

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



دانشکده فنی و مهندسی

بخش عمران

پایان نامه تحصیلی برای دریافت درجه کارشناسی ارشد رشته عمران گرایش سازه

ارزیابی ضریب رفتار مهاربندهای کمانش ناپذیر واگرا

استاد راهنما :

دکتر حسین ابراهیمی فرسنگی

استاد مشاور :

دکتر سعید شجاعی باغینی

مؤلف :

عباداله کاوسی

بهمن ماه ۱۳۹۰



این پایان نامه به عنوان یکی از شرایط درجه کارشناسی ارشد به

بخش عمران

دانشکده فنی و مهندسی

دانشگاه شهید باهنر کرمان

تسلیم شده است و هیچگونه مدرکی به عنوان فراغت از تحصیل دوره مزبور شناخته نمی شود.

دانشجو: عباداله کاوسی

استاد راهنما: دکتر حسین ابرهیمی فرسنگی

استاد مشاور: دکتر سعید شجاعی باغینی

دور ۱:

دور ۲:

معاونت پژوهشی و تحصیلات تکمیلی دانشکده:

حق چاپ محفوظ و مخصوص به دانشگاه شهید باهنر کرمان است.

تشکر و قدردانی :

سپاس آن دهنده‌ی بی منت، که حضورش را در لحظه لحظه از زندگی‌م جاری می‌بینم و هر آن، به من می‌گوید نگران نباش، من هستم. برخود واجب می‌بینم از استاد ارجمندم جناب آقای دکتر ابراهیمی کمال تشکر و قدردانی را به عمل آورم که با صبر تمام نشدنی خود و رهنمودهای ارزشمندشان، مرا در به سرانجام رساندن این پایان‌نامه یاری رساندند. از پدر و مادرم و پدر و مادر همسرم که همواره مشوقم بودند و برای موفقیت من مرارت‌ها کشیدند و از همسرم، سرکار خانم مهندس حسینی‌فرد که پای به پای من ایستاد و مرای یاری رساند کمال تشکر و قدردانی را به عمل می‌آورم. از خواهران و برادرانم که همواره تکیه‌گاه من بودند سپاسگزارم. همچنین از تمام کسانی که حتی به قدر یک لحظه یا یک کلمه به من آموختند سپاسگزارم.

تقدیم به :

پدر و مادرم که صبوری‌ها کردند تا پرواز را به من بیاموزند، آنان که وجودشان تجلی عطوفت و مهربانی خداوند است و بر خود واجب می‌دانم دست و پایشان را بوسه‌باران کنم.

همسرم و پدر و مادر گرامیش، که همواره مشوقم بودند، و خدا به وسیله‌ی آنها به من گفت: بیش از حد تصور دوستت دارم و اگر چنین نبود بهترین‌ها را به تو عطا نمی‌کردم.

دوست عزیزم جناب آقای دکتر محمدعلی رمضانپور، که آنگاه که افتادم دوباره ایستادن را به من آموخت. به من آموخت که در زندگی مهم نیست چقدر فرصت داریم، مهم این است که از همه‌ی فرصتی که داریم به بهترین نحو استفاده کنیم.

تقدیم به استاد فقیدم مهندس سید نجیم رضوی که امیدوارم روحش قرین رحمت حق تعالی باشد.

چکیده:

