بسم الله الرحمن الرحيم

وزارت علوم، تحقیقات و فناوری

دانشگاه تفرش

دانشکده مهندسی عمران

پایان نامه کارشناسی ارشد

ارزیابی طول مناسب مقطع هسته فولادی مهاربند کمانش تاب به منظور کاهش تغییرشکلهای ماندگار قاب

استاد راهنما:

آقای دکتر افشین مصلحی تبار

دانشجو:

مسلم گریوانی

اسفند 1389

با احترام به پدر و مادرم که همواره پشتیبان من بوده اند،

تقدیم به

همسر عزیزم

بنت الهدی

سپاسگزاری

بر خود لازم می‌دانم از زحمات تمامی کسانی که مرا در انجام این پایان نامه یاری نموده‌اند به ویژه از استاد گرانقدرم جناب آقای دکتر مصلحی تبار که راهنمایی این تحقیق را پذیرفتند، تقدیر و تشکر نمایم. از پدر و مادر عزیزم که در تمام دوران زندگی مرا پشتیبانی کردند و از همسر عزیزم بخاطر زحماتی که در تهیه این پایان نامه کشیده اند و همچنین از زحمات بی دریغ برادر عزیزم که در تمام مراحل تحصیلی مرا یاری کردند، سپاسگزاری می‌کنم.
ضمنا از زحمات خانم ویکتوریا ویگل و آقایان وفایی و شمشادیان که در انجام پایان نامه کمک کردند و نیز از اساتید گرانقدر آقایان دکتر دیلمی و دکتر سحاب که زحمت داوری این پایان نامه را بر عهده داشتند کمال تشکر را دارم.

چکیده

تا کنون انواع مختلفی از سیستم‌های سازه‌ای مقاوم در برابر زلزله مورد استفاده قرار گرفته است. سیستم‌های مرسوم مقاوم در برابر زلزله مانند مهاربندهای هم محور، مهاربندهای خارج از محور و قاب‌های همگرای ویژه تحت بار فشاری دچارکمانش می‌شوند و رفتار سیکلی نامتقارنی دارند.برای رفع مشکل کمانش مهاربندها در فشار، محققین سیستم جدیدی به نام سیستم قاب مهاربندی کمانش تاب[1] را ارائه دادند .

با وجود رفع مشکل کمانش تحت بار فشاری و رفتار چرخه‌ای متقارن در سیستم مهاربندی کمانش تاب، هنوز این سیستم دارای مشکلاتی از جمله سختی کم پس از تسلیم هسته فولادی و تغییر شکل‌های ماندگار در نواحی بحرانی قاب می‌باشد.

در این تحقیق کاهش طول قسمت تسلیم شونده مهاربند BRB جهت جلوگیری از تغییر شکل‌های ماندگار قابل توجه، و افزایش سختی جانبی مورد توجه قرار گرفته است. به منظور بررسی تغییر شکل‌های ماندگار قاب در نواحی بحرانی، هفت قاب BRBF در نرم افزار ABAQUS مدلسازی شد. در هر یک از این قاب‌ها نسبت طول تسلیم شونده به طول کل مهاربند تغییر یافته است. این قاب‌ها تحت پروتکل بارگذاری چرخه-ای AISC[2] برای BRBFها قرار گرفتند. نتایج نشان داد که با کاهش طول قسمت تسلیم شونده هسته فولادی، تغییر شکل‌های ماندگار نواحی بحرانی قاب کاهش پیدا می‌کنند و نسبت طول تسلیم شونده هسته فولادی به طول کل مهاربند 0/35 تا 0/45 نسبت مناسبی برای کاهش تغییر شکلهای ماندگار قاب و هسته فولادی مهاربند می‌باشد.

با کاهش طول قسمت تسلیم شونده هسته فولادی مشکل سختی کم پس از تسلیم مهاربندهای BRB مرسوم برطرف می‌شود.

