راهکارهای تقویت سیستم های مهاربندی در سازه های نامقاوم موجود

محمد فروغی، استادیار دانشگاه یزد

حسام ورعی، دانشجوی کارشناسی ارشد سازه دانشگاه یزد

تلفن: ۸۲۱۲۲۳۱-۰۳۵۱، نمابر: ۸۲۱۲۲۳۰-۰۳۵۱، پست الکترونیکی: foroughi_mohammad@yahoo.com

تلفن: ۳۶۲۱-۳۵۱-۰۹۱۳، پست الکترونیکی: Varaee.hesam@gmail.com

چکیده:

در حال حاضر ساختمان های زیادی با سازه های فولادی در کشور موجود است که سیستم های مهاربندی آنها به دلایل مختلف، از جمله به دلیل محاسبه سازه بر اساس آئین نامه های قدیمی ضعیف بوده، نیاز به تقویت دارند. تعویض اعضای مهاربندی موجود که تحت تنش هستند، دارای مشکلات عدیده ای است و خطراتی را در بر دارد. عملیات برشکاری و جوش کاری مجدد نیز منجر به ایجاد تنش های پس ماند بیشتر و مشکلات عدیده دیگری در مواضع اتصال سیستم مهاربندی موجود به قاب ها می شود. بنابراین راه حل منطقی تر، سعی در تقویت وضعیت موجود اعضای مهاربندی با افزودن عناصر جدید به مقاطع عناصر قبلی است. این گزینه محدودیت هایی را برای انتخاب جزئیات جدید ایجاد می نماید، چه، مقاطع ترکیبی جدید بایستی علاوه بر توان مقابله با نیروهای وارده و ارضاء حداقل ضوابط آئین نامه ای، از دیدگاه اجرایی نیز مقبول باشند. علاوه بر این با بالا رفتن توان باربری عناصر تقویت شده، اتصالات آنها نیز بایستی مورد تجدید نظر قرار گیرند. این مقاله در نظر دارد گزینه هایی از طرح تقویت مهاربندهای موجود را که در یک طرح پژوهشی مورد مطالعه قرار گرفته اند، ارائه نماید.

کلمات کلیدی: *مهاربند، مقطع تقویتی، سیستم مهاربندی، اعضای مهاربندی*

۱ – مقدمه:

عناصر مهاربندی، یکی از مهمترین و پرکاربردترین سیستم های مقاوم جانبی در سازه های فولادی می باشند. از این رو، ضعف آنها در سازه موجود، می تواند خسارات جبران ناپذیری را به خصوص در هنگام وقوع زلزله به دنبال داشته باشد. لذا رفع نقص و تقویت این عناصر در سازه های موجود از اهمیت بسزایی برخوردار است. اشکالات عمده ای در سیستم های مهاربندی ساختمان های فولادی موجود و در

حال اجرا دیده می شود که از این قبیل می توان به اتصال اعضای مهاربند به صورت خارج از مرکز، نصب ورق اتصال در لبه بال ستون، پیوند ورق های اتصال به تنهایی به تیر یا ستون، ضعف عضو مهاربند و ابعاد ناکافی ورق های اتصال، عدم تقارن سیستم مهاربندی در ساختمان، حذف عناصر مهاربند در طبقه همکف به لحاظ مسائل معماری و غیره اشاره نمود.

این مقاله به معرفی گزینه هایی از طرح تقویت سیستم و اعضای مهاربندی که در طرح مقاوم سازی یک سازه فولادی نسبتا پیچیده و بزرگ مورد بررسی و استفاده قرار گرفته است، می پردازد.

