



دانشکده‌ی فنی و مهندسی

گروه آموزشی عمران

پایان‌نامه برای دریافت درجه‌ی کارشناسی ارشد

در رشته‌ی مهندسی عمران گرایش سازه

عنوان:

مقطع بهینه تیرهای همبند در سیستم دیوار برشی همبسته

اساتید راهنما:

دکتر امین قلی‌زاد

دکتر اصغر امانی

استاد مشاور:

دکتر وحید اکرمی

پژوهشگر:

ساسان تیمورمقدم

زمستان ۱۳۹۶

نام خانوادگی دانشجو: تیمورمقدم	نام: ساسان
عنوان پایان نامه: مقطع بهینه تیرهای همبند در سیستم دیوار برشی همبسته	
استاد راهنمای اول: دکتر امین قلی زاد	استاد راهنمای دوم: دکتر اصغر امانی
استاد مشاور: دکتر وحید اکرمی	
مقطع تحصیلی: کارشناسی ارشد	رشته: مهندسی عمران
گرایش: سازه	دانشگاه: محقق اردبیلی
دانشکده: فنی و مهندسی	تاریخ دفاع: ۹۶/۱۱/۳
	تعداد صفحات: ۹۹
<p>چکیده:</p> <p>تیرهای همبند در دیوارهای برشی همبسته نقش مهمی را در رفتار کلی سازه ایفا می کنند. تیرهای همبند متداول، عمدتاً با گسیختگی زود هنگام به دلیل تشکیل مفاصل پلاستیک برشی در سیکل های رفت و برگشتی ناشی از بارهای جانبی، دچار شکست ترد می شوند. بر همین اساس رفتار مناسب آنها باعث بهبود عملکرد سازه در برابر زلزله خواهد شد. با توجه به ماهیت تیرهای همبند که عمدتاً مقاطعی با ارتفاع زیاد و دهانه هایی کوتاه هستند، این المان های سازه ای در گروه تیرهای عمیق قرار می گیرند. سهم عمده تلاش های داخلی در برابر برش معمولاً بر عهده بتن مقطع می باشد. از طرفی بدلیل رفتار ترد بتن، مفاصل برشی - لغزشی در تیر ایجاد می شود، که از نقاط ضعف بتن بشمار می آید. یک راهکار برای جلوگیری از این مسئله، سوق دادن رفتار تیر به رفتار خمشی است. در همین راستا، در این تحقیق استفاده از زوج تیر همبند هم ارتفاع با تیرهای همبند متداول پیشنهاد شده است. گرچه انتظار کاهش مقاومت در سیستم پیشنهادی می رود، اما سهم بیشتری از تلاش های داخلی را میلگردهای طولی تیر متحمل می شوند و پیش بینی می شود در این حالت رفتاری نرم تر و شاید شکل پذیرتر از سازه مشاهده شود. در روند این تحقیق رفتار کلی دیوار برشی همبند با تیرهای پیشنهادی و نوع مفاصل پلاستیک ایجاد شده، تحت تحلیل چرخه ای رفت و برگشتی، در نرم افزار اجزاء محدود مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج بدست آمده حاکی از کارایی ایده مطرح شده و صحت روابط پیشنهادی در طراحی این نوع تیرها می باشد. در این ایده جنبه اجرایی تیرهای مورد نظر نیز در نظر گرفته شده است.</p>	
کلید واژه ها: دیوار برشی همبسته، تیر همبند تقسیم شده، رفتار خمشی، شکل پذیری	

فهرست مطالب

صفحه

شماره و عنوان مطالب

۱- کلیات پژوهش

۱-۱- مقدمه.....	۲
۱-۲- اهمیت تحقیق.....	۳
۱-۳- هدف تحقیق.....	۳
۱-۴- پیشینه تحقیق.....	۳
۱-۴-۱- چائو و کانگ (۱۹۹۶).....	۳
۱-۴-۲- پائولی (۲۰۰۲).....	۴
۱-۴-۳- دوران (۲۰۰۳).....	۴
۱-۴-۴- ژائو و همکاران (۲۰۰۴).....	۵
۱-۴-۵- بزدوغان (۲۰۰۶).....	۵
۱-۴-۶- رساتاوغلو و همکاران (۲۰۱۰).....	۵
۱-۴-۷- هوندركمپ (۲۰۱۱).....	۶
۱-۴-۸- الجادی (۲۰۱۴).....	۸
۱-۴-۹- سونگ وو و همکاران (۲۰۱۴).....	۱۰
۱-۴-۱۰- محمد حاجصادقی و همکاران (۲۰۱۴).....	۱۱
۱-۴-۱۱- سانگ وانگ و همکارانش (۲۰۱۵).....	۱۲
۱-۴-۱۲- ناطقی الهی و زند پارسا (۱۳۸۰).....	۱۲
۱-۴-۱۳- فدایی و خسروی و صفاری (۱۳۸۵).....	۱۳
۱-۴-۱۴- سامان امیری سوادردباری و خسروبرگی (۱۳۹۲).....	۱۴

۲- دیوار برشی همبسته

۲-۱- مقدمه.....	ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.
۲-۲- برخی از ویژگی‌های دیوار برشی.....	ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.
۲-۳- نکات جانمایی و اندازه دیوارهای برشی.....	ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.

Error! Bookmark not defined..... شکل هندسی ۱-۳-۲
Error! Bookmark not defined..... آرایش دیوارها در کنار هم ۲-۳-۲

فهرست مطالب

صفحه	شماره و عنوان مطالب
Error! Bookmark not defined.....	۳-۳-۲ فاصله دیوارها از مرکز هندسی
Error! Bookmark not defined.....	۴-۳-۲ تقارن دیوار نسبت به مرکز جرم
Error! Bookmark not defined.....	۵-۳-۲ محل دیوار در دهانه
ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.....	۴-۲ انواع تیرهای همبند
Error! Bookmark not defined.....	۱-۴-۲ تیر همبند بتنی با آرماتورهای برشی معمولی
Error! Bookmark not defined.....	۲-۴-۲ تیرهای همبند با آرماتورگذاری قطری
Error! Bookmark not defined.....	۳-۴-۲ تیرهای ساخته شده از بتن های الیافی
Error! Bookmark not defined.....	۴-۴-۲ تیرهای همبند بتنی- فولادی (مرکب)
Error! Bookmark not defined.....	۵-۴-۲ تیرهای همبند فولادی
ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.....	۵-۲ ضوابط و محدودیت های طراحی دیوار برشی همبسته(ساختمان، ۱۳۹۲)
Error! Bookmark not defined.....	۱-۵-۲ دیوارها
Error! Bookmark not defined.....	۲-۵-۲ تیرهای همبند
ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.....	۶-۲ الگوهای رفتاری و خسارتها
Error! Bookmark not defined.....	۱-۶-۲ الگوهای رفتاری شکلپذیر
Error! Bookmark not defined.....	۱-۱-۶-۲ کشش قطری در خمش
Error! Bookmark not defined.....	۲-۱-۶-۲ فشار قطری در خمش(خردشدگی جان)
Error! Bookmark not defined.....	۳-۱-۶-۲ لغزش برشی در خمش
Error! Bookmark not defined.....	۴-۱-۶-۲ فشار ناحیه مرزی در خمش
Error! Bookmark not defined.....	۵-۱-۶-۲ لغزش وصله های پوششی در خمش
Error! Bookmark not defined.....	۶-۱-۶-۲ کمانش برون صفحه دیوار در خمش
Error! Bookmark not defined.....	۲-۶-۲ الگوهای رفتاری با شکل پذیری کم و یا شکننده
ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.....	۷-۲ رفتار غیر الاستیک دیوار برشی
Error! Bookmark not defined.....	۱-۷-۲ شکست ناشی از شکست خود دیوارهای برشی:
Error! Bookmark not defined.....	۲-۷-۲ شکست ناشی از شکست تیرهای کوپله:
ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.....	۸-۲ درجه همبستگی (DOC)

۲-۹-۲ رفتار دیوار برشی کوپله از نتایج تحلیل پیوسته سازی ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.
۲-۹-۱-۱ معادله تعادل دیوار Error! Bookmark not defined.

فهرست مطالب

شماره و عنوان مطالب	صفحه
۲-۹-۲ معادلات همسازی دیوار و تیر همبند.....	Error! Bookmark not defined.
۲-۹-۳ تیرهای همبند ضعیف:.....	Error! Bookmark not defined.
۲-۹-۴ تیرهای همبند صلب:.....	Error! Bookmark not defined.
۲-۱۰-۱ بررسی دیدگاههای مختلف در طراحی دیوار برشی کوپله.....	ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.
۲-۱۰-۱-۱ طراحی براساس مقاومت.....	Error! Bookmark not defined.
۲-۱۰-۱-۱-۱ تیرهای همبند.....	Error! Bookmark not defined.
۲-۱۰-۱-۲ پایه‌های دیوار.....	Error! Bookmark not defined.
۲-۱۰-۱-۳ رابطه درجه همبستگی با طراحی بهینه.....	Error! Bookmark not defined.
۲-۱۰-۲ طراحی بر اساس عملکرد.....	Error! Bookmark not defined.
۲-۱۰-۱-۲ تیر همبند.....	Error! Bookmark not defined.
۲-۱۰-۲ پایه‌های دیوار.....	Error! Bookmark not defined.

