عنوان مقاله :بررسی کلی رفتارمهاربندهای هم محوروبرون محوردر سازه های فولادی

نام و نام خانوادگی،عنوان،محل کار: نازنین سهرابی، دانشجوی کارشناسی، دانشگاه رازی کرمانشاه .
تلفن : ۸۳۵۹۹۹۵-۰۸۳۱ ، پست الکترونیکی:yekta1363_333_1385@yahoo.com

چکیده:

سازه های ساختمانی تحت اثر نیروهای ناشی از زلزله دچار تغییر مکان می شوند .متداولترین روش کنترل تغییر مکانها در سازه های فولادی که معمولاً از نوع جانبی هستند ، مهاربندها می باشندکه به شکلهای گوناگونی اجرا میشوند. پیکربندی سیستمهای مهاربندی عموماً از نوع هم مرکز (هم محور) یا خارج از مرکز(برون محور) می باشد. مهاربندهای هم مرکزسختی سازه را نسبت به قاب خمشی معادل به شدّت افزایش داده و تغییر مکان جانبی سازه را محدود می نمایند. سیستم مهاربندی برون محور دو ویژگی " سختی مناسب جانبی" و "جذب انرژی بالا" را با یکدیگر ترکیب کرده و بکار می گیرد.در این سیستم، برون محوری اتصال مهاربندی سبب پدیدآمدن لنگرهای خمشی و نیروهای برشی بزرگی در ناحیهٔ تیر نزدیک به مهار ، می شود. به این ترتیب، تنشهای این ناحیه از تیر وارد محدودهٔ غیر ارتجاعی شده و سبب اتلاف انرژی ناشی از زمین لرزه می شود.این ناحیه از تیر" پیوند" نام دارد.

در این مقاله به طور مختصر به بررسی رفتار مهاربندهای هم محور و برون محور و نیز به معرفی نوعی مهاربند موسوم به مهاربند زانویی می پردازیم. در این سیستم مهاربندی، حداقل یک انتهای بادبند به جای اتّصال به محل برخورد تیر و ستون به عضو زانویی که بطور مایل بین تیر و ستون قرار می گیرد، وصل می شود. عضو قطری مهاربند تأمین کنندهٔ سختی سیستم است، در حالیکه شکل پذیری تحت اثر بارهای شدید جانبی از طریق جاری شدن خمشی عضو زانویی بدست می آید. این سیستم مهاربندی، روشی کاملاً جدید است که هنوز وارد آیین نامه ها نشده امّا با توجه به مقاومت، سختی، شکل پذیری بالا و سایر ویژگی های مناسبی که دارد، ممکن است به زودی به عنوان سیستمی مناسب در مقابله با نیروهای جانبی در طراحی ها لحاظ گردد.

کلیدواژه ها: ***مهار هم محور ، مهار برون محور ، سختی ، تغییر مکان جانبی ، رفتار لرزه ای ، مهار زانوئی .***

۱-مقدمه:

آنالیز های انجام شده بر روی انواع قابهای مهاربندی شده نشان می دهد که مهار بندی سیستمی مناسب ، سریع و اقتصادی در تقویت سازه های موجود یا سازه های آسیب دیده از زلزله می باشد . استفاده از این سیستم در تقویت سازه هااین امکان را برای طراح فراهم می سازد که با توجه به وضع موجود ، نیروها را به صورت بهینه توزیع نماید.با توجه به انواع سیستم های مهار بندی رایج در سازه های فولادی ، در این

مقاله سعی بر آن است که به تشریحی مختصر در ارتباط با این سیستم ها بپردازیم و نهایتاً با توجه به مقایسهٔ این سیستم ها ، بهترین سیتم مهاربندی نتیجه شود.

۲-انواع سیستم های متداول در ساختمانهای اسکلت فولادی :

سیستم ساختمانهای اسکلت فولادی چند طبقه که عموماً مورد استفاده قرار می گیرند غالباً در چهار گروه زیر طبقه بندی می شوند:

سیستم نوع ۱: منظور از این سیستم ، ساختمانهایی است که تمام یا قسمتی از بارهای قائم توسط دیوار یا مصالح بنائی تحمل می گردد و نیز مقابله با نیروهای جانبی زلزله بر عهدهٔ دیوارها می باشد . بنا براین در این سیستم باید تدابیر خاصی برای کلاف بندی دیوارهای آجری باربر به منظور مقابله با نیروهای جانبی باد یا زلزله اجرا گردد. این نوع سیستم به سیستم غیر یک پارچه معروف می باشد.