آزمایش‌های انجام شده نشان داده است که تیر پیوند متصل به ستون تمایل به گسیختگی در بال را قبل از تحمل دوران‌های قابل توجه از خود نشان می‌دهد. این پایان‌نامه ضمن بررسی روش‌های بهبود عملکرد اتصالات تیر پیوند به ستون، یک سیستم مهاربندی شده‌ی شکل‌پذیر جدید، که توسط پرینز^۱ و برای تطابق با معماری ارائه شده است، را مورد مطالعه قرار می‌دهد. سیستم جدید، از وصله‌ی شکل‌پذیر تیرها و مهاربندهای کمانش‌ناپذیر با پیکربندی واگرا بهره می‌گیرد تا ضمن تطابق با نیازهای معماری، مشکل اتصالات تیر پیوند به ستون را نیز حل کند. مقایسه‌ی تغییر مکان‌های پسماند طبقات نیز نشان می‌دهد که سیستم جدید، جایگزینی مناسب و اقتصادی، برای سیستم‌های واگرا می‌باشد و با انتقال آسیب‌ها به درون مهاربند، تعمیرات را آسانتر و اقتصادی‌تر می‌سازد. همچنین با توجه به انجام بسیاری از جوشکاری‌های اعضای سیستم‌های کمانش‌ناپذیر واگرا درون کارگاه جوشکاری هزینه‌های جوشکاری کاهش می‌یابد. آیین‌نامه‌های طراحی با در نظر گرفتن این واقعیت که سازه دارای مقدار قابل توجهی اضافه‌مقاومت و ظرفیت اتلاف انرژی (شکل‌پذیری) ذخیره می‌باشد، بارهای طراحی را کاهش می‌دهند که این کاهش از طریق ضریب کاهش نیرو یا ضریب رفتار در طراحی اعمال می‌گردد. در پایان این ضریب رفتار برای سیستم‌های جدید با تحلیل پوش آور محاسبه شده است.

کلید واژه: قاب مهاربندی شده‌ی واگرا، قاب مهاربندی شده‌ی کمانش‌ناپذیر واگرا، ضریب

رفتار، قاب مهاربندی شده‌ی شکل‌پذیر فولادی

^۱-Gary S. Prinz

فهرست مطالب:

فصل اول: کلیات

- ۱-۱ کلیات..... ۲
- ۲-۱ یک دیدگاه کلی درباره‌ی سیستم‌های قاب مهاربندی شده‌ی شکل پذیر..... ۲
- ۱-۲-۱ قاب‌های مهاربندی شده‌ی واگرا (EBF)..... ۲
- ۲-۲-۱ قاب‌های مهاربندی شده‌ی کمانش‌ناپذیر..... ۴
- ۳-۱ شکل پذیری در مهاربندی‌های واگرا و کمانش‌ناپذیر..... ۶
- ۱-۳-۱ اتصالات تیرپیوند به ستون در مهاربندی‌های واگرا..... ۶
- ۲-۳-۱ اتصالات پشت‌بندها در مهاربندی‌های کمانش‌ناپذیر..... ۷
- ۴-۱ وصله‌های شکل پذیر تیرها..... ۸
- ۵-۱ اهداف تحقیق..... ۱۰
- ۶-۱ سازماندهی پایان‌نامه..... ۱۰

فصل دوم: بررسی تحلیلی تیر پیوند کوتاه با مقطع جان و بال کاهش یافته

- ۱-۲ مقدمه..... ۱۳
- ۲-۲ مدل‌سازی به روش اجزا محدود..... ۱۷
- ۱-۲-۲ هندسه..... ۱۷
- ۲-۲-۲ المان‌ها..... ۱۸
- ۳-۲ صحت مدل کنترل..... ۱۹

- ۴-۲ مدل‌هایی برای بررسی مقاطع با جان کاهش یافته..... ۱۹
- ۵-۲ بررسی مقاطع با بال کاهش یافته..... ۲۰
- ۶-۲ پروتکل بارگذاری چرخه‌ای..... ۲۱
- ۷-۲ اصلاح مش‌بندی..... ۲۲
- ۸-۲ نتایج..... ۲۴
- ۱-۸-۲ صحت‌سنجی مدل کنترلی..... ۲۴
- ۲-۸-۲ مدل‌هایی با جان کاهش یافته..... ۲۵
- ۱-۲-۸-۲ اثر حذف جان روی عملکرد تیرپیوند..... ۲۵
- ۲-۲-۸-۲ اثر اندازه سوراخ‌ها بر روی مقدار γ_1 ۲۹
- ۳-۲-۸-۲ اثر فاصله سوراخ‌ها بر روی تمرکز کرنش و مقدار γ_1 ۲۹
- ۴-۲-۸-۲ مقدار دوران مورد انتظار برای تیر پیوند در آزمایش تجربی..... ۲۹
- ۳-۸-۲ مدل‌هایی با مقاطع بال کاهش یافته..... ۳۱
- ۱-۳-۸-۲ اثر حذف بال روی عملکرد تیر پیوند..... ۳۱
- ۲-۳-۸-۲ اثر محل و طول کاهش بال بر مقدار γ_1 ۳۳
- ۳-۳-۸-۲ بحث درباره‌ی یافته‌های برمن..... ۳۴
- ۹-۲ خلاصه و نتیجه‌گیری..... ۳۶