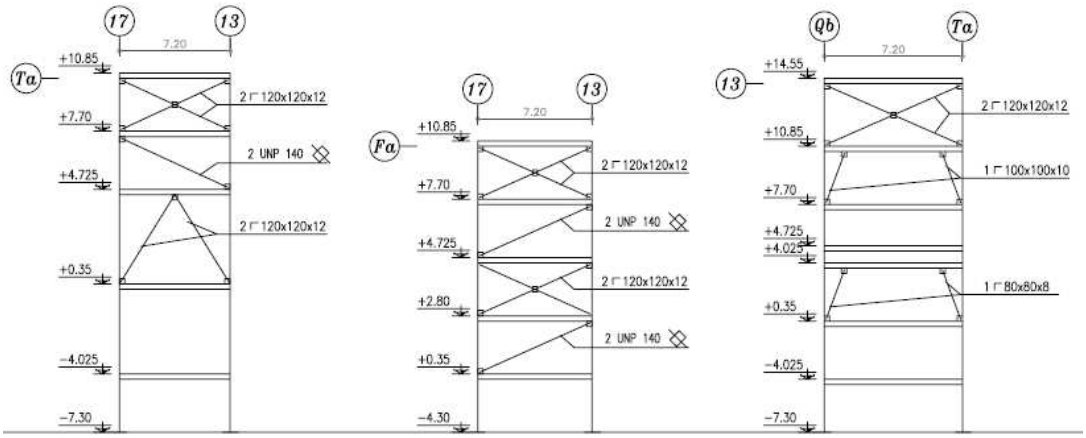
۲ – معرفی طرح:

ساختمان مورد نظر با زیربنای بالغ بر ۱۱۰۰۰ متر مربع دارای اسکلت فولادی و سیستم قاب ساختمانی ساده با مهاربندی در دو راستا است و به طور کلی در پلان و ارتفاع نامنظم می باشد. این ساختمان شامل ۴ بلوک مستقل سازه ای است که توسط درز زلزله از هم جداسازی شده اند. سیستم مهاربندی ساختمان عمدتا از نوع هم محور و دارای مهاربندهای ضربدری می باشد [۱]. بارگذاری این سازه بر اساس ویرایش اول آئین نامه های ۵۱۹ [۲] و ۲۸۰۰ [۳] انجام شده و در طراحی از ویرایش های قدیم آئین نامه های AISC [۴] و ACI [۵] استفاده شده است.

۳ – تقویت سیستم مهاربندی:

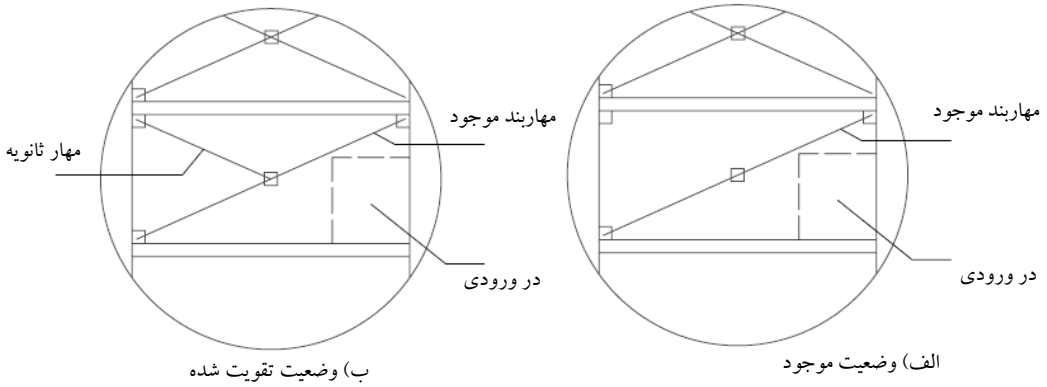
در سازه مورد بحث، عیوب مختلفی در کل سیستم مهاربندی و به طور موضعی در برخی اعضای مهاربندها وجود دارد که سعی شده است در هر مورد با توجه به وضعیت آن و همچنین با عنایت به مسائل اجرایی و معماری راهکارهای مقبول و موثری ارائه گردد [۶].

به منظور رفع عیوب کلی سیستم مهاربند سازه مورد بحث اعم از استفاده نامتقارن از سیستم مهاربندی در کل سازه، جابجایی اعضای مهاربندی در برخی طبقات در دهانه های مهاربندی به لحاظ مسائل معماری و در واقع استفاده از مهاربندها به صورت غیر روی هم، حذف یکی از اعضای مهاربندی در مهاربندهای ضربدری برخی طبقات و استفاده از مهاربند یک طرفه و مسائلی از این دست، همانند آنچه که در شکل (۱) قابل مشاهده است، سعی شده است در درجه اول، با افزودن اعضای مهاربندی اضافی، مشکل نبود مهاربند در برخی دهانه ها در صورت امکان با تغییرات جزئی در معماری طرح تا حدودی حل گردد. همچنین سعی شده است با افزودن دهانه های مهاربندی، مشکل عدم تقارن سیستم مهاربندی سازه و پیچش ناشی از آن تا حدودی مرتفع گردد [۱]. مسلما افزایش دهانه های مهاربندی و تعبیه اجزای باربر جانبی جدید باعث توزیع بیشتر نیروهای جانبی و در نتیجه کاهش نیروهای موجود در مهاربندها می شود.