۳- روشهای پژوهش و تحلیل

۳-۱ مقدمه.....	ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.
۳-۲ اهداف تحقیق.....	ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.
۳-۳ بررسی تحلیلی عددی به روش اجزای محدود.....	ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.
۳-۴ معرفی هندسه نمونه صحت سنجی.....	ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.
۳-۴-۱ مصالح مورد استفاده.....	Error! Bookmark not defined.
۳-۴-۱-۱ بتن ۸۴/۸۵.....	Error! Bookmark not defined.
۳-۴-۱-۲ بتن ۱۵۹.....	Error! Bookmark not defined.
۳-۴-۱-۳ بتن ۷۲.....	Error! Bookmark not defined.
۳-۴-۱-۴ مدل رفتاری فولاد.....	Error! Bookmark not defined.
۳-۴-۲ نحوه مدلسازی در نرم افزار.....	Error! Bookmark not defined.

Error! Bookmark not defined.....شرایط تکیه گاهی و پروتکل بارگذاری ۳-۴-۳
Error! Bookmark not defined.....نتایج صحتسنجی ۴-۴-۳
Error! Bookmark not defined.....بررسی رفتار بتن‌های مختلف ۱-۴-۴-۳
Error! Bookmark not defined.....بررسی معیارهای ترک‌خوردگی ۲-۴-۴-۳

فهرست مطالب

شماره و عنوان مطالب	صفحه
---------------------	------

Error! Bookmark not defined.....اندازه‌م‌ش‌بندی در نتایج ۳-۴-۴-۳
Error! Bookmark not defined.....جمع بندی صحت سنجی مدل اجزا محدود ۵-۴-۳
ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.....روابط حاکم بر تیرهای همبند تقسیم شده ۵-۳
ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.....معرفی نمونه دیوارهای برشی مورد مطالعه ۶-۳

۴- نتایج و یافته‌های پژوهش

ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.....بررسی اندازه بازشو تقسیم کننده ۱-۴-۴
ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.....نتایج تحلیل استاتیکی دیوار ۵ طبقه تحت بار چرخهای ۲-۴-۴
Error! Bookmark not defined.....بررسی معیار مقاومت ۱-۲-۴-۴
Error! Bookmark not defined.....معیار رفتار خمشی ۲-۲-۴-۴
Error! Bookmark not defined.....بررسی کلی تاثیر درصد میلگرد در رفتار ۳-۲-۴-۴
Error! Bookmark not defined.....بررسی معیار انرژی جذب شده ۴-۲-۴-۴
Error! Bookmark not defined.....بررسی ترتیب تخریب اعضا بر اساس ترک خوردگی و کرنش پلاستیک ۵-۲-۴-۴
defined.

ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.....نتایج تحلیل استاتیکی دیوار ۸ طبقه تحت بار چرخهای ۳-۴-۴
Error! Bookmark not defined.....بررسی معیار مقاومت ۱-۳-۴-۴
Error! Bookmark not defined.....معیار رفتار خمشی ۲-۳-۴-۴
Error! Bookmark not defined.....بررسی کلی تاثیر درصد میلگرد در رفتار ۳-۳-۴-۴
Error! Bookmark not defined.....بررسی معیار انرژی جذب شده ۴-۳-۴-۴
Error! Bookmark not defined.....بررسی ترتیب تخریب اعضا بر اساس ترک خوردگی و کرنش پلاستیک ۵-۳-۴-۴
defined.

ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.....نتایج تحلیل استاتیکی دیوار ۱۲ طبقه تحت بار چرخهای ۴-۴-۴
Error! Bookmark not defined.....بررسی معیار مقاومت ۱-۴-۴-۴

۵- نتیجه گیری و پیشنهادات

۵-۱- مقدمه..... ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.

۵-۱-۱- معیار تامین مقاومت..... Error! Bookmark not defined.

۵-۱-۲- معیار رفتار خمشی..... Error! Bookmark not defined.

فهرست مطالب

شماره و عنوان مطالب	صفحه
۵-۱-۳- الزامات اقتصادی و اجرایی.....	Error! Bookmark not defined.
۵-۱-۴- استهلاك انرژی.....	Error! Bookmark not defined.
۵-۱-۵- کنترل مفاصل پلاستیک و ترک خوردگی.....	Error! Bookmark not defined.
۵-۲- پیشنهادات برای تحقیقات آتی.....	ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.
۶- فهرست منابع و مأخذ:.....	Error! Bookmark not defined.

فهرست جدول‌ها

شماره و عنوان جدول	صفحه
جدول ۱-۱: مقایسه بار کمانشی گرانشی بین فرمول پیشنهادی و نرم‌افزار انسیس برای $H=67.2$ و $HM=1$ (فدایی و خسروی، ۱۳۸۵).....	۱۴
جدول ۱-۳: مشخصات مکانیکی نمونه‌های بتن و فولاد.....	Error! Bookmark not defined.
جدول ۱-۴: تغییرات رفتار و مقاومت سیستم با درصد میلگردهای مختلف تیر همبند دیوار ۵ طبقه.....	Error!
	Bookmark not defined.
جدول ۲-۴: تغییرات رفتار و مقاومت سیستم با درصد میلگردهای مختلف تیر همبند دیوار ۸ طبقه.....	Error!
	Bookmark not defined.

- شکل ۱-۱: سازه دیوار برشی کوپله (هوندركمپ، ۲۰۱۱)..... ۷
- شکل ۲-۱: پارامتر طراحی تیر همبند (هوندركمپ، ۲۰۱۱)..... ۸
- شکل ۳-۱: روند تبدیل سیستم سازه‌های (الجادى، ۲۰۱۴)..... ۹
- شکل ۴-۱: دیوار برشی همبند و سازه جایگزین شده (فدایی و خسروی، ۱۳۸۵)..... ۱۳
- شکل ۱-۲: چیدمان متمرکز دیوارها در پلان..... **Error! Bookmark not defined.**
- شکل ۲-۲: فاصله و تقارن دیوارها نسبت به مرکز جرم پلان..... **Error! Bookmark not defined.**
- شکل ۳-۲: استفاده از دیوار در دهانه میانی..... **Error! Bookmark not defined.**
- شکل ۴-۲: اجرای تیر همبند با آرماتور گذاری قطری..... **Error! Bookmark not defined.**
- شکل ۵-۲: مقطع تیر همبند مرکب..... **Error! Bookmark not defined.**
- شکل ۶-۲: تیر فولادی همبند..... **Error! Bookmark not defined.**
- شکل ۷-۲: جزئیات تیر همبند و میلگردگذاری (داود مستوفی نژاد، ۱۳۹۶)..... **Error! Bookmark not defined.**
- شکل ۸-۲: مودهای شکست دیوار..... **Error! Bookmark not defined.**
- شکل ۹-۲: مودهای شکست تیرهای همبند..... **Error! Bookmark not defined.**
- شکل ۱۰-۲: پارامترهای محاسبه درجه همبستگی دیوارهای برشی همبند (نیازخانی، ۱۳۸۸)..... **Error! Bookmark not defined.**
- شکل ۱۱-۲: پارامترهای دیوار برشی همبند..... **Error! Bookmark not defined.**
- شکل ۱۲-۲: برآیند نیروهای وارد بر دیوار..... **Error! Bookmark not defined.**
- شکل ۱۳-۲: تغییر شکل‌های ناشی از بار جانبی در محل اتصال دیوار..... **Error! Bookmark not defined.**
- شکل ۱۴-۲: تغییر شکل تیر همبند..... **Error! Bookmark not defined.**
- شکل ۱-۳: جزئیات نمونه دیوار برشی همبند مورد استفاده برای صحت سنجی نرم افزار. **Error! Bookmark not defined.**
- شکل ۲-۳: پروتکل بارگذاری مدل CW2 بر اساس تحقیق لئو و چن (۲۰۰۵)..... **Error! Bookmark not defined.**
- شکل ۳-۳: پروتکل بارگذاری مدل CW1 و CW3 بر اساس تحقیق لئو و چن (۲۰۰۵)..... **Error! Bookmark not defined.**
- شکل ۴-۳: رفتار چرخه ای دیوار برشی با مصالح بتنی مختلف؛ الف) متریال بتن Winfrith-85؛ ب) متریال بتن 72-KCC؛ ج) متریال بتن 159-CSCM..... **Error! Bookmark not defined.**
- شکل ۵-۳: رفتار دیوار با معیار ترک خوردگی متفاوت؛ الف) معیار ترک بر مبنای انرژی شکست؛ ب) معیار عرض

ترک؛ ج) معیار عرض ترک بهینه یافته..... **Error! Bookmark not defined.**

فهرست شکل‌ها

صفحه

شماره و عنوان شکل

شکل ۳-۶: تفاوت معیارهای ترک‌خوردگی بتن (۸۵؛ الف) معیار ترک بر مبنای عرض ترک؛ ب) معیار ترک بر مبنای انرژی

شکست؛ ج) نمونه آزمایشگاهی ترک‌خورده (لثو و چن، ۲۰۰۵)..... **Error! Bookmark not defined.**

شکل ۳-۷: بررسی نتایج تحت تاثیر ابعاد مش؛ الف) مش با ابعاد ۱۰ cm؛ ب) مش با ابعاد ۵ cm **Error!**

Bookmark not defined.