فصل ۳: ملاحظات و عملکرد لرزه‌ای قاب مهاربندی شده‌ی کمانش‌ناپذیر واگرا

- ۱-۳ مقدمه..... ۳۸

۴۰	۲-۳ ملاحظات طراحی.....
۴۱	۱-۲-۳ نیروهای اعضای شکل پذیر.....
۴۱	۱-۱-۲-۳ نیروی مهاربند در BRBF-E با اتصال تیر پیوند به ستون.....
۴۲	۲-۱-۲-۳ نیروی مهاربند در BRBF-E با تیر پیوند میان دهانه.....
۴۲	۲-۲-۳ طراحی تیر و تیر پیوند.....
۴۵	۳-۲-۳ طراحی ستون‌های BRBF-E.....
۴۶	۳-۳ مقایسه بین عملکرد EBF و BRBF-E.....
۵۱	۴-۳ مدل‌سازی رایانه‌ای.....
۵۱	۱-۴-۳ روش‌های مدل‌سازی.....
۵۳	۲-۴-۳ تحلیل.....
۵۶	۳-۴-۳ نتایج پوش‌آور استاتیکی و مودال.....
۵۹	۵-۳ نتایج آنالیز دینامیکی غیرخطی.....
۵۹	۱-۵-۳ جابجایی‌های نسبی حداکثر و پسماند طبقه.....
۶۹	۶-۳ مقایسه وزن EBF و BRBF-E.....
۷۱	۷-۳ خلاصه‌ی مقایسه‌ی عملکرد.....
۷۲	۸-۳ مثال‌های طراحی.....
۷۳	۱-۸-۳ مراحل طراحی BRBF-E.....
۷۴	۲-۸-۳ توصیف نمونه‌های آزمایشی ساختمان.....

۷۶.....	۳-۸-۳ طرح‌های EBF و BRBF-E
۷۸.....	۴-۸-۳ مدل سازی و تحلیل
۷۸.....	۵-۸-۳ نتایج تحلیل مکانیکی
۷۹.....	۱-۵-۸-۳ حداکثر جابجایی نسبی بین طبقات
۸۰.....	۶-۸-۳ مقایسه‌ی وزن
۸۱.....	۹-۳ خلاصه و نتیجه
۸۳.....	فصل ۴: محاسبه‌ی ضریب رفتار مهاربندهای واگرای کمانش ناپذیر
۸۴.....	۱-۴ مقدمه
۸۴.....	۲-۴ ضریب رفتار
۸۷.....	۳-۴ طراحی سازه‌های مدل
۸۷.....	۴-۴ مدل‌سازی سازه در نرم افزار OpenSees
۸۷.....	۵-۴ ضریب رفتار
۸۷.....	۱-۵-۴ ضریب اضافه مقاومت RS
۸۸.....	۱-۱-۵-۴ محاسبه‌ی V_e
۸۸.....	۲-۱-۵-۴ محاسبه‌ی V_s
۸۸.....	۳-۱-۵-۴ محاسبه‌ی V_y
۹۰.....	۶-۴ معیار گسیختگی
۹۰.....	۱-۶-۴ جابجایی نسبی بین کف‌ها

