

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



دانشگاه شهید باهنر کرمان  
دانشکده فنی و مهندسی  
بخش مهندسی عمران

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

---

---

مقایسه روش‌های بهبود عملکرد اتصالات تیر پیوند برشی به ستون  
در قاب‌های مهاربندی واگرا

---

---

مؤلف:

محمد هادی واعظ

استاد راهنما:

دکتر حامد صفاری

استاد مشاور:

دکتر محمد جواد فدایی

آبان‌ماه ۱۳۹۱



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

**بخش مهندسی عمران**  
**دانشکده فنی و مهندسی**  
**دانشگاه شهید باهنر کرمان**

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

دانشجو: محمد هادی واعظ

استاد راهنما: دکتر حامد صفاری

استاد مشاور: دکتر محمد جواد فدایی

داور ۱: دکتر حسین ابراهیمی فرسنگی

داور ۲: دکتر سعید شجاعی باغینی

نماینده تحصیلات تکمیلی: دکتر مسعود رضا حسامی کرمانی

معاون آموزشی و پژوهشی دانشکده: دکتر مریم احتشام زاده

حق چاپ محفوظ و مخصوص به دانشگاه شهید باهنر کرمان است

تقدیم به پدر و مادرم.

## تشکر و قدردانی:

اینجانب بر خود واجب می‌دانم که از استاد راهنمای این پایان‌نامه، جناب آقای دکتر حامد صفاری که توجه، علم و راهنمایی‌های ارزشمند و مستمرشان همواره راه پایان‌نامه را در برابرم روشن می‌کرد تشکر و قدردانی نمایم. همچنین از جناب آقای دکتر امیراحمد هدایت که با صبر و شکیبایی مثال‌زدنی اینجانب را در انجام این پایان‌نامه راهنمایی فرمودند بسیار سپاسگزارم. از داوران محترم، جناب آقای دکتر ابراهیمی و جناب آقای دکتر شجاعی که قبول زحمت فرمودند و این پایان‌نامه را مورد مطالعه و ارزیابی قرار دادند کمال تشکر را دارم. در پایان از همه کسانی که این پایان‌نامه را مطالعه می‌کنند تقاضا دارم نظرات و انتقادات خود را از طریق [hadvaez@gmail.com](mailto:hadvaez@gmail.com) در اختیار اینجانب قرار دهند.

## چکیده:

عملکرد مناسب قاب‌های مهاربندی واگرای فولادی در بسیاری از تحقیقات اثبات شده است، با این حال اگر اتصال تیر پیوند به ستون (در حالتی که یک انتهای تیر پیوند به ستون وصل است) به درستی عمل نکند، شکل‌پذیری مورد انتظار این قاب‌ها تأمین نخواهد شد. آزمایش‌ها نشان داده‌اند که اتصالات جوشی تیر پیوند به ستون، قبل از رسیدن تیر پیوند به دوران لازم، مستعد شکست در بال تیر پیوند می‌باشند. در حال حاضر، هیچ جزئیات از پیش تأیید شده‌ای برای اتصالات تیر پیوند به ستون در آیین‌نامه‌های طراحی وجود ندارد. محققان راهکارهای مختلفی جهت دور کردن تنش‌ها و کرنش‌های بحرانی از محل اتصال تیر پیوند و ستون، به منظور بهبود عملکرد این اتصالات پیشنهاد نموده‌اند. در این تحقیق با استفاده از مدل‌سازی اجزاء محدود، کارایی روش‌های پیشنهاد شده در تحقیقات قبلی برای اصلاح رفتار اتصالات تیر پیوند به ستون بررسی و مقایسه شده است. هم‌چنین پارامترهای موثر در خرابی در هر یک از حالات مورد بررسی قرار گرفته و از میان این روش‌ها موثرترین روش برای بهبود عملکرد اتصالات تیر پیوند برشی به ستون معرفی شده است.

**کلید واژه‌ها:** قاب مهاربندی واگرا، اتصال تیر پیوند به ستون، اتصال قبل از نورث‌ریج، تقویت اتصال، تضعیف تیر، ظرفیت دورانی پلاستیک، روش اجزاء محدود.