شکل ۳-۸: زمان تحلیلها برای مش‌بندی‌های متفاوت؛ الف) مش با ابعاد ۱۰ cm؛ ب) مش با ابعاد ۵ cm **Error!**

Bookmark not defined.

شکل ۳-۹: نمودار نیرو-جابجایی دیوار CW1 به روش نیرو کنترل..... **Error! Bookmark not defined.**

شکل ۳-۱۰: نمودار نیرو-جابجایی دیوار CW2 به روش جابجایی کنترل... **Error! Bookmark not defined.**

شکل ۳-۱۱: نمودار نیرو-جابجایی دیوار CW3 به روش نیرو کنترل..... **Error! Bookmark not defined.**

شکل ۳-۱۲: نیروهای وارد بر مقطع تیرهمبند..... **Error! Bookmark not defined.**

شکل ۳-۱۳: جزئیات دیوار همبسته ۵ طبقه..... **Error! Bookmark not defined.**

شکل ۳-۱۴: جزئیات دیوار همبسته ۸ طبقه..... **Error! Bookmark not defined.**

شکل ۳-۱۵: جزئیات دیوار همبسته ۱۲ طبقه..... **Error! Bookmark not defined.**

شکل ۳-۱۶: جزئیات تیرهای همبند انتخاب شده؛ a) تیر همبند متداول؛ b) تیر همبند هم ارتفاع با تیر متداول؛ c) تیر همبند

با ۱۰ درصد ارتفاع بیشتر..... **Error! Bookmark not defined.**

شکل ۳-۱۷: فرآیند بارگذاری دیوار برشی همبند..... **Error! Bookmark not defined.**

شکل ۴-۱: کانتورهای تنش در ناحیه بازشوی تقسیم کننده؛ الف) ارتفاع ۲ سانتیمتر؛ ب) ارتفاع ۵ سانتیمتر؛ ج) ارتفاع ۱۰

سانتیمتر..... **Error! Bookmark not defined.**

شکل ۴-۲: نمودار تحلیل چرخه ای مدل با تیر (B1-6T20)..... **Error! Bookmark not defined.**

شکل ۴-۳: نمودار تحلیل چرخه ای مدل با تیر (2B-1.0D-4T16)..... **Error! Bookmark not defined.**

شکل ۴-۴: نمودار تحلیل چرخه ای مدل با تیر (2B-1.0D-4T18)..... **Error! Bookmark not defined.**

شکل ۴-۵: نمودار تحلیل چرخه ای مدل با تیر (2B-1.0D-4T20)..... **Error! Bookmark not defined.**

شکل ۴-۶: نمودار تحلیل چرخه ای مدل با تیر (2B-1.0D-6T18)..... **Error! Bookmark not defined.**

شکل ۴-۷: نمودار تحلیل چرخه ای مدل با تیر (2B-1.0D-6T20)..... **Error! Bookmark not defined.**

شکل ۴-۸: نمودار تحلیل چرخه ای مدل با تیر (2B-1.0D-6T22)..... **Error! Bookmark not defined.**

شکل ۹-۴: نمودار تحلیل چرخه ای مدل با تیر (2B-1.1D-4T16).....**Error! Bookmark not defined.**

شکل ۱۰-۴: نمودار تحلیل چرخه ای مدل با تیر (2B-1.1D-4T18) ...**Error! Bookmark not defined.**

شکل ۱۱-۴: نمودار تحلیل چرخه ای مدل با تیر (2B-1.1D-4T20) ...**Error! Bookmark not defined.**

فهرست شکل‌ها

شماره و عنوان شکل	صفحه
-------------------	------

شکل ۱۲-۴: نمودار تحلیل چرخه ای مدل با تیر (2B-1.1D-6T18).....**Error! Bookmark not defined.**

شکل ۱۳-۴: نمودار تحلیل چرخه ای مدل با تیر (2B-1.1D-6T20).....**Error! Bookmark not defined.**

شکل ۱۴-۴: نمودار تحلیل چرخه ای مدل با تیر (2B-1.1D-6T22).....**Error! Bookmark not defined.**

شکل ۱۵-۴: مقایسه آستانه مقاومت مدل 2B-1.0D-6T18 با مدل تیر B1**Error! Bookmark not defined.**

شکل ۱۶-۴: مقایسه آستانه مقاومت مدل 2B-1.1D-4T18 با مدل تیر B1**Error! Bookmark not defined.**

شکل ۱۷-۴: مقایسه معیار رفتار خمشی مدل 2B-1.0D-6T20 با مدل B1**Error! Bookmark not defined.**

شکل ۱۸-۴: مقایسه معیار رفتار خمشی مدل 2B-1.1D-6T22 با مدل B1**Error! Bookmark not defined.**

شکل ۱۹-۴: منحنی استهلاک انرژی دیوار همبند 2B-1.0D-6T18.....**Error! Bookmark not defined.**

شکل ۲۰-۴: منحنی استهلاک انرژی دیوار همبند 2B-1.1D-4T20.....**Error! Bookmark not defined.**

شکل ۲۱-۴: ترتیب ترک خوردگی و کرنش‌های پلاستیک در دیوار برشی همبسته؛ الف) دیوار با تیر همبند متداول؛ ب) دیوار با تیر همبند تقسیم شده**Error! Bookmark not defined.**

شکل ۲۲-۴: نمودار تحلیل چرخه ای مدل با تیر (1B-6T20).....**Error! Bookmark not defined.**

شکل ۲۳-۴: نمودار تحلیل چرخه ای مدل با تیر (2B-1.0D-4T16).....**Error! Bookmark not defined.**

شکل ۲۴-۴: نمودار تحلیل چرخه ای مدل با تیر (2B-1.0D-4T18).....**Error! Bookmark not defined.**

شکل ۲۵-۴: نمودار تحلیل چرخه ای مدل با تیر (2B-1.0D-4T20).....**Error! Bookmark not defined.**

شکل ۲۶-۴: نمودار تحلیل چرخه ای مدل با تیر (2B-1.0D-6T18).....**Error! Bookmark not defined.**

شکل ۲۷-۴: نمودار تحلیل چرخه ای مدل با تیر (2B-1.0D-6T20).....**Error! Bookmark not defined.**

شکل ۲۸-۴: نمودار تحلیل چرخه ای مدل با تیر (2B-1.0D-6T22).....**Error! Bookmark not defined.**

شکل ۴-۲۹: نمودار تحلیل چرخه ای مدل با تیر (2B-1.1D-4T16).....**Error! Bookmark not defined.**

شکل ۴-۳۰: نمودار تحلیل چرخه ای مدل با تیر (2B-1.1D-4T18).....**Error! Bookmark not defined.**

شکل ۴-۳۱: نمودار تحلیل چرخه ای مدل با تیر (2B-1.1D-4T20).....**Error! Bookmark not defined.**

شکل ۴-۳۲: نمودار تحلیل چرخه ای مدل با تیر (2B-1.1D-6T18).....**Error! Bookmark not defined.**

شکل ۴-۳۳: نمودار تحلیل چرخه ای مدل با تیر (2B-1.1D-6T20).....**Error! Bookmark not defined.**

شکل ۴-۳۴: نمودار تحلیل چرخه ای مدل با تیر (2B-1.1D-6T22).....**Error! Bookmark not defined.**

شکل ۴-۳۵: مقایسه آستانه مقاومت مدل 2B-1.0D-4T20 با مدل تیر B1 **Error! Bookmark not defined.**

شکل ۴-۳۶: مقایسه آستانه مقاومت مدل 2B-1.1D-4T18 با مدل تیر B1 **Error! Bookmark not defined.**

فهرست شکل‌ها

صفحه

شماره و عنوان شکل

شکل ۴-۳۷: مقایسه معیار رفتار خمشی مدل 2B-1.0D-6T20 با مدل B1**Error! Bookmark not defined.**

شکل ۴-۳۸: مقایسه معیار رفتار خمشی مدل 2B-1.1D-6T22 با مدل B1**Error! Bookmark not defined.**

شکل ۴-۳۹: منحنی استهلاک انرژی دیوار همبند 2B-1.0D-4T20.....**Error! Bookmark not defined.**

شکل ۴-۴۰: منحنی استهلاک انرژی دیوار همبند 2B-1.1D-4T18.....**Error! Bookmark not defined.**

شکل ۴-۴۱: ترتیب ترک خوردگی و کرنش‌های پلاستیک در دیوار برشی همبسته؛ الف) دیوار با تیر همبند متداول؛ ب) دیوار با تیر همبند تقسیم شده.....**Error! Bookmark not defined.**

شکل ۴-۴۲: نمودار تحلیل چرخه ای مدل با تیر (1B-6T20).....**Error! Bookmark not defined.**

شکل ۴-۴۳: نمودار تحلیل چرخه ای مدل با تیر (2B-1.0-4T20).....**Error! Bookmark not defined.**

شکل ۴-۴۴: نمودار تحلیل چرخه ای مدل با تیر (2B-1.1-4T20).....**Error! Bookmark not defined.**

شکل ۴-۴۵: مقایسه آستانه مقاومت مدل 2B-1.0D-4T20 با مدل تیر B1**Error! Bookmark not defined.**

شکل ۴-۴۶: مقایسه آستانه مقاومت مدل B-1.1D-4T20 با مدل تیر B1
Error! Bookmark not defined.