- ۹۰.....۲-۶-۴ تشکیل مکانیزم گسیختگی و ناپایداری قاب
- ۹۰.....۷-۴ ضریب تجربی اصلاح پاسخ
- ۹۲.....۸-۴ ضریب رفتار لرزه‌ای نهایی
- ۹۲.....۹-۴ اثر تعداد طبقات روی ضریب رفتار
- ۹۳.....۱۰-۴ نتیجه
- ۹۴.....۱۱-۴ پیشنهادها
- ۹۴.....مراجع

فهرست جداول

فصل دوم: بررسی تحلیلی تیر پیوند کوتاه با مقطع جان و بال کاهش یافته

- جدول ۱-۲: توصیف مدل‌های RWS (گروه ۱) تیر پیوند و خلاصه‌ی نتایج..... ۲۸
- جدول ۲-۲: توصیف مدل‌های RWS (گروه ۲) تیر پیوند و خلاصه‌ی نتایج..... ۳۰
- جدول ۳-۲: توصیف مدل‌های RWS (گروه ۳) تیر پیوند و خلاصه‌ی نتایج..... ۳۱
- جدول ۴-۲: توصیف مدل‌های RFS (گروه ۱) تیر پیوند و خلاصه‌ی نتایج..... ۳۲
- جدول ۵-۲: توصیف مدل‌های RFS (گروه ۲) تیر پیوند و خلاصه‌ی نتایج..... ۳۳
- جدول ۶-۲: توصیف مدل‌های RFS (گروه ۳) تیر پیوند و خلاصه‌ی نتایج..... ۳۴

فصل ۳: ملاحظات و عملکرد لرزه‌ای قاب مهاربندی شده‌ی کمانش ناپذیر واگرا

- جدول ۱-۳: اندازه‌ی اعضای قاب ۳ طبقه‌ی واگرای معمولی..... ۴۸
- جدول ۲-۳: اندازه‌ی اعضای قاب ۶ طبقه‌ی واگرای معمولی..... ۴۸
- جدول ۳-۳: اندازه‌ی اعضای قاب ۹ طبقه‌ی واگرای معمولی..... ۴۹
- جدول ۴-۳: اندازه‌ی اعضای قاب ۳ طبقه‌ی مهاربندی شده‌ی واگرای کمانش ناپذیر..... ۵۰
- جدول ۵-۳: اندازه‌ی اعضای قاب ۶ طبقه‌ی مهاربندی شده‌ی واگرای کمانش ناپذیر..... ۵۰
- جدول ۶-۳: اندازه‌ی اعضای قاب ۹ طبقه‌ی مهاربندی شده‌ی واگرای کمانش ناپذیر..... ۵۱
- جدول ۷-۳: ضرایب مقیاس زلزله‌ی قاب‌های واگرای معمولی با دهانه‌ی به عرض 30ft..... ۵۴
- جدول ۸-۳: ضرایب مقیاس زلزله‌ی قاب‌های واگرای کمانش ناپذیر با دهانه‌ی به عرض 30ft..... ۵۴
- جدول ۹-۳: ضرایب مقیاس زلزله‌ی قاب‌های واگرای معمولی با دهانه‌ی به عرض 20ft..... ۵۵

جدول ۳-۱۰: ضرایب مقیاس زلزله‌ی قابهای واگرای کمانش‌ناپذیر با دهانه‌ی به عرض 20ft..... ۵۵