## فهرست مطالب

۱- فصل اول : مقدمه .....	۱
۱-۱- پیش گفتار.....	۲
۲-۱- اهداف پایان نامه .....	۳
۳-۱- ساختار پایان نامه .....	۳
۲- فصل دوم : پیشینه‌ی پژوهش .....	۵
۱-۲- پیش گفتار.....	۶
۲-۲- قابهای مهاربندی واگرا (EBF).....	۶
۱-۲-۲- معرفی .....	۶
۲-۲-۲- رفتار کلی .....	۹
۳-۲-۲- روند طراحی .....	۱۱
۴-۲-۲- رفتار شکل پذیر تیر پیوند .....	۱۲
۵-۲-۲- مقاومت تیر پیوند .....	۱۵
۶-۲-۲- ممان‌های نامساوی انتهایی و نیروی محوری .....	۱۶
۷-۲-۲- دال کامپوزیت و پایداری جانبی .....	۱۸
۸-۲-۲- پانل اتصال مهاربند و اتصال مهاربند به تیر پیوند .....	۱۸
۳-۲- تیرهای پیوند در قاب‌های مهاربندی واگرا .....	۱۹
۱-۳-۲- کلیات .....	۱۹
۲-۳-۲- رفتار تیرهای پیوند آزمایش شده توسط آرک .....	۲۰
۳-۳-۲- شکست جان تیر پیوند .....	۲۲
۱-۳-۳-۲- فاصله‌ی سخت کننده‌ها .....	۲۳
۲-۳-۳-۲- مشخصات k-area .....	۲۴
۳-۳-۳-۲- پروتکل بار گذاری چرخه‌ای .....	۲۵

- ۲۶..... عملکرد تیر پیوند تحت پروتکل اصلاحشده ۴-۳-۲
- ۲۷..... اتصالات تیر پیوند به ستون ۴-۲
- ۲۷..... کلیات ۱-۴-۲
- ۲۷..... محیط نیرو و تغییر شکل در اتصالات تیر پیوند به ستون ۲-۴-۲
- ۲۹..... اتصالات تیر پیوند به ستون قبل از زلزله‌ی نورث‌ریج ۳-۴-۲
- ۳۱..... اتصالات تیر پیوند به ستون بعد از زلزله‌ی نورث‌ریج ۴-۴-۲
- ۳۱..... تحقیقات تسای و همکاران ۱-۴-۴-۲
- ۳۱..... تحقیقات اوکازاکی (۲۰۰۴) ۲-۴-۴-۲
- ۳۱..... دستگاه بارگذاری ۱-۲-۴-۴-۲
- ۳۳..... نمونه‌ها ۲-۲-۴-۴-۲
- ۳۹..... پروتکل بارگذاری ۳-۲-۴-۴-۲
- ۳۹..... بحث در مورد نتایج ۴-۲-۴-۴-۲
- ۴۴..... تحقیقات اوکازاکی (۲۰۰۹) ۳-۴-۴-۲
- ۴۴..... جزئیات اتصالات و نمونه‌ها ۱-۳-۴-۴-۲
- ۴۶..... بحث در مورد نتایج ۲-۳-۴-۴-۲
- ۴۸..... تحقیقات ریچاردز و پرینز ۴-۴-۴-۲
- ۴۹..... تحقیقات برمن و همکاران ۵-۴-۴-۲
- ۴۹..... ضوابط آیین‌نامه ای ۵-۲
- ۵۱..... فصل سوم: طراحی و مشخصات مدلها ۳
- ۵۲..... کلیات ۱-۳
- ۵۲..... مقطع تیر پیوند ۲-۳
- ۵۵..... مدل با جزئیات اتصال (MWS) ۳-۳
- ۵۵..... مدل با جزئیات اتصال بدون سوراخ دسترسی جوش (NAS) ۴-۳