سیستم نوع ۲: سیستم قاب فضائی ساده که در آن تمام بارهای قائم توسط قاب فضائی متشکل از تیر و ستون با اتصالات ساده حمل می شود و مقاومت در مقابل نیروهای جانبی زلزله به وسیلهٔ دیوارهای برشی و یا بادبندی ها تأمین می گردد.

در ایران یک روش ساخت برای چنین قابهای فلزی مرسوم است که به آن قاب با اتصال سطحی یا خورجینی تیر به ستون می گویند که در این نوع قاب شاه تیرها را به صورت دوبل و به طور یکسره ، مماس بر سطوح جانبی ستون ، عبور می دهند.

سیستم نوع ۳: سیستم قاب فضائی خمشی که در آن تمام بارهای قائم و همچنین نیروی جانبی باد یا زلزله تنها به وسیلهٔ قابهای خمشی (بدون دیوارهای برشی یا بادبندی) تحمل می شود.

سیستم نوع ۴: سیستم مختلط قاب فضائی خمشی و دیوارهای برشی یا باد بندی ها که در آن بارهای قائم توسط قاب خمشی و نیروهای جانبی زلزله ، توأماً توسط قاب خمشی و دیوارهای برشی و یاتوسط قاب خمشی و باد بندی ها تحمل می شود.

با توجه به انواع سیستم های سازه ای که در فوق به آنها اشاره شد ، استفاده از بادبندی ها به عنوان سیستم مقاوم جانبی در قابهای فضائی ساده یا در سیستم های مختلط مشهود می باشد . به همین دلیل و به منظور اهمیت سیستم های مقاوم جانبی که در سازه های اسکلت فلزی ، این سیستم ها را عمدتاً بادبندی ها تشکیل می دهند ، در ادامه به بحث و بررسی رفتار انواع بادبندی های رایج در سازه های اسکلت فلزی می پردازیم.

قابهای مهار بندی شده به سه گروه عمدهٔ قاب با مهار بند هم مرکز (هم محور) (CBF) ، خارج از مرکز (برون محور) (EBF) و مهار بند زانوئی (KBF) تقسیم می شوند.

۳- مهار بندی های هم محور:

معمولترین نوع مهار های هم محور مهار های قطری ، ضربدری ، ۷، ۸ و k می باشند.

یکی از انواع معمول سازه های فولادی در ایران ، قاب ساختمانی ساده با مهار هم محور است که اتصالات مهار ها در این سیستم به صورت مفصلی است . این نوع مهار ها سختی سازه را نسبت به قاب خمشی معادل به شدت افزایش داده و تغییر مکان جانبی سازه را محدود می نمایند. تغییر شکلهای پس از کمانش سبب ایجاد مفصل خمیری در دو انتها و وسط دهانهٔ مهاربندی می شود. میزان اتلاف انرژی در مهاربند با لاغری آن ارتباط مستقیمی دارد. مهار ها با لاغری کم در محدودهٔ پس کمانش می توانند دچار تغییر شکلهای غیر ارتجاعی سیکلی شوند ولی مهار های لاغر چنین رفتای را نشان نمی دهند. هم چنین مهار های لاغر پس از کمانش ، سختی قابل توجهی از خود نشان نمی دهند و در بازگشت بار لرزه ای ، به سرعت مستقیم شده و نیروی محوری کششی را تحمل می نمایند که این افزایش سریع نیرو در مهار بند سبب پدید آمدن بار ضربه ای شده و امکان دارد منجر به شکست ترد اتصال گردد. به همین منظور آئین نامهٔ فولاد ایران (مبحث دهم مقررات ملی ساختمان) لاغری اعضای مهار بندی را به حد اکثر $\frac{6025}{\sqrt{F_Y}}$ محدود می نماید. برای ایجاد تعادل میان مهار های کششی و فشاری ، آئین نامه ها محدودیت هائی را برای توزیع بار جانبی میان آنها بکار می برند . در این میان آئین نامهٔ فولاد ایران مقرر می دارد که نیروی برشی در هر طبقه از مهار بند باید طوری بین عناصر قطری مهاربند توزیع گردد که مجموع مؤلفهٔ افقی نیروی اعضای فشاری و یا مجموع مؤلفهٔ افقی نیروی اعضای کششی هیچکدام از ۷۰ درصد برش کل تجاوز ننماید. بنابراین نمی توان در سازه ها از مهار هائی استفاده نمود که تنها برای نیروی کششی طرح شده اند و توانائی تحمل نیروی فشاری را ندارند.