فصل اول:

کلیات پژوهش

۱- کلیات پژوهش

۱-۱- مقدمه

امروزه با گسترش بلند مرتبه سازی در شهرهای بزرگ و لزوم کنترل تغییرشکل‌ها در عین تامین سختی مناسب در این سازه‌ها، یکی از بهترین گزینه‌ها استفاده از دیوار برشی می‌باشد. از طرف دیگر، ملاحظات معماری و تاکید بر استفاده بهینه از فضاها و بازشوها، استفاده از دیوار برشی همبند را اجتناب‌ناپذیر می‌کند. دیوار برشی همبند شامل دو و یا چند دیوار جدا از هم در یک محور است که با تیرهای همبند به هم متصل شده‌اند. تیرهای همبند اولین خط دفاعی این سیستم در برابر بارهای جانبی است. بنابراین طراحی مناسب آنها تاثیر زیادی بر رفتار کل سیستم جانبی خواهد داشت.

تیرهای همبند متداول، عمدتاً با گسیختگی زود هنگام به دلیل تشکیل مفاصل پلاستیک برشی در سیکل‌های رفت و برگشتی ناشی از بارهای جانبی، دچار شکست ترد می‌شوند. لذا لازم است که از پیکربندی جدیدی که براساس مکانیزم مفاصل پلاستیک خمشی تحمل سیکل‌های بیشتری را داشته باشد، ارائه گردد. بهترین حالت برای یک دیوار برشی همبند آن است که تیرهای همبند قبل از اینکه دیوارها به تسلیم برسند، دچار گسیختگی شوند. در دیوار برشی معمولی، لولای خمیری درپای دیوار به وجود می‌آید که نسبت به دیوار برشی کوپله که لولاهای خمیری در انتهای تیرها به وجود می‌آید، اتلاف انرژی آن کمتر است. دلیل آن هم تعداد و طول ناحیه خمیری ایجاد شده است. به تبع آن در شکل‌پذیری سازه نیز تاثیر بسزایی می‌گذارد.

پارامتر بسیار مهم در دیوارهای برشی همبند نسبت سختی تیر همبند به دیوارهای طرفین است. این پارامتر نشان‌دهنده میزان همبستگی بین دو دیوار می‌باشد. در صورتی که سختی تیر همبند کم باشد، رفتار مجموعه به دو دیوار برشی مجزا نزدیک‌تر می‌شود و با افزایش سختی تیر همبند، رفتار مجموعه به دیوار برشی یکپارچه نزدیک‌تر خواهد بود. سختی تیرهای همبند تحت تأثیر متغیرهای مختلفی از جمله عمق تیر می‌باشد. (مینا صادقلو، ۱۳۹۲)

پیکربندی مناسب مقطع تیر همبند در ارتفاع سازه باید طوری انجام گیرد که سیستم مناسب‌ترین عملکرد را از خود نشان دهد و پارامترهای مهم از جمله تغییرشکل‌ها و نوع مکانیزم شکست و مقدار استهلاک انرژی سیستم را که مدنظر طراح است، تحت کنترل درآورد.

۱-۲- اهمیت تحقیق

همواره مکانیزم شکست در سیستم دیوار برشی همبند مورد بررسی محققان بوده و پیشنهادات مختلفی برای جلوگیری از رفتار ترد تیرها ارائه گردیده است. استفاده از شکل‌های گوناگون تیرهای فولادی، فولاد- بتن (مركب)، بتن‌های الیافی HPFRCC^۱ از این دسته پیشنهادات بوده است. تشکیل مفاصل برشی در تیرهای همبند باعث رفتاری ترد و شکننده در تیرها می‌شود که دلیل اصلی آن شرکت نداشتن میلگردها در مقابله با نیروهای برشی ایجاد شده است. در صورتی که نسبت ابعادی تیرهای همبند طوری انتخاب گردد که نقش میلگردها در رفتار سیستم تعیین کننده باشد، باید انتظار تشکیل مفاصل پلاستیک خمشی را داشت که رفتار شکل‌پذیرتری را به دنبال دارد. در این تحقیق پیشنهاد جدیدی ارائه شده که در صورت تحقق هدف یاد شده، می‌توان به سهولت در کارهای اجرایی از آن استفاده کرد.

۱-۳- هدف تحقیق

هدف اصلی در این پژوهش جلوگیری از شکست‌های زود هنگام و ترد تیرهای همبند و تعیین تیپ‌بندی مناسب تیرها در ارتفاع سازه است. افزایش ارتفاع تیرهای همبند و تبدیل این تیرها به تیرهای عمیق باعث می‌شود رفتار کلی مجموعه تحت تاثیر قرار گیرد و مکانیزم به سمت تشکیل مفاصل برشی در تیرها سوق پیدا کند. بنابراین با تعیین مقاطع مناسب می‌توان در جهت بهینه کردن سازه پیش رفت و سطح عملکرد سازه را به نقطه مطلوب‌تر نزدیک نمود. علاوه بر آن، هدف دیگر تامین مقاومت لازم برابر با مقاومت تیرهای همبند معمولی است. با توجه به نیروهای جانبی در ارتفاع سازه، می‌توان تصور کرد که تغییر ارتفاع مقاطع تیر همبند در دیوار برشی همبند می‌تواند در رفتار لرزه‌ای آن تاثیرگذار باشد. با استناد به نمودارهای توزیع لنگر خمشی و برش در ارتفاع سازه، می‌توان مدلی برای تعیین مقطع مناسب در سازه به دست آورد که بهترین عملکرد را در برابر نیروهای جانبی داشته باشد. شکل‌پذیری و جذب انرژی از مؤلفه‌هایی است که بیشینه شدن آن نتیجه عملکرد بهینه مقاطع خواهد بود. بدین منظور برای کاهش ارتفاع تیرها و تغییر رفتار آنها به رفتار خمشی، مدل زوج تیر همبند با رفتار خمشی پیشنهاد شده است. باید ملاحظات معماری و اقتصادی طرح پیشنهادی نیز با توجه به مزیت‌های آن سنجیده شود.

۱-۴- پیشینه تحقیق

۱-۴-۱- چائو و کانگ^۲ (۱۹۹۶)

چائو و کانگ به تحلیل دینامیکی دیوار برشی همبند سخت شده پرداختند. آنها با تحلیل ارتعاش آزاد دیوار برشی

1. High-Performance Fiber Reinforced Cementitious Composites
2. J.S.Kuang & C.K.Chau

سخت شده به بررسی اثر تیر سخت کننده بر ویژگی‌های لرزه‌ای سازه پرداختند و محل بهینه برای تیر سخت شده را به گونه‌ای که باعث افزایش فرکانس طبیعی سازه شود، پیشنهاد دادند. آنها کفایت سازه دیوار برشی همبند را هنگام افزودن تیر سخت شده و یا قیود صلب در بالاترین تراز سازه و یا در ترازهای مختلف سازه مورد بررسی قرار دادند و به این نتیجه رسیدند که افزایش نیروی محوری و کاهش لنگر خمشی باعث کاهش تغییرشکل جانبی در سازه می‌شود. نتایج و نمودارها نشان دادند که ارتفاع بین $0/4$ و $0/5$ ارتفاع سازه، ارتفاع بهینه برای تیر سخت کننده است. (چائو و کانگ، ۱۹۹۶)

۱-۴-۲- پائولی^۱ (۲۰۰۲)

پائولی به بررسی شکل‌پذیری دیوارهای همبند پرداخت و به این نتیجه رسید که دیوارهای همبند محاسن و ویژگی‌هایی دارد که عبارتند از:

۱. کنترل تغییر مکان بسیار عالی.
۲. یک سیستم همبند قوی، امکان استفاده از دیوارهای لاغر بدون به خطر انداختن حدود مجاز تغییرشکل نسبی^۲ طبقات را فراهم می‌کند.
۳. حدود تغییر شکل‌ها در خلال یک پاسخ شکل‌پذیر متأثر از مدهای دینامیکی بالاتر نمی‌باشد (پائولی، ۲۰۰۲).

۱-۴-۳- دوران^۳ (۲۰۰۳)

یک آرماتورگذاری مناسب و کافی، میرایی هیستریزیس بزرگتری نسبت به ساختمان‌های متداول با دیوار برشی از خود نشان می‌دهد. دوران به تحلیل الاستوپلاستیک دیوار برشی همبند بتنی مسلح پرداخت و برای این کار از مدل‌سازی فرم خرابایی برای طراحی استفاده کرد. در این کار محاسبه سختی تیرهای پیوندی مهم بود. بدین منظور یک پارامتر تغییر و اصلاح سختی معادل تیر همبند تهیه گردیده و رابطه‌ای که ارتباط بین سختی معادل الاستیک و پلاستیک را تعریف می‌کند، ارائه داده شده است. در این مطالعه دو نوع از مدل‌سازی برای تحلیل دیوار برشی در برابر بارهای جانبی در نظر گرفته شده است: ۱- روش اجزای محدود؛ ۲- قاب خرابایی معادل. استفاده از مدل‌سازی به روش قاب خرابایی معادل برای تحلیل سیستم دیوار برشی همبند یکی از مهم‌ترین روش‌ها در طراحی است.

