقررات ملی ساختمان ایران، ۱۳۹۲، بارهای وارده بر ساختمان، دفتر مقررات ملی ساختمان وزارت راه و شهرسازی.
- [۷] مبحث دهم مقررات ملی ساختمان ایران، ۱۳۹۲، طرح و اجرای ساختمان‌های فولادی، دفتر مقررات ملی ساختمان وزارت راه و شهرسازی.
- [۸] دستورالعمل بهسازی لرزه ای ساختمانهای موجود، (نشریه ۳۶۰)، ۱۳۹۲، معاونت برنامه ریزی و نظارت راهبردی رییس جمهور.
- [9] Zeynalian M, Ronagh HR. A numerical study on seismic performance of strap-braced cold-formed steel shear walls. Thin-Walled Structures 2012
- [۱۰] محمودی صاحبی، م، زارع، م، «ضریب رفتار سازه‌ها از تعریف تا تعیین»؛ نشریه مهندسی عمران و محیط زیست، جلد ۴۱، شماره ۱، سال ۱۳۹۰.
- [11] Uang C-M. Establishing R (or R_w) and Cd factors for building seismic provisions. Journal of Structural Engineering 1991;117(1):19-28.
- [12] Newmark N, Hall W. Earthquake spectra and design. Berkeley, CA: Earthquake Engineering Research Inst; 1982.