جدول ۳-۱۱: دوره تناوب اساسی EBF و BRBF-E ۵۸

جدول ۳-۱۲: توزیع نیروی جانبی معادل برای طبقات قاب‌های BRBF-E و EBF [1]..... ۷۶

جدول ۳-۱۳: اندازه‌ی اعضای قاب‌های ۳ طبقه EBF و BRBF-E ۷۷

جدول ۳-۱۴: اندازه‌ی اعضای قاب‌های ۶ طبقه EBF و BRBF-E ۷۷

جدول ۳-۱۵: زلزله‌ها و ضرایب مقیاس‌های مورد استفاده در مثال‌ها..... ۷۸

فصل ۴: محاسبه‌ی ضریب رفتار مهاربندهای واگرای کمانش‌ناپذیر

جدول ۴-۱: ضرایب اصلاح پاسخ سازه..... ۹۲

فهرست اشکال

فصل اول: کلیات

- شکل ۱-۱: قاب مهاربندی شده‌ی واگرا (الف) تیر پیوند میان دهانه (ب) تیر پیوند متصل به ستون... ۳
- شکل ۱-۲: رفتار غیرالاستیک تیر پیوند (الف) با مفصل خمشی در دو انتها (ب) با تسلیم برشی... ۳
- شکل ۱-۳: مقایسه‌ی سیستم‌های همگرا با سیستم‌های واگرا از لحاظ تطابق با نیازهای معماری... ۴
- شکل ۱-۴: اجزای تشکیل دهنده‌ی مهاربندهای مقاوم در برابر کمانش... ۵
- شکل ۱-۵: مقایسه‌ی منحنی‌های هیستریزیس مهاربندهای (الف) کمانش ناپذیر (ب) معمولی... ۵
- شکل ۱-۶: گسیختگی اتصال تیر پیوند به ستون... ۷
- شکل ۱-۷: تیر وصله (الف) مدل آزمایش کوی و همکارانش (ب) مدل فانستوک... ۹
- شکل ۱-۸: مهاربند واگرای متداول، مهاربند واگرا با مهاربند کمانش ناپذیر و وصله‌ی... ۱۰

فصل دوم: بررسی تحلیلی تیر پیوند کوتاه با مقطع جان و بال کاهش یافته

- شکل ۲-۱: قاب مهاربندی شده‌ی واگرا (الف) تیر پیوند میان دهانه (ب) تیر پیوند متصل به ستون... ۱۳
- شکل ۲-۲: (a) ورق دارای سوراخ مدور تحت اثر برش (b) توزیع تنش مماسی در ورق... ۱۵
- شکل ۲-۳: مشارکت بال در مقاومت برشی تیر پیوند... ۱۶
- شکل ۲-۴: توزیع تنش برشی الاستیک در بال تیر پیوند EBF... ۱۶
- شکل ۲-۵: محدودیت‌های تغییر مکان مدل... ۱۸
- شکل ۲-۶: روش مدل‌سازی تیر پیوند کنترل... ۱۸
- شکل ۲-۷: هندسه‌ی مقطع با بال کاهش یافته... ۲۰
- شکل ۲-۸: پروتکل بارگذاری چرخه‌ای (a) AISC2005 (b) AISC2002... ۲۲

- شکل ۲-۹: اندازه‌ی المان‌ها در برابر تغییرات کرنش در مجاورت سوراخ جان..... ۲۳
- شکل ۲-۱۰: نمونه‌ای از مش‌های نواحی اتصال ستون و تیر پیوند..... ۲۳
- شکل ۲-۱۱: نمونه‌ای از مش‌های ناحیه‌ی برش بال..... ۲۴
- شکل ۲-۱۲: برش تیر پیوند در برابر با دوران آن (a) آزمایش [13] (b) مدل ABAQUS..... ۲۵
- شکل ۲-۱۳: کرنش پلاستیک معادل..... ۲۵
- شکل ۲-۱۴: کرنش پلاستیک در جان تیر پیوند با حذف بخشی از جان مدل N3b1 با ۱۵٪ حذف جان و ۰/۰۴ دوران..... ۲۷
- شکل ۲-۱۵: (a) تنش سه محوره (b) کرنش پلاستیک معادل در ۰/۰۵ رادیان در برابر درصد جان حذف شده برای مدل‌های N1b (۰٪) N2b (۱۵٪) و N3b (۳۰٪) از جان حذف شده است..... ۲۷
- شکل ۲-۱۶: (a) کرنش پلاستیک معادل (b) تنش سه محوره در دوران ۰/۰۵ رادیان در برابر درصد جان حذف شده (A0(0%) و A6(70%))..... ۳۲
- شکل ۲-۱۷: شرایط مرزی و کاهش بال اعمال شده برای تیر پیوند در مدل برمن [26]..... ۳۵
- شکل ۲-۱۸: تغییر شکلهای تیر پیوند (a) مدل A6 از مدل‌های گروه ۱ (b) مدل برمن (تغییر شکل مربوط به دوران ۰/۰۹ رادیان [1])..... ۳۶