طبق آئین نامهٔ فولاد ایران، مهار بندی ۷ ،۸ و K باید ضوابط زیر را برآورده نمایند:

الف: مهار بندی ۷ و ۸

(I) اعضای مهار بند باید برای ۱/۵ برابر نیروی زلزله طراحی گردند.

(II) تیر افقی باید در حد فاصل دو ستون به صورت پیوسته باشد.

(III) در مهاربندی های نوع ۸ تیر افقی باید قادر به تحمل نیروهای قائم در حد فاصل دو ستون بدون توجه به وجود مهاربند باشد.

ب: مهاربندی های k

استفاده از مهاربندیهای k ممنوع است مگر در ساختمانهای یک و دو طبقه مجاز دانسته شده در بند مربوط به ساختمانهای منظم تا پنج طبقه و کوهتاهتر از ۱۸ متر که در این صورت باید ضوابط بند الف نیز رعایت گردد.

در مورد مهار های ۷ و ۸ و k آئین نامه لازم می داند که این مهارها برای ۱/۵ برابر نیروی زلزله طرح گردند. اگر یکی از دو عضو یک مهاربند ۸ در فشار کمانش نماید، نیروی مهار کششی افزایش خواهد یافت و بیشتر از مهار فشاری خواهد بود . در این صورت ، مؤلفهٔ قائم این نیروها یکدیگر را خنثی نکرده و باعث تغییر شکل قائم بزرگی در تیر می گردند. تیر در صورتی دچار شکست نمی شود که در محل اتصال به مهار پیوسته باشد. به این خاطر ، آئین نامه مقرر می نمایدکه تیر افقی میان دو ستون پیوسته بوده و دارای وصله ای نباشد. حتی در صورتیکه تیر دچار مشکلی نشود در بازگشت بار لرزه ای عضو کمانش کرده در گام پیشین به خاطر تغییر شکل قائم زیاد گره اتصال دوباره به وضعیت مستقیم قبلی خود باز نمی گردد. به این ترتیب ، عضوی که در رفت بار، کششی بوده است ، در بازگشت بار باید بار بیشتری را در فشار تحمل کند و امکان کمانش همزمان هر دو عضو دستگاه مهاربندی پدید می آید. علت به کار بردن ۱/۵ برابر نیروی زلزله پیشگیری از چنین وضعیتی است .اتصالات مهار ها نیز یکی از مهمترین بخشهای یک سیستم مهار شده است . در واقع شکل پذیری و اتلاف انرژی در این نوع سازه ها بسیار وابسته به عملکرد مناسب اتصالات مزبور می باشد. مطابق آئین نامهٔ ایران ، مقاومت اتصال مهاربند نباید از کمترین دو مقدار زیر کمتر شود:

۱- مقاومت کششی اعضای مهاربند.

۲- Ω_0 برابر نیروی مهار بند حاصل از نیروی زلزلهٔ تنها.