شکل (۱): *نمونه ای از دهانه های مهاربندی مسئله دار ساختمان مورد بحث*

در مواردی که یکی از اعضای مهاربندی در مهاربندهای ضربدری حذف گردیده است و اصطلاحا مهاربند به صورت یک طرفه اجرا شده است (شکل ۲- الف)، می توان در صورت عدم امکان افزودن عضو به علت ملاحظات معماری، با کاهش طول مهارنشده عضو موجود و تعبیه مهارهای ثانویه به مانند آنچه در شکل (۲- ب) آمده است، علاوه بر افزایش مقاومت اعضای مهاربندی باعث افزایش مقاومت اعضا در برابر کمانش جانبی شد.



شکل (۲): *افزودن مهار ثانویه به مهاربندهای یک طرفه*

٤- تقویت اعضای مهاربندی:

بخش عمده ای از سیستم مهاربند جانبی سازه مورد بحث را مهاربندهای ضربدری تشکیل داده اند. لکن به دلایل ضعف طراحی و اجرا و همچنین افزایش نیروهای زلزله و طراحی به دلیل تغییرات آئین نامه، موارد بسیاری از این مهاربندها دارای ضعف بوده و لزوم تقویت آنها محرز است. اشکالات عدیده ای در این مهاربندها وجود دارد که به منظور رفع هر کدام از آنها، با توجه به مسائل اجرایی و اقتصادی

راهکارهایی مطرح می شود. در این بحث سعی می شود منطقی ترین و کاربردی ترین این راهکارها ارائه گردد.

استفاده از پروفیل های I شکل به جای برخی مقاطع مهاربندی داده شده در نقشه ها (معمولا زوج ناودانی یا زوج نبشی)، با عنایت به این مطلب که این مقاطع اغلب حتی جوابگوی حداکثر لاغری مورد قبول آئین نامه [۳] برای اعضای مهاربندی نیز نیستند، از دیگر مشکلات ساختمان مورد بحث می باشد. به علاوه عدم اتصال دو نیمرخ در فواصل مناسب در مقاطع زوج و در طول عضو مهاربند بر مشکلات این ساختمان می افزایند.

در مجموع در ساختمان حاضر به دلایل گوناگون، تعداد زیادی از اعضای مهاربندی به کار رفته دارای ضعف کمانشی و مقاومتی می باشند.

به منظور تقویت اعضای مهاربند راهکارهای مختلفی وجود دارد که از آن جمله به موارد زیر اشاره می شود:

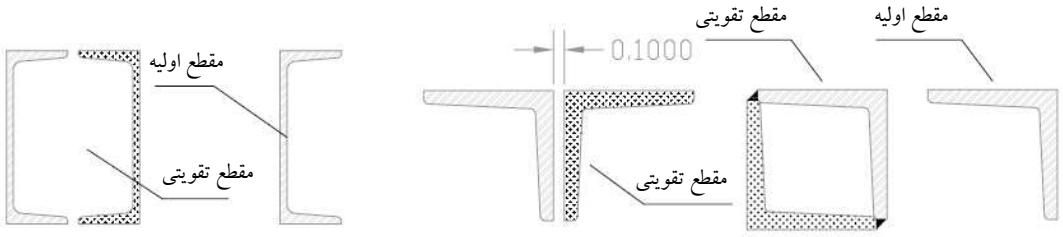
- تقویت اعضای مهاربندی با ورق های تقویتی یا پروفیل های فولادی استاندارد که منجر به افزایش سطح مقطع و شعاع ژیراسیون می شود.
- حذف اعضای مهاربند موجود و جایگزین کردن آنها با اعضای قوی تر.
- تعبیه سیستم های باربر جانبی جدید از قبیل دیوار برشی یا مهاربندهای برون محور. که البته ساخت دیوار برشی جدید، به علت ملاحظات معماری و نیاز به ساخت پی جدید، خیلی توصیه نمی شود. در ضمن سختی بیشتر دیوار برشی در مقایسه با مهاربندهای موجود، می تواند عملا باعث بی اثر شدن مهاربندها و تغییر جدی در سیستم توزیع نیروی جانبی گردد.