رفتار المان‌هایی که دو دیوار برشی را به هم متصل می‌کنند، بستگی به هندسه المان‌های همبند و مشخصات مکانیکی بتن و میلگرد دارد. برای تخمین واقعی سیستم دیوار برشی همبند ضروری است که فضای پلاستیکی برای قسمتی از این سیستم در نظر گرفته شود. در این مدل‌سازی فقط سختی المان‌های همبند متغیر بوده و اگر سختی

1. Pauly
2. Drift
3. B. Doran

المان‌های همبند محاسبه شود، این روش نتایج کاربردی دقیقی خواهد داشت (دوران، ۲۰۱۳).

۱-۴-۴- ژائو و همکاران^۱ (۲۰۰۴)

ژائو و همکارانش به بررسی تاثیر ارتفاع تیر همبند و درصد آرماتور برشی آن در آزمایشگاه پرداختند و به این نتیجه رسیدند که تیرهای همبند با نسبت دهانه به ضخامت کمتر از ۲ شبیه به تیرهای عمیق رفتار می‌کنند و در برش دچار شکست می‌شوند. همچنین به این نتیجه رسیدند که تیرهای کوبله با درصد آرماتور برشی کمتر دچار گسیختگی برشی-کششی می‌شوند. اما نمونه‌هایی با آرماتور برشی بیشتر اغلب دچار گسیختگی لغزشی-برشی می‌شوند (ژائو و همکاران، ۲۰۰۴).

۱-۴-۵- بزدوغان^۲ (۲۰۰۶)

بزدوغان روشی برای تحلیل ارتعاش آزاد دیوارهای برشی همبند سخت شده، ارائه داد. او یک روش تقریبی بر اساس روش ماتریس انتقال پیشنهاد کرد. در این روش کل سازه مانند یک تیر ساندویچی (تیری که از همه طرف مقید است) فرض شده است. ابتدا معادلات دیفرانسیل برای تیر معادل نوشته شده و سپس شکل تابع برای هر طبقه از حل معادلات دیفرانسیل به دست می‌آید. با نوشتن شرایط مرزی و ماتریس انتقال طبقات و به وسیله این توابع شکل، مدها و زمان‌های تناوب سازه محاسبه می‌شود. دیوارهای برشی معمولاً در ساختمان‌های بلند با این هدف استفاده می‌شوند که مقاومت سازه را در برابر بارهای جانبی افزایش دهند. با اتصال تیر سخت شده در ترازهای مختلف رفتار دیوار برشی همبند بهبود پیدا می‌کند. با مثال‌هایی که با این روش حل شده‌اند و مقایسه‌ی این روش با روش اجزای محدود، مطابقت خوبی بین دو روش مشاهده می‌شود و روش پیشنهادی برای مراحل تحلیل و طراحی به اندازه کافی ساده و دقیق است و این روش برای انجام برنامه‌های رایانه‌ای مناسب است. (بزدوغان، ۲۰۰۶)

۱-۴-۶- رسات اوغلو و همکاران^۳ (۲۰۱۰)

رسات اوغلو و همکاران به تحلیل استاتیکی تحت بار جانبی دلخواه دیوارهای برشی همبند غیرمسطح و غیرمتمقان^۴ پرداختند. محققان قبلی بر روی سیستم‌های متمقان متمرکز شده بودند، ولی در حال حاضر توجه خاصی به سیستم‌های غیرمتمقان در دو زمینه تئوری و عددی وجود دارد. در ساختمان‌های بتنی مسلح نیروی جانبی به وسیله چینش خاصی از دیوارهای برشی تحمل می‌شود. ضعیف کردن دیوارهای برشی در ساختمان‌های بلند به وسیله بازشوها یکی از مسائلی است که مهندسين سازه مکرر با آن مواجه می‌شوند. هنگامی که عملکرد همبندی میان

1. Zhao et al
2. K .B. Bozdogon
3. R.Resatoglu et al
4. non-planar non-symmetrical coupled shear walls

دیوارها به وسیله بازسوها پخش می‌شود، مقدار لنگر نهایی که به وسیله نیروهای محوری در دیوار تشکیل می‌شود و ناشی از افزایش سختی سیستم همبند به وسیله تیرهای پیوند می‌باشد، مهم می‌گردد. مطالعه بر روی تغییرشکل‌های صفحه‌ای، برون‌صفحه‌ای و پیچشی دیوارهای برشی همبند، تحلیل دیوارهای برشی غیرمسطح نامیده می‌شود. در تحلیل دیوارهای برشی غیرمسطح رفتار خمشی و پیچشی تحت بارهای خارجی باید در تحلیل‌ها بحساب آید. در این تحقیق یک مثال دیوار برشی با نرم‌افزار سپ ۲۰۰۰^۱ و تئوری ارائه و حل شده است و جابجایی به دست آمده در هر دو روش مقایسه گردیده و نتایج به دست آمده از این تحلیل به طور کامل با سپ مطابقت دارد. (رسات‌اوغلو و همکاران، ۲۰۱۰)

۱-۴-۷- هوندركمپ^۲ (۲۰۱۱)

هوندركمپ به بررسی تاثیر دیوار برشی تنها بر رفتار دیوار برشی همبند در ساختمان‌های بلند پرداخت. او در این مقاله یک روش ساده‌ی تحلیلی برای تعیین تأثیر دیوار برشی تنها (SSW)^۳ بر روی درجه همبستگی (DOC)^۴ و حداکثر تقاضای برش برای تیرهای دیوار برشی همبسته (CSW)^۵ در سازه‌هایی که دارای چند دیوار برشی (MSW)^۶ هستند، ارائه کرد. در سازه‌های MSW، دیوار برشی تنها همبند به حساب نمی‌آید، تیرهای همبند، لنگرهای خمشی در دیوار برشی همبسته را کاهش و درجه همبستگی را افزایش می‌دهد. آنها همچنین محل اندازه برش ماکزیمم و میزان چرخش تیرهای همبند را تغییر می‌دهند. در این مقاله روش گرافیکی پیشنهاد شده امکان تشخیص سریع تغییر مکان افقی سازه دیوار برشی همبسته در سازه‌های MSW که در معرض بارهای جانبی با الگوی توزیع مثلثی شکل می‌باشند را فراهم می‌سازند. هنگامی که سازه دیوار برشی مذکور در معرض بارهای جانبی قرار می‌گیرد، لنگر واژگونی به دو مؤلفه تقسیم می‌گردد.

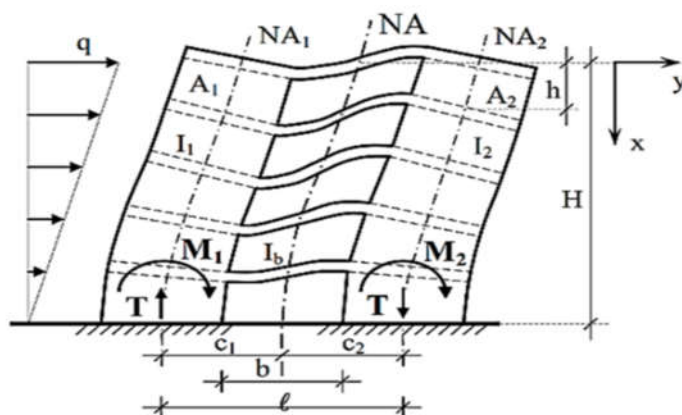
لنگرهای اصلی M_1 و M_2 با دیوارهای تکی حمل می‌شوند و لنگرهای خمشی محوری TL که با ضرب نیروی محوری T که در اثر نیروهای برشی در تیرهای همبند بوجود آمده، در فاصله مرکز تا مرکز بین دو پایه دیوار (L) ایجاد می‌شود. ارتباط این دو لنگر پارامتری بنام درجه همبستگی (DOC) را به وجود می‌آورد که برابر است با لنگر محوری تقسیم بر مجموع لنگرهای سیستم (معادله (۱-۱)).

-
1. SAP 2000
 2. J.C.D Hoenderkamp
 3. Single Shear Wall
 4. Degree of Coupling
 5. Coupling Shear Wall
 6. Mixed Shear Wall

$$Doc = \frac{TL}{TL + M_1 + M_2} \quad (1-1)$$

نیروی برشی، در تیرهای همبند ($V_{b,max}$) و میانگین نیروی برشی ($V_{b,avg}$)، و رابطه بینشان، حداکثر تقاضای برش (PSD) را به دست می‌دهد (معادله (۲-۱)).

$$PSD = \frac{V_{b,max}}{V_{b,avg}} \quad (3-1)$$



شکل ۱-۱: سازه دیوار برشی کوپله (هوندراکمپ، ۲۰۱۱)

دو پارامتر درجه همبستگی و حداکثر تقاضای برش در طراحی سازه‌های دیوار برشی کوپله خیلی مهم هستند. در روش گرافیکی از دو پارامتر بی بعد K^2 و $K\alpha H$ برای تعریف رفتار سازه استفاده می‌شود. پارامتر $K\alpha H$ اجازه تشخیص سریع پنج پارامتر مهم طراحی تیر همبند (ماکزیمم نیروی برشی، ماکزیمم نسبت تقاضا، ماکزیمم تقاضای برش، ماکزیمم چرخش، محل‌های آن در سازه) را می‌دهد. همانطور که در شکل ۲-۱ مشاهده می‌شود، محدوده حداکثر تقاضای برش و تقاضای پیچش بین $1/24$ و $1/52$ می‌باشد. این روش محدود به سازه‌هایی است که منظم در پلان و ارتفاع هستند.