(که Ω_0 مطابق جدول زیر تعیین می شود)

سیستم سازه ای	Ω_0
- سیستم قاب خمشی فولادی	۳/۲
- سیستم دوگانه	۳/۲
- سیستم قاب ساده ساختمانی + مهاربند واگرا	۲/۸
- سیستم قاب ساده ساختمانی + مهاربند همگرا	۲/۴

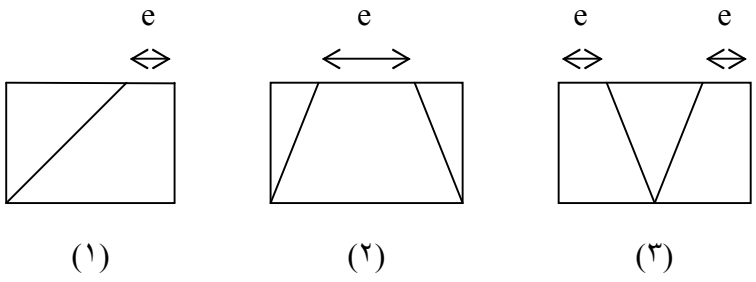
جدول ۱

در ضمن اتصال تیر به ستون در تیر هائی که جزئی از سیستم مهاربند هستند باید دارای ظرفیت لازم برای انتقال نیروی تعیین شده به روش فوق باشد.

٤-مهار برون محور:

سیستم مهار بندی برون محور دو ویژگی سختی مناسب جانبی و جذب انرژی بالا را با یکدیگر ترکیب می کند . هر پانل این دستگاه سازه ای از تیر ، ستونها و یک یا دو مهار تشکیل می شود .

تفاوت سیستم مورد بحث با مهاربندی هم محور در این است که مهار ها به صورت برون محور به تیرها متصل می گردند .(شکل۱)



شکل ۱

برون محوری اتصال مهاربندی سبب پدید آمدن لنگر های خمشی و نیروهای برشی بزرگی در ناحیه تیر نزدیک به مهار می گردد. به این ترتیب ، تنشهای ناحیه ای از تیر وارد محدودهٔ غیر ارتجاعی شده و سبب اتلاف انرژی ناشی از زمین لرزه می شود . این ناحیه از تیر ، پیوند نام دارد.سختی جانبی قاب تابع طول پیوند است و با کم شدن طول پیوند ، سازه سخت تر شده و به قاب با مهاربندی هم محور نزدیکتر می شود . در واقع، هدف در طراحی قابهای با مهار برون محور رفتار غیر ارتجاعی پیوند است ، در حالی که اجزای دیگر سازه رفتار ارتجاعی دارند . آئین نامه ایران ضوابطی برای این سیستم سازه ای ارائه نکرده است . بنابراین در این مقاله بر اساس ضوابط (۱۹۹۷) UBC بحث خواهیم کرد.

رفتار غیر ارتجاعی پیوند تابعی از طول آن است . هر اندازه طول آن کمتر باشد اثر نیروی برشی در محدوده غیر ارتجاعی بیشتر خواهد بود.

از آنجا که وجود سوراخ در جان مانع رفتار غیر ارتجاعی برشی آن می گردد، نباید در طول پیوند، جان تیر سوراخ داشته باشد . افزون بر این ، با توجه به عدم مشارکت مناسب ورق مضاعف در تغییر شکل غیر ارتجاعی جان ، به کار بردن آن در پیوند مجاز نبوده و جان تیر پیوند باید یک قطعه باشد. آشکار است ، به این ترتیب ، استفاده از تیرهای لانه زنبوری حتی با ورق پوشش پیوستهٔ جان به عنوان تیر پیوند ممکن نیست . در دو انتهای پیوند برای انتقال مناسب نیروی برشی میان مهار و پیوند و نیز جلو گیری از کمانش برشی جان لازم است سخت کننده هایی با ارتفاع کامل جان و در دو طرف آن به کار رود.

از آنجا که هدف در سیستم مهاربندی برون محور رخ دادن تغییرشکلهای غیر ارتجاعی تنها در پیوند است، باید اطمینان یافت که دیگر اجزاءوارد محدودهٔ غیر خطی نمی شوند . به این سبب باید اثر اضافه مقاومت احتمالی و سخت شدگی کرنش را وارد نمود.

خاطر نشان می کند ، تیر های متصل به مهار های برون محور دارای نیروی محوری قابل توجهی خواهند بود و نیروی مزبور باید در محاسبات در نظر گرفته شود به این ترتیب ، تیر های مورد بحث باید به صورت تیر ستون طراحی گردند . در هنگامی که پیوند به صورت برشی عمل می نماید، در محاسبهٔ ظرفیتهای محوری و خمشی آن نباید جان پیوند در نظر گرفته شود .