- ۵-۳- مدل تیر پیوند با مقطع کاهش یافته (RLS) ..... ۵۶
- ۶-۳- مدل تیر پیوند با مقطع جان کاهش یافته (RLW) ..... ۶۰
- ۷-۳- مدل اتصال تقویت شده با ماهیچه‌ی جوشی (HLS) ..... ۶۱
- ۸-۳- مدل اتصال تقویت شده با سخت کننده‌ی جان (SLW) ..... ۶۶
- ۴- فصل چهارم: مدل‌سازی اجزای محدود ..... ۶۸
- ۴-۱- پیش‌گفتار ..... ۶۹
- ۴-۲- هندسه و شرایط مرزی ..... ۶۹
- ۴-۳- المان‌ها و مصالح ..... ۷۰
- ۴-۴- صدق مدل ..... ۷۴
- ۴-۵- تعریف معیارهای خرابی ..... ۷۷
- ۴-۵-۱- معیار خرابی بال تیر پیوند در اتصال ..... ۷۷
- ۴-۵-۲- معیار خرابی تیر پیوند در جان ..... ۷۹
- ۵- فصل پنجم: نتایج مدل‌سازی اجزای محدود ..... ۸۴
- ۵-۱- پیش‌گفتار ..... ۸۵
- ۵-۲- مدل MWS ..... ۸۵
- ۵-۳- مدل NAS ..... ۸۷
- ۵-۴- مدل RLS ..... ۹۰
- ۵-۵- مدل‌های RLW ..... ۹۲
- ۵-۶- مدل HLS ..... ۹۶
- ۵-۷- مدل SLW ..... ۹۸
- ۵-۸- مقایسه‌ی پارامتری مدل‌ها ..... ۱۰۱
- ۵-۹- مقایسه‌ی مدل‌های SLW و HLS ..... ۱۰۵
- ۵-۱۰- بررسی جزئیات اتصال جان تقویت شده در طول‌های مختلف تیر پیوند ..... ۱۰۷

۱۰۸.....	۱۱-۵- خلاصه‌ی نتایج
۱۰۹.....	۶- فصل ششم: نتیجه گیری و پیشنهادات
۱۱۰.....	۶-۱- نتیجه گیری
۱۱۱.....	۶-۲- پیشنهادات
۱۱۲.....	۷- فصل هفتم: مراجع

## فهرست اشکال:

۶.....	شکل ۱-۱: نمونه‌ای از اتصال تیر پیوند به ستون
۹.....	شکل ۱-۲: اشکال مرسوم EBF
۱۰.....	شکل ۲-۲: توزیع نیروها در EBF
۱۱.....	شکل ۳-۲: نمودار جسم آزاد تیر پیوند
۱۲.....	شکل ۴-۲: مکانیزم استهلاک انرژی
۱۷.....	شکل ۵-۲: ظرفیت دورانی تیر پیوند
۱۹.....	شکل ۶-۲: اضافه مقاومت تیر پیوند
۲۳.....	شکل ۷-۲: نتایج آزمایش آرک و ریو
۲۴.....	شکل ۸-۲: نمونه‌ی B-4 بعد از آزمایش
۲۵.....	شکل ۹-۲: انتهای جوش سخت کننده‌ی تیر پیوند و جزئیات سخت کننده
۲۶.....	شکل ۱۰-۲: شروع شکست در جان تیر پیوند
۲۷.....	شکل ۱۱-۲: تعریف K-AREA در یک مقطع بال پهن بر اساس AISC
۲۹.....	شکل ۱۲-۲: عملکرد تیر پیوند تحت پروتکل بارگذاری اصلاح شده
۳۳.....	شکل ۱۳-۲: جزئیات اتصالات تیر پیوند به ستون قبل از زلزله‌ی نورث ریج
۳۵.....	شکل ۱۴-۲: دستگاه بارگذاری
۳۵.....	شکل ۱۵-۲: توزیع نیروها در تیر پیوند
۳۸.....	شکل ۱۶-۲: جزئیات اتصال PN
۳۹.....	شکل ۱۷-۲: جزئیات اتصال MW
۳۹.....	شکل ۱۸-۲: جزئیات اتصال FF
۴۰.....	شکل ۱۹-۲: جزئیات اتصال NA