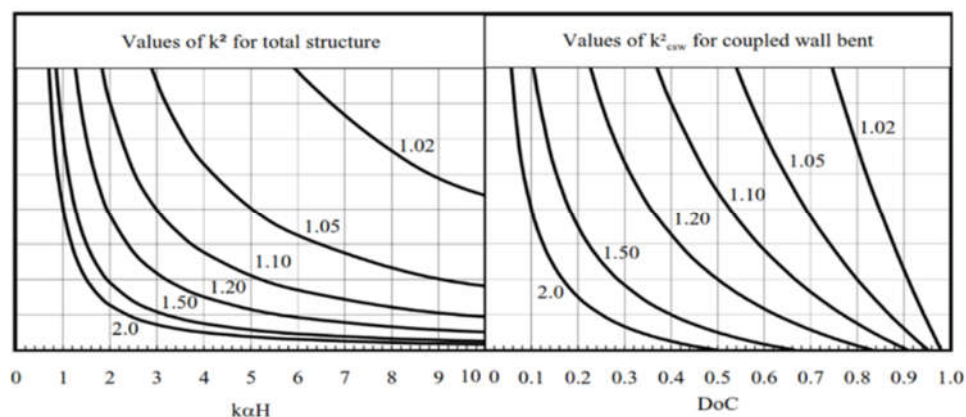
$$a^2 = \frac{GA}{EI} \quad (4-1)$$

GA سختی در برابر لغزش قاب و EI سختی خمشی قاب می‌باشد.

$$K^2 = \frac{EI + EAc^2}{EAc^2} \quad (5-1)$$

$$K_{csw}^2 = \frac{EI + EAc_{csw}^2}{EAc_{csw}^2} \quad (6-1)$$

$$EAc_{csw}^2 = \sum EA_i c_i^2 \quad (7-1)$$



شکل ۲-۱: پارامتر طراحی تیر همبند (هوندركمپ، ۲۰۱۱)

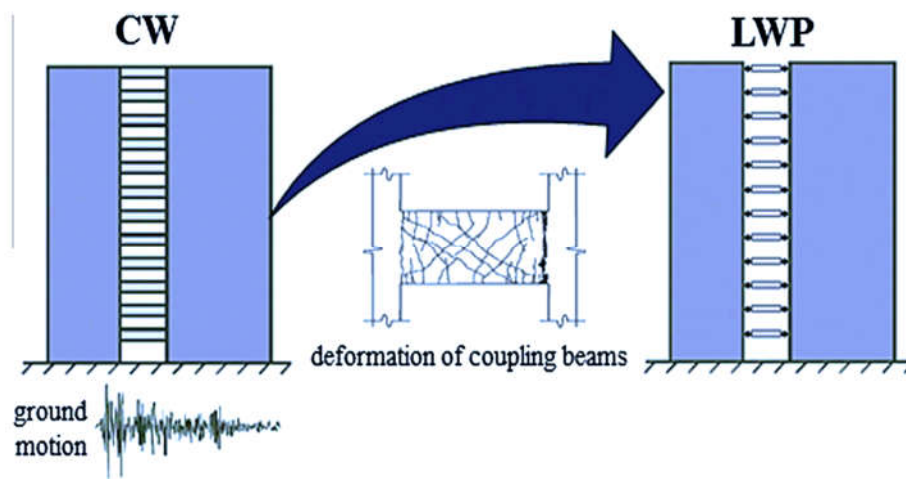
برای محاسبه سریع درجه همبستگی یک سازه در سازه‌هایی که دارای چند دیوار برشی هستند، نمودار شکل ۲-۱ می‌تواند کمک خوبی باشد. البته فقط در مواردی می‌توان از این نمودار استفاده کرد که $K^2 = K_{csw}^2$ باشد. (هوندركمپ، ۲۰۱۱)

۱-۴-۸- الجادی^۱ (۲۰۱۴)

الجادی به بررسی مراحل تبدیل سیستم دیوار برشی همبسته با تیرهای همبند (CCW)^۲ به سیستم دیوار برشی متصل با تیرهای مفصلی (LWP)^۳ پرداخت. زمانی که سیستم دیوار همبند در معرض نیروی لرزه‌ای شدید قرار می‌گیرد، براساس فرض، ابتدا تیرهای همبند به تسلیم رسیده و در دو انتهای آنها مفصل پلاستیک ایجاد می‌گردد که سیستم ایجاد شده با عنوان LWP شامل دو دیوار برشی متصل با مجموعه تیرهای مفصلی می‌باشد.

1. Abdelatey A. Eljadei
2. Coupled Core Walls
3. Linked Wall Piers

در این تحقیق پنج سازه ۱۲ طبقه که دیوار برشی همبسته مورد نظر در مرکز آن به صورت هسته دیوار برشی مدل گردیده و به صورت نامتقارن با تیرهای همبند پیوند شده‌اند، بررسی گردیده است. هر پنج نمونه دیوارهای برشی مشابه بوده و متغیر اصلی، درجه همبستگی در هر یک از آنهاست. برای طراحی دیوارها و یافتن مقدار نیروها و لنگرهای طراحی، آنالیز خطی به روش نیروی جانبی معادل (ELF)^۱ و روش محیط پیوسته (CMM)^۲ انجام گردید. در قسمت اصلی تحقیق از تحلیل غیر خطی استاتیکی (پوش‌اور) و دینامیکی استفاده شده و صلاحیت طراحی انجام شده و رفتار سیستم (CCW)^۳، و فرآیند تبدیل سیستم (CCW) به (LWP) مورد بررسی قرار گرفته است. از ویژگی‌های این تحقیق به عدم تقارن در هندسه و دینامیک سیستم اشاره شده است.



شکل ۳-۱: روند تبدیل سیستم سازه‌ای (الجدی، ۲۰۱۴)

نتایج نشان داد که خرابی در تیرهای همبند قبل از ایجاد رفتار پلاستیک در کل سیستم رخ می‌دهد. در حقیقت سازه از حالت دیوار برشی CCW به حالت دو دیوار برشی با تیرهمبند مفصلی LWP تبدیل می‌شود (شکل ۳-۱). براساس این روند، انتظار بیشتری از سیستم LWP در سطوح عملکرد پایین، به دلیل سختی بیشتر نسبت به CCW می‌رود. در این تحقیق از سیستم دوگانه دیوار برشی بتنی و تیرهای همبند فولادی استفاده شده است. سیستم دوگانه مورد بررسی در ناحیه خطی و در حالت LWP سختی جانبی مناسب از خود نشان داد.

در طی فرآیند تبدیل، از میزان عملکرد قابی به دلیل تسلیم تیرهای همبند و ایجاد مفاصل پلاستیک در انتهای آنها، کاسته شده است. در دو نقطه حد تسلیم و خرابی دیوارهای برشی، تیرهای همبند در نهایت ظرفیت خود بوده و

1. Equivalent Lateral Force
2. Continuous Medium Method
3. Coupled Core Wall

تغییر شکل‌های آنها به صورت غیر خطی است. تحلیل‌های پوش‌اور انجام شده نشان داد که ظرفیت دیوار در دو جهت متقابل با همدیگر متفاوت است.

طبق پیش‌بینی‌ها با ضعیف‌تر شدن تیرها و کاهش درجه همبستگی، نیروها در دیوارها پخش شده و تیرها در سطح تنش پایین‌تری تسلیم شدند. سیستم مورد بررسی جذب انرژی مناسبی نشان داد و حتی بعد از تسلیم شدن تیرها همچنان سیستم ظرفیتی بیشتر از آنچه در ELF محاسبه شده بود، داشت.

تحت تحلیل دینامیکی، سیستم عملکرد مناسبی را از نقطه نظر سطح عملکرد دریافت تحت رکوردهای السنترو، کوبه و نورث‌ریج داشت. تیرهایی که ظرفیت آنها ۸۰٪ کاهش یافته بود تا ۱٪ دریافت و بقیه نمونه‌ها تا ۲٪ دریافت را تحمل کرده اند. (الجدادی، ۲۰۱۴)

۱-۴-۹- سونگ وو و همکاران^۱ (۲۰۱۴)

بسیاری از تحقیقات نشان داده‌اند که در محاسبه سختی مؤثر تیرهای همبند بتنی، اختلاف زیادی میان نتایج به دست آمده با واقعیت وجود دارد. در سال ۲۰۱۴، سونگ وو و همکاران روش تحلیلی را با در نظر گرفتن تاثیر خمش و تغییر شکل‌های برشی برای تعیین سختی مؤثر تیرهای همبند (RC)^۲ معرفی کردند. مطالعه پارامتری روی ۱۴۴ تیر بتنی بدون میلگرد قطری (CCB)^۳ و ۴۸ نمونه تیر با میلگرد قطری (DCB)^۴ انجام شد و در نهایت ۲ معادله جهت تعیین سختی مؤثر پیشنهاد گردید که هر کدام تابعی از نسبت ابعادی، نسبت میلگرد عرضی، نسبت میلگردهای طولی، مقدار میلگردهای قطری و مقاومت فشاری بتن است.

در مطالعات اولیه به مقایسه معادلات پیشنهادی آیین‌نامه‌های ACI-318-11، آیین‌نامه نیوزلند NZS-3101 و مطالعات پیشین تاراناس (۱۹۹۸) و پائولی و پریستلی (۱۹۹۲) پرداخته شده است. نمونه‌های مورد مطالعه تیرها نیز از مطالعات پائولی^۵ (۱۹۶۴) و بینی^۶ (۱۹۷۲) انتخاب شده است.