حذف اعضای مهاربند موجود و جایگزین کردن آنها با اعضای قوی تر نیز با توجه به اینکه این اعضا اغلب تحت بار مرده قابل توجه و تنش زیادی می باشند، دارای مشکلات عدیده ای است و خطراتی را در بر دارد. عملیات برشکاری و جوش مجدد نیز منجر به ایجاد تنش های پس ماند بیشتر و مشکلات عدیده دیگر در مواضع اتصال سیستم مهاربندی موجود به قاب ها می شود. بنابراین حتی الامکان سعی در عدم استفاده از این گزینه است. با این وجود در مواردی ناگزیر از تعویض اعضای مهاربندی می باشیم.

با توجه به موارد ذکر شده، استفاده از گزینه تقویت اعضای مهاربندی با ورق های تقویتی یا پروفیل های فولادی استاندارد، منطقی ترین راهکار به نظر می آید [۶]. بدین منظور ترکیب های مختلفی از مقاطع موجود با ورق ها و پروفیل های فولادی استاندارد مورد بررسی قرار گرفت و از این میان با توجه به مسائل اجرایی به خصوص در نواحی اتصال و تلاقی اعضای مهاربندی دیتایل های مناسب انتخاب و در ادامه ارائه خواهند شد.

٤-١- تقویت مقاطع تک:

به منظور تقویت مقاطع مهاربندی با پروفیل های تک (ناودانی یا نبشی)، در وهله اول تبدیل آنها به مقاطع زوج با استفاده از مقاطعی هم نمره و یا با نمره پایین تر نسبت به مقطع اولیه می تواند مفید واقع شود. بدین منظور به طور مثال، تبدیل مقطع تک نبشی به زوج نبشی به شکل سپری و خصوصا قوطی و همچنین تبدیل مقطع تک ناودانی به زوج ناودانی به صورت قوطی به مانند آنچه در شکل (۳) ملاحظه می شود، پیشنهاد می شود.



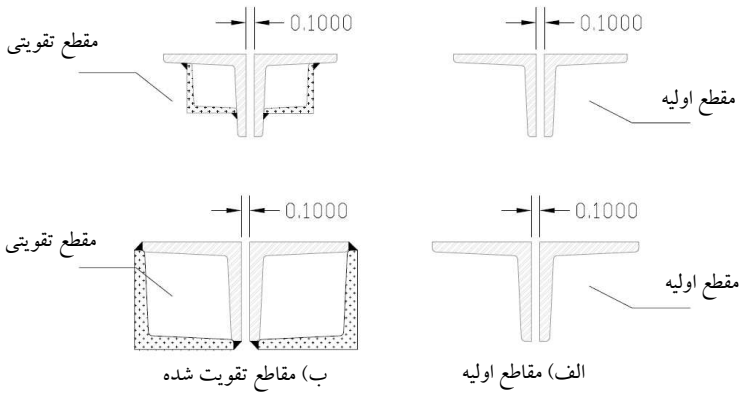
الف) تقویت مقاطع تک نبشی به شکل قوطی و سپری

ب) تقویت مقاطع تک ناودانی به شکل قوطی

شکل (۳): *تقویت مقاطع تک با افزودن مقطع مشابه*

٤-٢- تقویت مقاطع زوج نبشی:

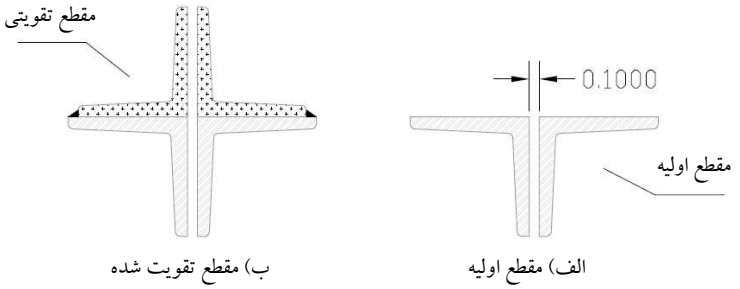
در مورد تقویت مقاطع زوج نبشی به شکل سپری (شکل ۴- الف)، یک راهکار تقویتی افزودن نبشی هایی با نمره کمتر نسبت به پروفیل های مقطع اولیه است(شکل ۴- ب). در این موارد به منظور تامین مقاومت بیشترمی توان نمره مقاطع افزوده شده را تا نمره مقاطع اولیه افزایش داد. با توجه به اینکه مقاطع به کار رفته در ساختمان مورد بحث در مواردی به دلیل طول زیاد اعضا دارای ضعف کمانشی می باشند، تقویت این مقاطع به شیوه ذکر شده می تواند به مقدار قابل توجهی باعث افزایش شعاع ژیراسیون کل مقطع مهاربندی و در نتیجه افزایش مقاومت کمانشی مقاطع گردد [۶]. از این رو استفاده از مقاطع تقویتی به مانند آنچه در شکل (۵) آمده است، اگر چه ممکن است از لحاظ اجرایی آسان تر باشد اما پاسخگوی نیاز ما نخواهند بود.



ب) مقاطع تقویت شده

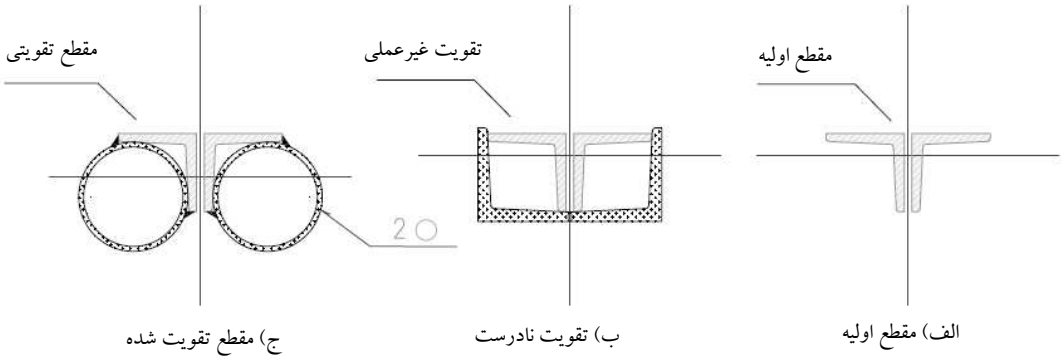
الف) مقاطع اولیه

شکل (٤): *تقویت مقاطع زوج نبشی با افزودن زوج نبشی*



شکل (۵): *تقویت مقاطع زوج نبشی به صورت پشت به پشت*

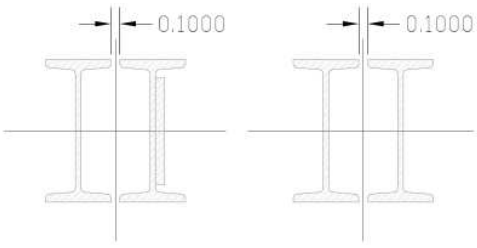
اما استفاده از پروفیل های نبشی با نمره بالاتر به علت برخورد با ورق های اتصال عملی نیست (شکل۶- ب). بنابراین در مواردی که تقویت عضو به صورت فوق جوابگوی نیازها نباشد، پیشنهاد می شود با افزودن پروفیل های لوله ای استاندارد به زوج نبشی به مانند آنچه در شکل (۶- ج) آمده است، مقطع را تقویت نمود.