- شکل ۲-۲۰: جزئیات سخت کننده..... ۴۰
- شکل ۲-۲۱: مثالی از نمونه‌ی آزمایشگاهی..... ۴۱
- شکل ۲-۲۲: جزئیات اتصال تیر پیوند به تیر خارج پیوند..... ۴۱
- شکل ۲-۲۳: پروتکل‌های بارگذاری..... ۴۲
- شکل ۲-۲۴: شکست بال تیر پیوند در محل اتصال..... ۴۳
- شکل ۲-۲۵: اتصال FF بعد از آزمایش..... ۴۴
- شکل ۲-۲۶: نمونه‌ی NAS بعد از اتمام آزمایش..... ۴۶
- شکل ۲-۲۷: جزئیات اتصال AF..... ۴۷
- شکل ۲-۲۸: جزئیات اتصال SW..... ۴۶
- شکل ۲-۲۹: شکست بال در نمونه‌ی AISC-2..... ۴۷
- شکل ۲-۳۰: نمونه‌ی AISC-6 در پایان آزمایش..... ۴۸
- شکل ۲-۳۱: اتصال تقویت شده‌ی تیر پیوند به ستون..... ۵۰
- شکل ۳-۱: فاکتور بی بعد طول در مقابل فاکتور شکل  $D/B_F$  برای مقاطع آمریکایی..... ۵۳
- شکل ۳-۲: فاکتور بی بعد طول در مقابل فاکتور شکل  $A_F/A_W$  برای مقاطع آمریکایی..... ۵۳
- شکل ۳-۳: اعمال RBS روی مقطع W18X40..... ۵۷
- شکل ۳-۴: دیاگرام ممان تیر پیوند و هندسه‌ی تیر پیوند با مقطع کاهش یافته..... ۵۷
- شکل ۳-۵: پارامترهای هندسی مدل "RLS"..... ۶۰
- شکل ۳-۶: کرنش پلاستیک معادل در مقابل درصد کاهش جان..... ۶۱
- شکل ۳-۷: پارامترهای هندسی ماهیچه‌ی جوشی..... ۶۲
- شکل ۳-۸: مدل ساده شده‌ی اتصال ماهیچه‌ای..... ۶۳
- شکل ۳-۹: مولفه‌ی افقی و عمودی نیروی محوری بال ماهیچه..... ۶۴
- شکل ۳-۱۰: مدل اتصال تقویت شده با سخت کننده‌ی جان..... ۶۷
- شکل ۴-۱: شرایط مرزی و بارگذاری مدل اجزای محدود..... ۷۰
- شکل ۴-۲: هندسه‌ی المان SOLID45..... ۷۰
- شکل ۴-۳: هندسه‌ی المان SHELL43..... ۷۱
- شکل ۴-۴: منحنی تنش کرنش مصالح..... ۷۲
- شکل ۴-۵: مدل MWS..... ۷۳
- شکل ۴-۶: روند ساخت منحنی اسکلتون از منحنی هیستریزیس..... ۷۵