نتایج به دست آمده نشان می‌دهد که مقدار سختی مؤثر با افزایش نسبت ابعادی، درصد میلگرد عرضی و طولی، مقدار میلگرد قطری افزایش و با افزایش مقاومت بتن کاهش می‌یابد. معادله به دست آمده برای سختی مؤثر از محاسبات پارامتری که از روش خرابایی به دست آمده‌اند، برای تیرهای CCB و DCB به صورت معادلات (۸-۱) و (۹-۱) پیشنهاد شد.

-
1. Ngoc ,Son Vu et al
 2. Reinforced concrete
 3. Concrete Coupling Beam
 4. Diagonally Reinforced
 5. Paulay. T
 6. Binney .J.R.

$$\kappa_{CCB} = \frac{I_e}{I_g} = 0.67 \left(1.8 \frac{l}{d} + 0.4 \frac{l^2}{d^2} \right) (0.9 + 0.7\rho_v + 1.1\rho_s) \left(0.5 + 11/f'_c \right) \quad (8-1)$$

$$\kappa_{DCB} = \frac{I_e}{I_g} = 0.65 \left(1.6 + 0.9 \frac{l}{d} \right) (0.4 + 1.7\rho_{sd}) \left(0.7 + 14/f'_c \right) \quad (9-1)$$

مقایسه نمونه‌های عددی به دست آمده از معادلات با نمونه‌های آزمایشگاهی نشان دهنده مطابقت مناسب نتایج با همدیگر بود (سونگ وو و همکاران، ۲۰۱۴).

۱-۴-۱- محمد حاج صادقی و همکاران^۱ (۲۰۱۴)

محمد حاج صادقی و همکاران در سال ۲۰۱۴ خاصیت جذب انرژی در سیکل‌های بارگذاری توسط تیرهای همبند فولادی با جان موجدار را بررسی کردند. در این مطالعه رفتار تیر همبند فولادی با سخت‌کننده جان و تیر همبند فولادی با جان موجدار از روش‌های عددی اجزای محدود ارزیابی شده است. کاربرد جان چین‌دار یا موجی به جای جان صاف با سخت‌کننده در تیرهای فولادی به تازگی مطرح شده و تاثیر مثبت آن در جذب انرژی سیستم همبند در تحقیقات اخیر دیده شده است. تیرهای موجدار همچنین از لحاظ معماری از امتیازاتی چون زمان و هزینه کمتر و منظر بهتر سازه برخوردار بوده و از لحاظ سازه‌ای دارای عملکرد لرزه‌ای مناسب هستند. (محمد حاج صادقی و همکاران، ۲۰۱۴)

مدل عددی اجزای محدود در نرم افزار انسیس^۲، بر اساس متغیرهایی شامل فرم جان صاف، دوزنقه ای، قوسی، زیگزاگ، ضخامت جان، تعداد نیم موجها و زاویه چین‌ها مدل شده است. علاوه بر این بخاطر امتیازات جان موجدار بجای سخت کننده و بهبود ظرفیت چرخشی نهایی تیرهای همبند فولادی، نتایج و یافته‌های این تحقیق نشان داد که این نوع تیرها قابلیت جذب انرژی مناسبی دارند و این موضوع با استفاده از نیم موجهای مناسب و طراحی درست حتی می‌تواند بهبود یابد.

در این تحقیق ۳۶ تیر فولادی همبند با جان صاف و موجدار بر اساس متغیرهای نامبرده مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج به دست آمده نشان داد که افزایش ضخامت جان باعث بهبود جذب انرژی در تیرها با جان موجدار می‌گردد. همچنین از عملکرد هیستریزس نمونه‌ها می‌توان دریافت که تعداد و زاویه نیم موجها می‌تواند در این مورد مؤثر باشد. براساس نتایج به دست آمده، این تیرها می‌تواند جایگزین مناسبی برای تیرهای با جان صاف باشد.

1. Mohammad Hajsadeghi at el
2. ANSYS

۱-۴-۱۱- سانگ وانگ و همکارانش^۱ (۲۰۱۵)

سانگ وانگ و همکارانش مشکل فضای کم در میان میلگردهای قطری مخصوصا در وسط دهانه تیر همبند را بررسی کردند. این مشکل منجر به فضای دسترسی کم به میلگردها در هنگام اجرا و بتن ریزی می‌گردد. برای جلوگیری از شکست‌های برشی - لغزشی در تیرهای همبند یکی از روش‌ها استفاده از میلگردهای قطری است. براساس مطالعات پائولی (۲۰۰۲) این میلگردها بر میزان ظرفیت شکل‌پذیری سیستم افزوده و تاحد زیادی از بروز مکانیزم برشی - لغزشی جلوگیری می‌کند. از نمونه واقعی این نوع مکانیزم خرابی بوجود آمده در تیرهای همبند ساختمان مونت مکینلی^۲ در بندر آلاسکا^۳ در زمین لرزه سال ۱۹۶۴ نام برد. (سانگ وانگ و همکاران، ۲۰۱۵)

بر اساس بند ۷.۲۱.۹ آیین نامه ACI-318 حداقل باید در هر مجموعه از آرماتور قطری ۴ میلگرد در گوشه‌ها با خاموت به همدیگر بسته شده باشند که این موضوع باعث تراکم میلگردها در وسط دهانه می‌گردد. مخصوصا اگر مقدار تنش برشی میانگین از $0.5\sqrt{f'_c}$ بیشتر باشد. با این حال در بند دیگری از آیین‌نامه آمده است، در صورتی که نسبت ابعادی تیری $2 < \left(\frac{l}{d}\right)$ باشد، استفاده از میلگرد قطری تأثیری در سیستم نمی‌گذارد. دلیل این امر کاهش مقدار زاویه α این میلگردها با محور طولی است.

در این مطالعه از تیرهای پیش ساخته‌ای استفاده شده است که در آنها میلگردهای قطری به صورت جفت به همدیگر بسته شده‌اند. علاوه بر روش عددی اجزای محدود با نرم‌افزار، بر روی نمونه‌هایی با مقیاس $1/2$ تحت بارگذاری‌های چرخه‌ای جهت صحت‌سنجی محاسبات تحلیلی، آزمایشات تجربی نیز انجام گردیده است. پیوند میلگردها باعث افزایش فضای کار میان میلگردها و سادگی عملیات اجرایی گشته و زاویه α را بامحور طولی نسبت به نمونه آیین‌نامه‌ای افزایش می‌دهد. برای هر دو حالت آیین‌نامه‌ای و مدل پیشنهادی، دو نمونه به ترتیب با نام‌های SD^4 و BD^5 با نسبت ابعادی ۲ و $3/5$ ساخته و تحت بارگذاری قرار داده شد.

نتایج به دست آمده حاکی از آن بود که نمونه‌های پیشنهادی شکل‌پذیری و جذب انرژی قابل قبولی را نسبت به مدل آیین‌نامه‌ای از خود نشان دادند. افزایش زاویه α برای نمونه‌های BD باعث افزایش ظرفیت خمشی و برشی تیرهای همبند نسبت به نمونه‌های آزمایش گردید.

۱-۴-۱۲- ناطقی الهی و زند پارسا (۱۳۸۰)

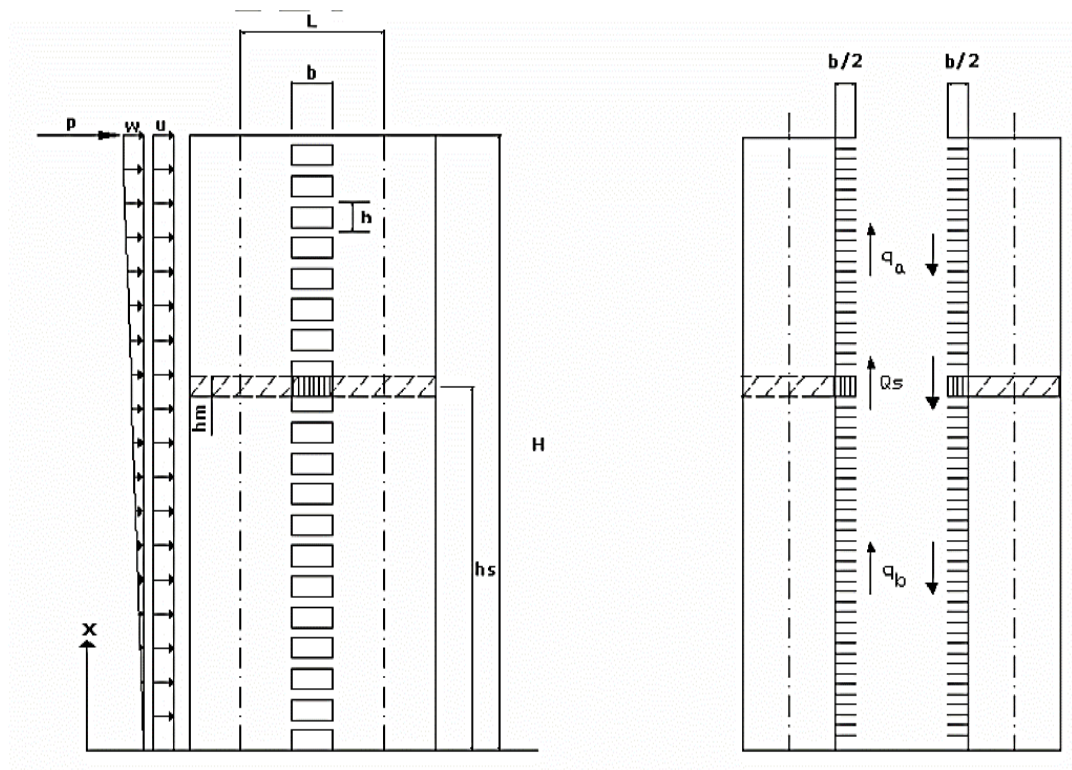
ناطق الهی و زند پارسا به بررسی تیر سخت‌کننده فوقانی بر رفتار دیوار برشی همبسته پرداختند. آنها ابتدا