فصل ۳: ملاحظات و عملکرد لرزه‌ای قاب مهاربندی شده‌ی کمانش‌ناپذیر واگرا

- شکل ۳-۱: قاب مهاربندی شده‌ی اولیه و تغییر شکل یافته‌ی (الف) و (ب) و واگرای معمولی (ج) و (د) و واگرای کمانش‌ناپذیر..... ۴۰
- شکل ۳-۲: (الف) نمودار جسم آزاد مهاربند کمانش‌ناپذیر (ب) قاب مهاربندی شده‌ی کمانش‌ناپذیر با بار جانبی V..... ۴۱

- شکل ۳-۳: الف) نمودار جسم آزاد مهاربند کمانش ناپذیر (ب) قاب مهاربندی شده‌ی کمانش ناپذیر با بار جانبی ۷..... ۴۳
- شکل ۳-۴: توزیع نیروها در پیکربندی‌های واگرای معمولی و واگرای کمانش ناپذیر..... ۴۴
- شکل ۳-۵: قاب‌های ۶، ۳ و ۹ طبقه (a) واگرای معمولی با عرض دهانه 30ft (b) واگرای کمانش ناپذیر با عرض دهانه 30ft (c) واگرای معمولی با عرض دهانه 20ft (d) واگرای کمانش ناپذیر با عرض دهانه 20ft..... ۴۷
- شکل ۳-۶: مدل مورد استفاده در OpenSees (a) واگرای معمولی (b) واگرای کمانش ناپذیر..... ۵۳
- شکل ۳-۷: طیف طرح و طیف زلزله [1]..... ۵۶
- شکل ۳-۸: نتایج تحلیل پوش آور برای EBF و BRBF-E با عرض دهانه‌ی 30ft..... ۵۷
- شکل ۳-۹: نتایج تحلیل پوش آور برای EBF و BRBF-E با عرض دهانه‌ی 20ft..... ۵۸
- شکل ۳-۱۰: تعیین ضریب اضافه مقاومت سیستم با توجه به منحنی پوش آور..... ۵۹
- شکل ۳-۱۱: جابجایی نسبی بیشینه‌ی متوسط بین طبقات برای BRBF-E و EBF با عرض 30ft..... ۶۰
- شکل ۳-۱۲: جابجایی نسبی بیشینه‌ی متوسط بین طبقات برای BRBF-E و EBF با عرض 20ft..... ۶۱
- شکل ۳-۱۳: دوران تیر پیوند برای قاب‌های با عرض 30ft [1]..... ۶۳
- شکل ۳-۱۴: دوران تیر پیوند برای قاب‌های با عرض 20ft [1]..... ۶۴
- شکل ۳-۱۵: بیشینه‌ی متوسط نیازهای هم‌پایه شده‌ی ستون برای قاب‌های با عرض 30ft [1]..... ۶۶
- شکل ۳-۱۶: بیشینه‌ی متوسط نیازهای هم‌پایه شده‌ی ستون برای قاب‌های با عرض 20ft [1]..... ۶۷
- شکل ۳-۱۷: توزیع نیروی تسلیم مهاربند و تیر پیوند برای (I=1.5 و 30ft)..... ۶۸
- شکل ۳-۱۸: مقایسه وزن نهایی قاب برای طرح‌های BRBF-E و EBF با عرض 30ft [1]..... ۶۹