- شکل ۷-۴: منحنی برش-دوران مدل MWS ..... ۷۵
- شکل ۸-۴: منحنی برش-دوران مدل NAS ..... ۷۵
- شکل ۹-۴: مقایسه مدل آزمایشگاهی و اجزای محدود نمونه‌ی NAS ..... ۷۶
- شکل ۱۰-۴: ترک در نمونه‌ی آزمایشگاهی و مدل اجزای محدود ..... ۷۸
- شکل ۱۱-۴: روند کالیبره کردن شاخص خرابی برای شکست جان ..... ۸۲
- شکل ۱-۵: توزیع کرنش در مدل MWS ..... ۸۶
- شکل ۲-۵: شکست بال پایین تیر پیوند در مدل MWS ..... ۸۶
- شکل ۳-۵: منحنی برش-دوران مدل MWS ..... ۸۷
- شکل ۴-۵: توزیع کرنش در مدل NAS ..... ۸۸
- شکل ۵-۵: شکست بال پایین تیر پیوند در مدل NAS ..... ۸۸
- شکل ۶-۵: توزیع شاخص خرابی در جان مدل NAS ..... ۸۹
- شکل ۷-۵: منحنی برش-دوران مدل NAS ..... ۸۹
- شکل ۸-۵: توزیع کرنش در مدل RLS ..... ۹۰
- شکل ۹-۵: شکست بال پایین تیر پیوند در مدل RLS ..... ۹۱
- شکل ۱۰-۵: منحنی برش-دوران مدل RLS ..... ۹۱
- شکل ۱۱-۵: توزیع کرنش در مدل‌های RLW ..... ۹۳
- شکل ۱۲-۵: شکست بال پایین تیر پیوند در مدل RLW2 ..... ۹۴
- شکل ۱۳-۵: توزیع شاخص خرابی در جان مدل‌های RLW ..... ۹۵
- شکل ۱۴-۵: منحنی برش-دوران مدل RLW2 ..... ۹۶
- شکل ۱۵-۵: توزیع کرنش در مدل HLS ..... ۹۷
- شکل ۱۶-۵: شکست در محل اتصال بال ماهیچه به بال تیر پیوند ..... ۹۸
- شکل ۱۷-۵: نمودار برش-دوران مدل HLS ..... ۹۸
- شکل ۱۸-۵: توزیع کرنش در مدل SLW ..... ۹۹
- شکل ۱۹-۵: کرنش بال پایین تیر پیوند در مدل SLW ..... ۱۰۰
- شکل ۲۰-۵: منحنی برش-دوران مدل SLW ..... ۱۰۰
- شکل ۲۱-۵: محل قرائت تنشها و کرنشها در بر اتصال ..... ۱۰۱
- شکل ۲۲-۵: توزیع کرنش پلاستیک در امتداد خط U ..... ۱۰۲
- شکل ۲۳-۵: توزیع کرنش پلاستیک در امتداد خط L ..... ۱۰۲

- شکل ۵-۲۴: توزیع تنش خمشی در امتداد خط U ..... ۱۰۴
- شکل ۵-۲۵: توزیع تنش خمشی در امتداد خط L ..... ۱۰۴
- شکل ۵-۲۶: توزیع کرنش در بال مدل SLW و HLS ..... ۱۰۶
- شکل ۵-۲۷: توزیع عددی کرنش در بال مدل های SLW و HLS ..... ۱۰۶
- شکل ۵-۲۸: تغییر شکل کلی و شکست بال تیر پیوند را در مدل SLW3 ..... ۱۰۷

### فهرست جداول:

- جدول ۲-۱: مشخصات نمونه‌ها و نتایج آزمایش‌های اوکازاکی و همکاران (۲۰۰۴) ..... ۳۴
- جدول ۲-۲: مشخصات نمونه‌ها با جزئیات اتصال AF ..... ۴۵
- جدول ۲-۳: مشخصات نمونه‌ها با جزئیات SW ..... ۴۶
- جدول ۲-۴: خلاصه‌ی نتایج آزمایش‌های اوکازاکی و همکاران (۲۰۰۹) ..... ۴۷
- جدول ۳-۱: مشخصات مدل‌ها با جان کاهش یافته ..... ۶۲
- جدول ۳-۲: مشخصات ماهیچه‌ی جوشی ..... ۶۶
- جدول ۵-۱: خلاصه‌ی نتایج تحلیل‌های اجزاء محدود ..... ۱۰۸

## ۱ فصل اول : مقدمه

## ۱-۱ پیش‌گفتار

قاب‌های مهاربندی شده‌ی واگرا (EBF) به عنوان یک سیستم مقاوم در برابر زلزله، جایگزینی بسیار مناسب برای قاب‌های خمشی و سیستم‌های مهاربندی همگرا هستند، زیرا قاب‌های مهاربندی واگرا می‌توانند هر دو خصوصیت سختی الاستیک بالای قاب‌های مهاربندی همگرا و شکل‌پذیری و اتلاف انرژی پایدار قاب‌های خمشی را دارا باشند. در بعضی پیکربندی‌های EBF یک انتهای تیر پیوند به ستون متصل است، در شکل ۱-۱ نمونه‌هایی از این نوع EBF نشان داده شده است. استفاده از EBF ها در اواخر دهه‌ی هفتاد میلادی شروع شد و همچنان تا به امروز رو به گسترش است.