استفاده از قطعه تیر در خارج از ناحیه اتصال، یکی دیگر از روش‌های کاهش تغییر شکل‌های ماندگار قاب است. در این تحقیق یک قاب BRBF به این روش مدلسازی شده است و تغییر شکل‌های ماندگار قاب گیردار با این قاب مقایسه شده‌اند. نتایج این مقایسه نشان می‌دهد استفاده از قطعه تیر در ناحیه اتصال تیر به ستون نیز کرنش‌های پلاستیک قاب BRBF را به حداقل می‌رساند.

کلمات کلیدی: قاب‌های مهاربندی کمانش تاب، BRBF، تغییر مکان جانبی طبقه، تحلیل شبه استاتیکی، شکل پذیری سازه، منحنی هیسترزیس.

1 Buckling Restrained Braced Frame (BRBF)

2 American Institute of Steel Construction

فهرست مطالب

۱-۱- مقدمه 1

1-1- پیشگفتار 2
1-2- اهداف پژوهش 3
1-3- ساختار پژوهش 3

۱-۲- مروری بر پیشینه تحقیق 5

2-1- مقدمه 6
2-2- سیستم مهاربندی کمانش تاب 11
۲-۲-۲- اصول سیستم مهاربندهای کمانش تاب و اجزای آن 12
۲-۲-۳- آزمایشات مهاربند کمانش تاب 15
۲-۲-۴- مروری بر مطالعات آزمایشگاهی مهاربند کمانش تاب مجزا 16
2-2-4-1- تحقیقات بلک و همکاران 16
2-2-4-2- تحقیقات مریت و همکاران 17
۲-۲-۵- آزمایشهای سیستم قابهای مهاربندی شده با مهاربند کمانش تاب 18
۲-۲-۵-۱- تحقیقات آیکن و همکاران 18
2-2-5-2- تحقیقات لوپز و همکاران 19
2-2-5-3- تحقیقات تسای و همکاران 19
2-2-5-4- تحقیقات کریستو پلوس 22
2-2-5-5- کوی 27
۲-۲-۶- تحلیل قابهای مهاربندی شده با مهاربند کمانش تاب 29
2-2-6-1- تحقیقات سبلی 29
2-2-6-2- تحقیقات لین وهمکاران 29
2-2-6-3- تحقیقات فاهنستوک و همکاران 30
2-2-6-4- تحقیقات اسماعیلی 30
۲-۲-۱- کاهش طول هسته فولادی تسلیم شونده BRB ها 30
2-2-1-1- آزمایشات انجام گرفته در خصوص کاهش طول هسته فولادی مهاربند BRB 31
2-2-1-2- نینگ و همکاران 31
2-2-1-3- تحقیقات ترمبلی و همکاران 35
2-2-1-4- تحقیقات مازولانی و همکاران 42

2-2-1-5- اهل حق 44
۲-۲-۲- فواید و معایب مهاربندهای کمانش تاب 45
۲-۲-۳- معیارهای طراحی و صدور قوانین 46
2-2-3-1- معیارهای پذیرش آزمایشات BRB و BRBFها 47
۲-۲-۴- طراحی لرزهای قاب های BRBF 48
2-2-4-1- مقاومت تنظیم شده مهاربند 48
2-2-4-2- روند طراحی قابهای BRBF 48