- شکل ۳-۱۹: مقایسه وزن نهایی قاب برای طرح‌های EBF و BRBF-E با عرض 20ft [1] ۷۰
- شکل ۳-۲۰: وزن هم پایه شده‌ی اعضای قاب برای EBF و BRBF-E با عرض 20ft و 30ft ۷۰
- شکل ۳-۲۱: پیکربندی، ابعاد و وزن کف‌ها برای قاب سه طبقه [1] ۷۰
- شکل ۳-۲۲: پیکربندی، ابعاد و وزن کف‌ها برای قاب ۶ طبقه [1] ۷۰
- شکل ۳-۲۳: بیشینه‌ی جابجایی نسبی بین طبقات برای طرح‌های سه طبقه‌ی EBF و BRBF-E ۷۹
- شکل ۳-۲۴: متوسط جابجایی نسبی بین طبقات برای طرح‌های ۶ طبقه‌ی EBF و BRBF-E ۸۰
- شکل ۳-۲۵: (a) وزن کل قاب (b) وزن اعضای قاب طرح‌های ۶ طبقه‌ی EBF و BRBF-E [1] ۸۱

فصل ۴: محاسبه‌ی ضریب رفتار مهاربندهای واگرای کماتش‌ناپذیر

- شکل ۴-۱: پاسخ عمومی سازه ۸۵
- شکل ۴-۲: روش محاسبه‌ی V_e ۸۸
- شکل ۴-۳: روش محاسبه‌ی V_y ۸۹
- شکل ۴-۴: ضریب شکل پذیری سازه با افزایش تعداد طبقات ۹۱
- شکل ۴-۵: ضریب اضافه مقاومت سازه با افزایش تعداد طبقات ۹۱
- شکل ۴-۶: ضریب رفتار - تعداد طبقات ۹۱

فصل اول:

کلیات

۱- کلیات

طراحی سازه‌های فولادی برای بارهای لرزه‌ای، عموماً براساس دو هدف عملکردی انجام می‌شود:

۱- پاسخ الاستیک طی زلزله‌های کوچک تا متوسط [1]

۲- عدم فروریزی طی زلزله‌های شدید [1]

پاسخ الاستیک سازه در زلزله‌های کوچک تا متوسط، با تامین سختی جانبی کافی برای محدود کردن جابجایی، در این زلزله‌ها حاصل می‌شود. از سوی دیگر، وجود شکل‌پذیری کافی برای تطبیق سازه، با تغییر مکان‌های غیرالاستیک بسیار بزرگ و جلوگیری از فروریزی سازه در طول زلزله‌های شدید، ضروری می‌باشد. چنین طراحی اغلب با استفاده از سیستم قاب‌های مهاربندی‌شده‌ی شکل‌پذیر انجام می‌شود.

قاب‌های مهاربندی‌شده شکل‌پذیر، هم سختی جانبی بالا و هم شکل‌پذیری زیادی را تامین می‌کنند. سختی جانبی بالا با اجزا مهاربند، و شکل‌پذیری بالا با یک مکانیزم غیرالاستیک ویژه برای حذف آسیب‌های قاب، در هنگام بارگذاری زیاد تامین می‌شود. دو نوع متداول قاب‌های مهاربندی‌شده، قاب‌های مهاربندی‌شده‌ی واگرا^۲ (EBF) و قاب‌های مهاربندی‌شده مقاوم در برابر کماتش^۳ (BRBF) می‌باشند.

۲-۱ یک دیدگاه کلی درباره‌ی سیستم‌های قاب مهاربندی‌شده‌ی شکل‌پذیر

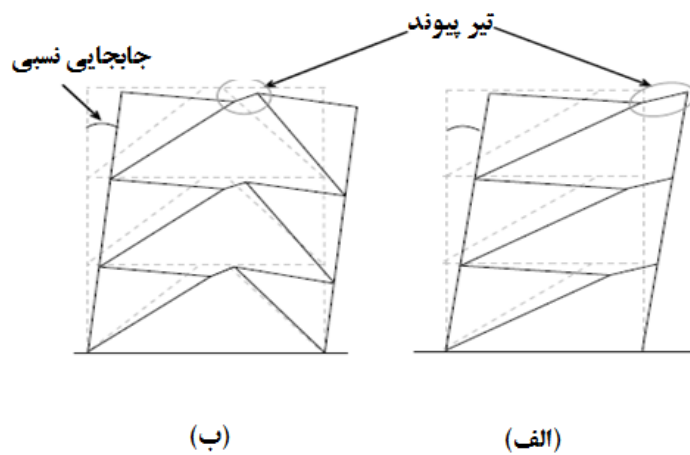
۱-۲-۱ قاب‌های مهاربندی‌شده‌ی واگرا (EBF)