-
3. Sang Whan Han et al
 1. Mount McKinley building
 2. Anchorage, Alaska
 3. Reinforcement Detail According to ACI 318-11
 4. Bundled diagonal

مراحل مختلف محاسبه سختی دیوارهای برشی همبند را براساس تیرهای ارتباطی و نحوه تحلیل دیوار مطالعه و سپس دیوار برشی همبند را با تیر سخت‌کننده فوقانی را مورد بررسی دستی و تحلیل رایانه‌ای قرار دادند. نتایج به دست آمده حاکی از آن بود که با فرض صلب بودن شالوده، تیر فوقانی حدود ۱۲٪ کاهش در تغییرمکان حداکثر و با فرض غیرصلب بودن شالوده، تیر فوقانی حدود ۵٪ کاهش در تغییرمکان حداکثر به وجود آورده است.

1-4-13- فدایی و خسروی و صفاری (۱۳۸۵)

فدایی و خسروی و صفاری روشی برای محاسبه بار بحرانی گسترده یکنواخت به روی دیوار برشی همبسته سخت شده ارائه کردند. جهت بکارگیری عملکرد متقابل دیوارهای دو سمت بازشوها، آنها را با تیر رابطی به هم وصل کرده و عملکرد همبسته را به وجود آوردند. در بسیاری از موارد ممکن است به علت کم بودن ارتفاع تیرهای رابط سختی لازم برای مقابله با بارهای جانبی ایجاد نشود (شکل ۴-۱).



شکل ۴-۱: دیوار برشی همبند و سازه جایگزین شده (فدایی و خسروی، ۱۳۸۵)

جهت افزایش توانایی دیوار، تیرهایی با سختی زیاد در ترازهای ارتفاعی خاصی افزوده و دیوار برشی همبسته سخت شده تشکیل شده است. این دیوارها تحت اثر بارهای محوری که ناشی از وزن می‌باشد، قرار گرفته و به علت ارتفاع زیادشان، نیروی محوری بر رفتارشان تاثیر می‌گذارد. آنها یک فرمول‌بندی ساده برای تعیین بار بحرانی دیوار

برشی همبند سخت شده تحت اثر نیروهای گرانشی ارائه کرده‌اند و با استفاده از نمودارها و فرمول‌بندی ارائه شده در مقاله، رفتار دیوار برای سه حالت مختلف ارتفاع تیر سخت کننده ($\frac{1}{3}H$ و $\frac{1}{2}H$ و $\frac{2}{3}H$) بررسی شده و بیشترین بار بحرانی در حالتی که تیر سخت کننده در حدود $\frac{2}{3}$ ارتفاع کل دیوار قرار گرفت به دست آمده است (جدول ۱-۱).

جدول ۱-۱: مقایسه بار کمانشی بین فرمول پیشنهادی و نرم‌افزار انسیس برای $HM=1$ و

$H=67.2$ (فدایی و خسروی، ۱۳۸۵)

$\frac{H}{3}$	$\frac{H}{2}$	$\frac{2H}{3}$	موقعیت تیر سخت کننده
۲۱۱۰	۱۸۰۹	۱۹۹۰	$P_{cr}(t/m)$ با روش پیشنهادی
۱۸۵۰	۱۷۰۳	۱۶۱۰	$P_{cr}(t/m)$ با نرم افزار Ansys

۱-۴-۱- سامان امیری سوادردباری و خسروبرگی (۱۳۹۲)

سامان امیری سوادردباری و خسروبرگی به مقایسه انواع موجود تیرهای همبند پرداختند. با توجه به پیچیده و زمانبر بودن ساخت و اجرای آرماتورهای قطری در تیرهای همبند بتنی، استفاده از تیرهای همبند فولادی، فولادی - بتنی (مکب) و تیرهای همبند ساخته شده از بتن الیافی HPFRCC جایگزین مناسبی برای این تیرها می‌باشد. هدف از این تحقیق مقایسه نتایج تحقیقات قبلی و آزمایشات انجام گرفته در این آزمایش برای تعیین مصالح مناسب می‌باشد.

استفاده از بتن الیافی با توجه به اینکه باعث افزایش مقاومت برشی و شکل‌پذیری بیشتر در تیر همبند می‌گردد، می‌تواند یکی از مصالح مناسب در کاربرد سازه‌های بلند باشد. بررسی رفتار تیر همبند با مصالح شکل‌پذیر توسط کنبالات و همکارانش^۱ مورد ارزیابی قرار گرفته و نتایج حاکی از آن است که آرماتورهای قطری جهت دستیابی به تغییر شکل‌های بالاتر مورد نیاز است، ولی می‌توان تنگ‌های مربوط به آنها را حذف کرد.

سامان امیری با انجام آزمایشات بروی تیرهای همبند ساخته شده با بتن الیافی HPFRCC به نتایج زیر دست

یافته است:

۱. افزایش ۱۵٪ مقاومت نهایی در نمونه‌های ساخته شده با بتن الیافی در مقایسه با بتن معمولی.

۲. افزایش مقاومت برشی و خمشی در نمونه‌های ساخته شده با بتن الیافی در مقایسه با بتن معمولی.
 ۳. امکان کاهش ۳۰٪ استفاده از آرماتور قطری در نمونه‌های ساخته شده با بتن الیافی نسبت به بتن معمولی.
 ۴. افزایش میزان جذب انرژی در نمونه‌های ساخته شده از بتن الیافی نسبت به بتن معمولی.
- در مورد تیرهای فولادی- بتن (مرکب)، هسته بتنی قرار گرفته در اطراف تیر همبند، میزان سختی تیر را افزایش داده و همچنین از ناپایداری جان و بال تیر همبند فولادی جلوگیری می‌کند. در تیرهای همبند فولادی نقطه‌ای که تیر همبند فولادی در درون دیوار ثابت می‌ماند، در فاصله تقریبی یک سوم طول تیر داخل دیوار می‌باشد.

فصل دوم:

دیوار برشی

همبسته

Family name:Teymiur moghaddam	Name:Sassan
Title of Thesis: Optimal Section of Spandrel Beams in Coupled Shear Wall System.	
Supervisors:Dr. Amin Gholizad, Dr. Asghar Amany Advisor(s): Dr. Vahid Akramy	
Graduate Degree M.Sc	
Major: Civil Eng.	Specialty: Structur Engineering
University: Mohaghegh Ardabili	Faculty: Engineering
Graduation date: 2018/23/01	Number of pages:99
<p>Abstract:</p> <p>Spandrel beams in the coupled shear walls play an important role in the overall behavior of the structure .Conventional spandrel beams, mainly fail in brittle early way due to the formation of shear plastic joints in lateral cyclic loading. Therefore, their proper behavior will improve the performance of the structure against earthquakes. Due to the nature of the spandrel beams, which are mostly sections with high depth and short length, these elements of the instrument are classified in the deep beams group. The large amount of internal forces against the shear is usually based on concrete. On the other hand, due to the brittle behavior of concrete, the shear-slip joints in the beam are created, which are considered as weaknesses in the concrete. A solution to prevent this problem is to transform the behavior of the beam into flexural behavior. In this regard, in this research, the use of two connected beams with the same height with conventional spandrel beam is proposed. Although expecting a reduction in the resistance of the proposed system, but more internal forces are delivered by the longitudinal reinforcement bars, it is expected that in this case, behavior is more smooth and more formidable than the structure.</p> <p>Although a reduction in resistance is expected in the proposed system, but more internal forces are delivered through the longitudinal reinforcement bars, and it is anticipated that in this case, can be see softer and perhaps more ductile behavior in the system.</p> <p>In the process of this research, the overall behavior of the coupled wall with the proposed beams and the type of created plastic joints under the cyclic loading analysis was investigated in the finite element software. The results show the efficiency of the proposed idea and the accuracy of proposed relations in design of these types of beams. In this idea, the aspect of the execution of the desired beam is also considered.</p>	
Keywords: Coupled Shear Wall, Divided Spandrel Beam, Flextural Behavior, Ductility	



University of Mohaghegh Ardabili
Faculty of Engineering
Department of Civil Engineering

Thesis is approved for the degree of M.Sc.
In Civil Engineering Structural Engineering

Title:

Optimal Section of Spandrel Beams in Coupled Shear Wall System

Supervisors:

Amin Gholizad (Ph. D)

Asghar Amani (Ph. D)

Advisor:

Vahid Akrami (Ph. D)

By:

Sassan Teymur Moghaddam

Janoury – 2018