در صورتیکه پیوند در کنار تیر ودر محل اتصال به ستون نباشد، می توان اتصال تیر به ستون را به صورت مفصلی طرح نمود.پیوند های طویل در مجاورت ستونها سبب پدید آمدن کرنشهای غیر ارتجاعی خمشی غیر یکنواخت در انتهای پیوند می گردند که منجر به شکست در کرنشهای کوچک می شود.چنانچه طول تیر پیوند از $\frac{M_P}{V_P} \times 1/6$ کمتر باشد در برش و اگر از این مقدار بیشتر باشد در خمش تسلیم می گردد.

M_P: ظرفیت لنگر پلاستیک مقطع تیر پیوند.

V_P: ظرفیت برش پلاستیک مقطع تیر پیوند.

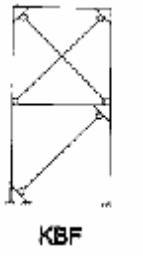
اتصال پیوند و مهار باید برای مقاومت فشاری مهار طرح شده و توانایی انتقال این نیرو را به جان پیوند داشته باشد . اتصال مزبور نباید وارد محدودهٔ جان پیوند شود.

در عمل برای طراحی یک سیستم مهاربندی برون محور طول پیوند انتخاب شده و بر اساس آن مقطع پیوند طرح می گردد. سپس مهارها، ستونهاو اجزای دیگر سازه طراحی می شود.

اتصالات قاب (بالاخص در دهانهٔ مهاربندی شده و نزدیک به آن) اغلب به صورت صلب بوده و اتصال مهاربند به تیر به صورت ساده می باشد . اتصال مهاربند به تیر بهتر است به صورت جوشی بوده و در صورت استفاده از اتصالات پیچی ، جهت جلو گیری از لغزش که بر رفتار هیسترزیس قاب اثر منفی دارد مناسبتر است که از پیچ های اصطکاکی استفاده گردد.

۵- مهاربند زانوئی: این نوع مهاربندها از دو عضو قطری (یا مهاربند) و زانوئی تشکیل شده است (شکل۲) . اتصال مهاربند به صورت ساده و اتصال زانو صلب می باشد. سیستم مهاربند زانوئی روشی کاملاً جدید است. این سیستم مهاربندی هنوز وارد آیین نامه ها نگردیده ، اما با توجه به سختی ، مقاومت ، شکل پذیری بالا و سایر ویژگیهای بسیار مناسب آن، پیش بینی می شود که بزودی به عنوان سیستمی مناسب در مقابله با نیروهای جانبی ، در طراحی ها مد نظر قرار گیرد.در این سیستم سختی از طریق عضو قطری و شکل پذیری از طریق تسلیم خمشی عضو زانوئی تأمین می شود . رفتار غیر خطی مناسب این سیستم به رفتار زانوئی بستگی دارد، که به صورت فیوز در هنگام زلزله شدید عمل می کند و انرژی را از طریق لهیدگی خمشی عضو زانوئی مستهلک می کند.

طراحی عضو زانوئی دارای اهمیت خاصی است و مقطع آن می بایست بارعایت ضوابط مقاطع پلاستیک طراحی شود.



شکل ۲

در سیستم (KBF) عضو زانوئی در حقیقت نقش تیر پیوند در سیستم (EBF) را بازی می کند و بسته به طول و مشخصات مقطع در برش و یا خمش تسلیم می گردد به طوری که هریک از قسمت های زانو که طرفین مهاربند قرار گرفته است می بایست روابط طول تیر پیوند در سیستم (EBF) را ارضا نماید. توصیه بر این است که در حالت سیستم با تسلیم خمشی زانو از مقاطع قوطی شکل استفاده گردد تا از کمانش جانبی پیچشی زانو جلو گیری گردد. در روش (KBF) صلب و یا ساده بودن اتصال تأثیر چندانی بر رفتار قاب ندارد.