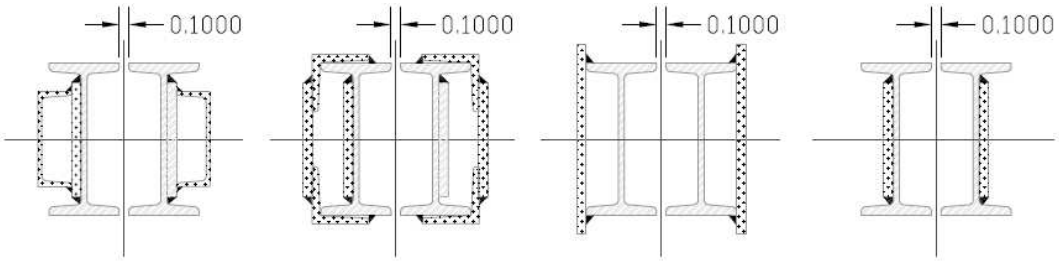
شکل (٦): *تقویت مقاطع زوج نبشی با استفاده از پروفیل لوله ای*

٤-۳- تقویت مقاطع زوج IPE :

در بسیاری مقاطع زوج IPE به کار رفته در سازه مورد بحث نیاز به تقویت کمانشی و در پاره ای موارد نیاز به تقویت مقاومت فشاری محرز گردید. بدین سبب با مد نظر قرار دادن محدودیت های اجرایی مقاطعی به مانند آنچه در شکل (۸) قابل مشاهده است، پیشنهاد می گردند.



شکل (۷): *مقطع اولیه مهاربندهای زوج IPE*



شکل (۸): انواع *مقطع تقویتی مهاربندهای زوج IPE*

۵- تقویت اتصال مهاربند:

برای اطمینان از عملکرد مناسب مهاربند در زلزله، اتصال مهاربند باید دارای مقاومت کافی باشد. در صورتی که صفحات مهاربندی مقاومت کافی داشته باشند، اقتصادی ترین روش، افزایش مقاومت اتصال با افزودن طول جوش خواهد بود. اما در صورت ضعف صفحات مهاربندی، باید آنها را به گونه ای تعویض و یا تقویت کرد. بحث تقویت اتصالات مهاربندها و نیز سایر اتصالات سازه، مقوله ای جداگانه است که در این مقال نمی گنجد.

٦ – جمع بندی و نتیجه گیری:

- در یک سازه ساخته شده، حذف اعضای مهاربند موجود و جایگزین کردن آنها با اعضای قوی تر، با توجه به اینکه این اعضا اغلب تحت بار مرده قابل توجه و تنش زیادی می باشند، دارای مشکلات عدیده ای است و خطراتی را در بر دارد.
- تقویت اعضای مهاربندی با ورق های تقویتی یا پروفیل های فولادی استاندارد، گزینه ای منطقی تر برای تقویت سیستم بادبندی در یک سازه موجود است.
- در طرح تقویت مهاربندهای سازه های فولادی بایستی به مسائل اجرایی و خصوصا نحوه تلاقی اعضای مهاربند در نواحی اتصال توجه نمود.
- اصلاح سیستم مهاربندهای غیر رویهم در سازه مورد مطالعه، گزینه ای کاملا موثر تشخیص داده شد.
- در سازه مورد مطالعه تقویت عموم مهاربندهای موجود خصوصا به دلیل تغییر در ضوابط آیین نامه ای، ضروری تشخیص داده شد.
- گزینه های انتخابی برای تقویت مهاربندها در سازه مورد مطالعه،گزینه های مطلوب هستند.

۷- مراجع:

۱. فروغی، محمد، بررسی راهکارهای مقاوم سازی مرکز فرهنگی – هنری دانشگاه یزد (طرح پژوهشی)، دانشگاه یزد، ۱۳۸۶.

۲. آیین نامه ۵۱۹ (ویرایش اول)، کمیسیون استاندارد حداقل بار وارد بر ساختمان ها و ابنیه فنی.

۳. آیین نامه طراحی ساختمان ها در برابر زلزله، استاندارد ۲۸۰۰، ۱۳۶۶.

۴. آیین نامه فولاد آمریکا AISC.

۵. آیین نامه بتن آمریکا ACI.

۶. فروغی، محمد، بررسی راهکارهای مقاوم سازی مرکز فرهنگی – هنری دانشگاه یزد (طرح پژوهشی)، گزارش های طرح تقویت بلوک های چپ، راست، میانی و سالن، دانشگاه یزد، ۱۳۸۶.