در زلزله‌ی ۱۹۹۴ نورث‌ریج و ۱۹۹۵ کوبه، اتصالات خمشی آسیب‌های بسیار گسترده‌ای دیدند، این مسئله باعث شد نگرانی‌های زیادی در مورد رفتار این اتصالات در زلزله‌های بزرگ به وجود آید. در نتیجه‌ی رفتار ضعیف اتصالات خمشی، تحقیقات گسترده‌ای در آمریکا و ژاپن روی این اتصالات صورت گرفت و باعث تغییرات عمده در روش‌های طراحی و آیین‌نامه‌های ساختمانی گردید. با وجود این که اتصالات تیر پیوند به ستون، خصوصیات، روش‌های طراحی و ساخت و عوامل ضعف عملکردی یکسانی با اتصالات خمشی دارند، در مورد اتصالات تیر پیوند به ستون تحقیقات کمی انجام شده است. قبل از زلزله‌ی نورث‌ریج، اتصالات تیر پیوند به ستون، بسیار شبیه اتصالات صلب در قاب‌های خمشی ویژه طراحی و اجرا می‌شدند. از طرف دیگر اتصالات تیر پیوند به ستون تحت تاثیر نیروها و تغییرشکل‌هایی متفاوت، و در مواردی بسیار بحرانی‌تر از اتصالات قاب‌های خمشی قرار می‌گیرند. بنابراین، روش‌های طراحی و ساخت که برای اصلاح اتصالات قاب‌های خمشی به وجود آمده است، ممکن است برای اتصالات تیر پیوند به ستون مناسب نباشد. برای مثال، تیر با مقطع کاهش یافته (RBS) که عملکرد مطلوبی در اتصالات قاب‌های خمشی دارد، به دلیل طول کوتاه تیر پیوند و شیب شدید منحنی ممان در آن، به سختی در اتصالات تیر پیوند به ستون قابل اجرا است.

بعد از زلزله‌ی ۱۹۹۴ نورث‌ریج تغییراتی پیرامون ضوابط طراحی اتصالات تیر پیوند به ستون در آیین‌نامه (1997) AISC ایجاد شد. در حال حاضر، AISC از طراح می‌خواهد که از یک اتصال تایید شده توسط آزمایش استفاده کند و یا یک تیر پیوند کوتاه با تقویت مناسب در اتصال که از رفتار غیرالاستیک در اتصال جلوگیری کند را به کار برد. با این حال حتی در مورد اتصال پیشنهاد شده توسط AISC اطلاعات محدودی درباره‌ی رفتار چرخه‌ای اتصالات تیر پیوند به ستون وجود دارد. با این وجود طراحان در مواردی با اتصالات تیر پیوند به ستون مواجه می‌شوند، زیرا این نوع

پی‌کربندی EBF می‌تواند برای ملاحظات معماری مناسب باشد.



شکل ۱-۱: نمونه‌ای از اتصال تیر پیوند به ستون

## ۲-۱ اهداف پایان‌نامه

در این پایان‌نامه در راستای تحقیقات قبلی و با استفاده از برنامه‌های تجاری اجزای محدود اهداف زیر دنبال خواهد شد:

۱- مقایسه‌ی روش تضعیف تیر و تقویت اتصال در بهبود عملکرد اتصالات تیر پیوند به ستون؛

۲- بررسی رفتار انواع جزئیات اتصالات تیر پیوند به ستون؛

۳- معرفی بهترین جزئیات اتصال تیر پیوند برشی به ستون.

## ۳-۱ ساختار پایان‌نامه

برای دستیابی به اهدافی که در بخش پیشین به آن‌ها اشاره شد، در پژوهش حاضر پس از مرور تفصیلی که در گذشته پیرامون اتصالات تیر پیوند به ستون انجام شده است، به مطالعات تحلیلی در مورد این مسئله پرداخته شده است.