در این سیستم نیز مهاربند ها می بایست برای ۱/۵ برابر بار طراحی ، طرح گردند و با در نظر گیری ویژگیهایی درانتخاب مقطع زانو ، به گونه ای عمل نمود که اولین تسلیم ها در زانوها ایجاد گردیده و تیرها، ستونها و مهاربندها در حالت الاستیک و بدون کمانش باقی بمانند. بدین ترتیب در زلزله های شدید تعداد تسلیم ها در تیرها ، ستونها، مهاربند ها و همچنین کمانش مهاربند ها ، نسبت به سیستم مهاربندی هم مرکز ، به شدت کاهش می یابد. قابهای (KBF) شکل پذیری بسیار بالایی دارند . این شکل پذیری بالا سبب افزایش ضریب رفتار (R) گردیده و نتیجتاً نیروی برش طراحی کاهش می یابد. از آنجایی که زانوها جزء اعضاء اصلی باربر قائم نیستند (بر خلاف سیستم EBF که تیر پیوند قسمتی از تیر اصلی می باشد) ، ترمیم این قابها پس از زلزله های شدید ارزانتر و سریعتر صورت می پذیرد.

٦-نتیجه گیری:

نتیجه ای که از مقایسه قابها با این سه نوع مهاربند می توان گرفت به طور خلاصه عبارت است از :

۱-سختی جانبی ارتجاعی قابهای KBF بیشتر از سختی جانبی قابهای EBF مشابه و کمتر از قابهای CBF مشابه است. لذا قابهای KBF از لحاظ سختی جانبی رفتار مناسبتری نسبت به قابهای EBF دارند.

۲-تغییر مکان جانبی قابهای با مهاربندی KBF کمتر از قابهای EBF و بیشتر از قابهای CBF است. بنابراین قابهای KBF تحت تأثیر زلزله از لحاظ تغییر مکان جانبی از مدلهای EBF مشابه رفتار مناسبتری دار ند.

۳-قابهای KBF از لحاظ کنترل تغییر مکان قائم (افت) طبقه از مدلهای EBF مشابه بهتر عمل می کنند.تیرهای کف در قابهای EBF به علت تشکیل فیوز شکل پذیر بر روی آنها ، پس از تسلیم افت شدیدی دارند، در نتیجه خسارات و آسیب دیدگی های شدیدی بر کف های ساختمانی وارد خواهند ساخت . لذا از این نظر قابهای KBF بر قابهای EBF مشابه برتری دارند.

۴- ترتیب تشکیل مفاصل پلاستیک در قابهای مورد مطالعه به صورت زیر است:

قابهای KBF: زانوئی – تیر- ستون

قابهای EBF : تیر- ستون

قابهای CBF: بادبند- ستون- تیر

لذا از لحاظ تشکیل و گسترش مفاصل پلاستیک و نوع مکانیزم ، قابهای KBF تحت تأثیر زلزله بهتر عمل میکنند.

۵-شکل پذیری قابهای KBF از شکل پذیری قابهای EBF مشابه بیشتر است . شکل پذیری قابهای KBFبا زانویی کوتاه بیشتر از قابهای با زانویی بلند است.

۶-نکته آخر اینکه استفاده از سیستم های مهاربندی مؤثرتر(EBF وKBF) می تواند عملکرد قاب تقویت شده را به صورت مناسبتری بهبود بخشد.

۷- مراجع:

۱-طاحونی،شاپور،"طراحی سازه های فولادی " ،انتشارات علم و ادب،چاپ هشتم،بهار۱۳۸۴.

۲-مؤیدیان،محمد ،"طرح لرزه ای سازه ها".

۳- مبحث دهم مقررات ملی ساختمان: طرح و اجرای ساختمان های فولادی،چاپ دوم،خرداد۱۳۸۵.

۴-عالمی،فرامرز و حاجی کاظمی،حسن،" بررسی مقایسه ای رفتار مهاربندها در سازه های فولادی"،برگرفته از آدرس اینترنتی www.abase.irandoc.ac.ir.

۵-دانشجو،فرهاد و عسگری،جلیل،"رفتار غیرخطی قابهای با سیستم مهاربند زانوئی تحت تأثیر زلزله"، برگرفته از آدرس اینترنتی www.abase.irandoc.ac.ir.