تحت اثر بارگذاری لرزه‌ای شدید، قاب‌های مهاربندی‌شده‌ی واگرا، انرژی را تلف می‌کنند، به گونه‌ای که قطعه‌ی سخت شده‌ای از تیر، که تیر پیوند، نامیده می‌شود به صورت غیرالاستیک دوران می‌کند. این تیر پیوند عموماً از واگرایی بین اتصالات دو عضو مهاربند و تیر با یکدیگر، یا فاصله بین محل اتصال تیر و مهاربند با ستون تشکیل می‌شود (شکل ۱-۱). تیرهای پیوند کوتاه‌تر که به واسطه‌ی تسلیم برشی جان، چرخش می‌کنند، از تیرهای پیوند بلند که مفصل خمشی در دو انتهای آنها توسعه می‌یابد متداول‌تر می‌باشند (شکل ۱-۲). تیرهای پیوند برای عمل به عنوان فیوزهای سازه‌ای طراحی می‌شوند تا آسیب‌های وارده به قاب را طی اضافه‌بار، در ناحیه‌ی تیر پیوند متمرکز کنند. هنگامی که طراحی تیر پیوند به درستی انجام گیرد، ستون‌ها، مهاربندها و تیرهای خارج از ناحیه‌ی تیر پیوند، در محدوده‌ی الاستیک باقی می‌مانند. مزیت اصلی مهاربندهای واگرا

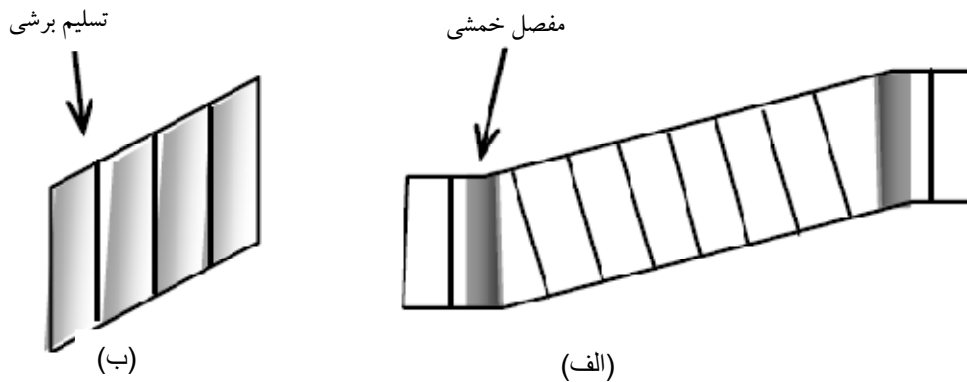
^۲Eccentric Braces Frames

^۳Buckling-Restrained Braces Frames

نسبت به مهاربندهای همگرا، تطابق با جنبه های مختلف معماری می باشد. واگرایی به کار رفته در ایجاد این نوع مهاربندها، فضای لازم را برای درها، پنجره ها، راهروها و... فراهم می آورد. شکل ۱-۳ مزایای این نوع مهاربندها را نسبت به مهاربندهای همگرا، از حیث تطابق با نیازهای معماری، نشان می دهد.



شکل ۱-۱: قاب مهاربندی شده ی واگرا (الف) تیر پیوند میان دهانه (ب) تیر پیوند متصل به ستون



شکل ۲-۱: رفتار غیر الاستیک تیر پیوند (الف) با مفصل خمشی در دو انتها (ب) با تسلیم برشی