فصل (۲) از این پایان‌نامه، در مورد تحقیقات انجام شده در گذشته روی تیرهای پیوند، اتصالات خمشی و اتصالات تیر پیوند به ستون بحث می‌کند.

در فصل (۳) توضیحات جامعی در مورد مدل‌های مورد مطالعه ارائه می‌شود. این توضیحات



شامل فلسفه و هدف طراحی، روش طراحی و جزئیات و مشخصات هر مدل می‌باشد.

در فصل (۴)، فرضیات و روش‌های مدل‌سازی در اجزای محدود مانند هندسه، شرایط مرزی، المان‌ها، مشخصات مصالح و همچنین صدق مدل ارائه شده است.

در فصل (۵) نتایج تحلیل‌های اجزای محدود در قالب نمودارها و اشکال نشان داده شده است. در این فصل همچنین جزئیات مناسب برای اتصال تیرهای پیوند برشی با طول‌های مختلف به ستون معرفی شده است.

در فصل (۶) به جمع‌بندی نتایج پژوهش پرداخته شده و پیشنهادهای جهت مطالعات آتی ارائه گردیده است.

## ۲ فصل دوم : پیشینه‌ی پژوهش

## ۱-۲ پیشگفتار

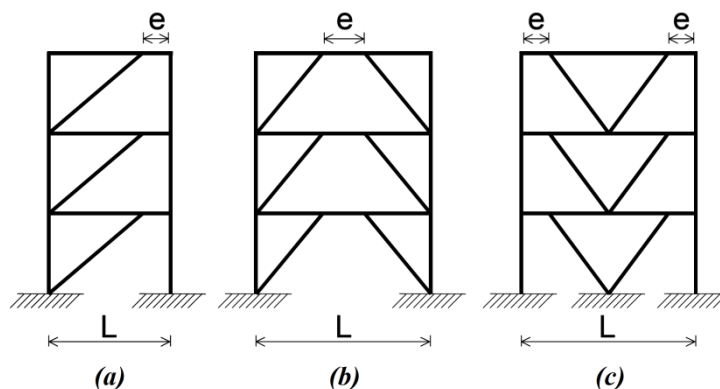
این فصل، تحقیقات گذشته در زمینه‌ی قاب‌های مهاربندی واگرا در برابر زلزله و مسائل دیگر مربوط به اتصالات تیر پیوند به ستون را مورد بحث قرار می‌دهد. قبل از زلزله‌ی نورث‌ریج در سال ۱۹۹۴ میلادی، اتصالات تیر پیوند به ستون در قاب‌های مهاربندی واگرا بسیار شبیه اتصالات در قاب‌های خمشی ویژه طراحی و اجرا می‌شدند، با این تفاوت که به جای جان پیچ شده از جان جوش شده استفاده می‌گردید. بنابراین، تحقیقات گسترده‌ای که بعد از زلزله‌ی نورث‌ریج به منظور بهبود عملکرد اتصالات خمشی انجام شده است می‌تواند در این پژوهش بسیار مهم و مفید می‌باشد.

در بخش ۲-۲ تحقیقات عمده‌ای که پایه‌ی طراحی قاب‌های مهاربندی واگرا در آیین‌نامه‌ها می‌باشد توضیح داده شده است. بخش ۲-۳ به توضیح تحقیقاتی در مورد رفتار تیرهای پیوند ساخته شده از فولاد A992 اختصاص دارد. در بخش ۲-۴ در مورد تحقیقات گذشته روی اتصالات تیر پیوند به ستون بحث شده است.

## ۲-۲ قاب‌های مهاربندی واگرا (EBF)

### ۱-۲-۲ معرفی

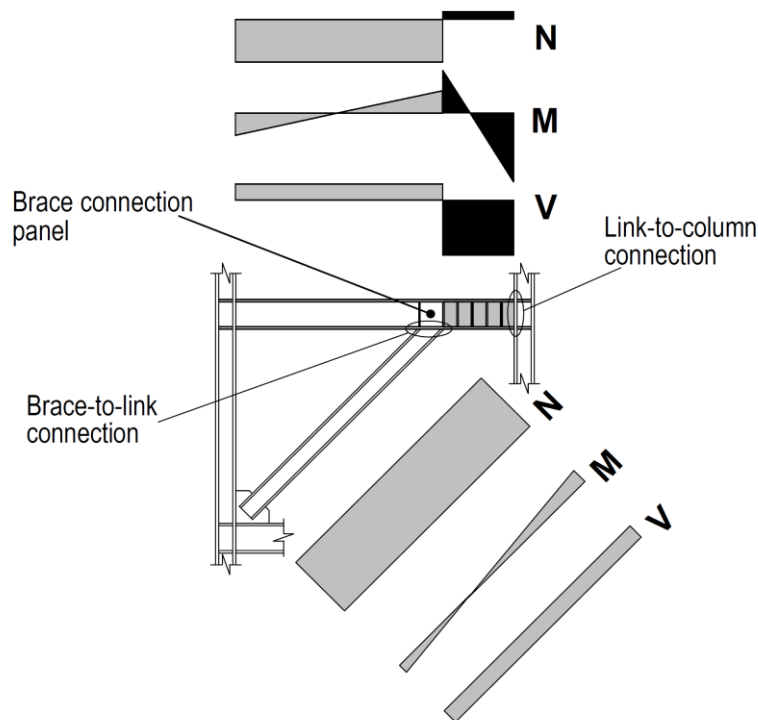
EBF ها، قاب‌های مهاربندی شده‌ای هستند که در آنها یک تیر بین دو اتصال مجاور تیر به مهاربند و یا بین دو اتصال مجاور تیر به ستون و مهاربند به تیر قرار دارد. این قسمت تیر که بین دو مهاربند و یا بین مهاربند و ستون قرار دارد، «تیر پیوند» نامیده می‌شود. تعدادی از اشکال مرسوم EBF در شکل ۱-۲ نشان داده شده است و تیر پیوند با علامت  $e$  در آنها مشخص شده است. موارد  $a$  و  $c$  در شکل ۱-۲ دارای اتصال تیر پیوند به ستون هستند.



شکل ۱-۲: اشکال مرسوم EBF

در یک EBF نیروی محوری مهاربند از طریق برش و خمش در تیر پیوند به ستون یا مهاربند دیگر منتقل می‌شود. وقتی یک EBF به خوبی طراحی شده باشد، انرژی لرزه‌ای در درجه‌ی اول از طریق عملکرد غیرالاستیک در تیر پیوند مستهلک می‌شود، بنابراین رفتار شکل‌پذیر تیر پیوند برای عملکرد شکل‌پذیر EBF ضروری است. برای فراهم شدن امکان تغییرشکل‌های بزرگ، بدون کاهش مقاومت در تیر پیوند، جزئیات تیر پیوند باید به گونه‌ای باشد که شکست، کمناش موضعی و کمناش پیچشی جانبی در آن تا رسیدن تیر پیوند به دوران کافی به تأخیر بیفتد. تیر پیوند همچنین به عنوان یک فیوز سازه‌ای عمل می‌کند و می‌تواند نیروهای وارد به اعضای مجاور خود از قبیل تیر خارج پیوند، ستون و مهاربند را کاهش دهد.

شکل ۲-۲ توزیع نیرو در اعضای یک EBF تحت بار جانبی را نشان می‌دهد. در تیر پیوند یک برش ثابت  $V$ ، ممان با انحنای مخالف در دو انتها  $M$  و یک نیروی محوری کوچک  $N$  به وجود می‌آید. توزیع نیرو نشان می‌دهد که نواحی انتهایی تیر پیوند نیازمند توجه ویژه هستند. اتصال تیر پیوند به ستون تحت تأثیر برش و خمش زیادی که در تیر پیوند به وجود می‌آید، قرار می‌گیرد. همچنین ناحیه‌ای از تیر بلافاصله بعد از تیر پیوند، یا پانل اتصال مهاربند باید بتواند نیروی محوری مهاربند و ممان تیر پیوند را تحمل کند.



شکل ۲-۲: توزیع نیروها در EBF