۱-۳- فصل سوم 51

3-1- کلیات 52
3-2- معرفی ایده پیشنهادی 53
۳-۲-۱- معرفی مشخصات هسته های فولادی بررسی شده در این تحقیق 53
3-3- ساختمان و قاب الگو 56
3-4- بازنگری تغییرات مدل برای مطالعه پارامتری 57
3-5- مدل پایه 57
3-6- مدلسازی المان محدود 58
۳-۶-۱- نرم افزار ABAQUS 58
۳-۶-۲- ایجاد مدل اجزای محدود قاب 59
3-6-2- 1- هسته فلزی 59
3-6-2- 2- تیر و ستون در ناحیه اتصالات طبقه سوم 60
3-6-2- 3- لچکی اتصال و سخت کننده های طبقه سوم 61
3-6-2- 4- پین متصل کننده مهاربند به لچکی اتصال 61
3-6-2- 5- تیر و ستون در غیر از نواحی اتصالات طبقه سوم 62
3-6-2-6- مهاربندها در طبقات دیگر (غیر از طبقه سوم) 62
3-6-2- 7- اتصال المان تیر به المان صفحه ای 62
3-6-2-8- ناحیه الاستیک هسته مهاربندها در طبقات دیگر (غیر از طبقه سوم) 62
۳-۶-۳- خصوصیات مصالح 63
۳-۶-۴- مش بندی المان محدود 65
3-6-4-2- ساده سازی های انجام گرفته در مدلسازی 66
3-7- صحت سنجی مدل 72

۱-۴- فصل 4 74

4-1- مقدمه 75
4-2- بارگذاری 75
4-3- بررسی رفتار کلی قاب 77
۴-۳-۱- رفتار طبقه 77
۴-۳-۲- رفتار مهاربند 82
4-3-2-1- محاسبه انرژی هیسترتیک E_h مهاربندهای BRB 86
4-3-2-3- محاسبه نسبت میرایی ویسکوز معادل 87
4-3-2-4- محاسبه شکل پذیری مهاربندها 88
4-4- رفتار موضعی قاب (بررسی تغییر شکلهای ماندگار) 89
۴-۴-۲- کرنش پلاستیک معادل 99
4-4-2-1-رفتار موضعی ناحیه 1 تحت پروتکل بارگذاری 100
4-4-2-2- رفتار موضعی ناحیه 2 تحت پروتکل بارگذاری 101
4-4-2-3- رفتار موضعی ناحیه 3 تحت پروتکل بارگذاری 102
4-4-2-4- رفتار موضعی ناحیه 4 تحت پروتکل بارگذاری 103
4-4-2-5- رفتار موضعی هسته تسلیم شونده مهاربند کمانش تاب تحت پروتکل بارگذاری 104
۴-۴-۳- تنشهای وون میسز 107
۴-۴-۴- تحلیل بار افزون بر روی قابهای BRBF 108
4-4-4-1- نتایج تحلیل بار افزون 108
4-5- طول مناسب هسته مهاربند کمانش تاب 109
4-6- روش دیگر جلوگیری از تغییر شکلهای ماندگار 114
۴-۶-۱- بررسی رفتار کلی قاب 115
4-6-1-1- رفتار طبقه 115
4-6-1-2- رفتار مهاربند 115
۴-۶-۲- رفتار موضعی قاب (بررسی تغییر شکلهای ماندگار) 117
4-6-2-2- کرنشهای پلاستیک 118
4-6-2-3- تنش وون میسز 119
4-6-2-4- نتایج تحلیل بار افزون 119

۵-۱- نتیجه گیری 121

5-1- نتایج 122
5-2- پیشنهادات برای مطالعات آتی 123

فهرست اشکال

شکل (2-1) عدم کمانش مهاربند کمانش تاب در نیروی فشاری 7

شکل (2-2) رفتار چرخه ای یک مهاربند متداول [9] 8

شکل (2-3) رابطه نیروی محوری-تغییر مکان محوری برای الف: مهاربند شمالی طبقه اول و ب: مهاربند جنوبی طبقه دوم (برگرفته از [2]) 9

شکل (2-4) نمونه ای از مقاطع مهاربندهای کمانش استفاده در ژاپن(برگرفته از [27]) 12

شکل (2-5) بهسازی سازه های بتنی با استفاده از مهاربندهای کمانش تاب(برگرفته از [27]) 12

شکل (2-6) مهاربند کمانش تاب آزمایش شده توسط کلارک و همکاران(1999)[29]. 13

شکل (2-7) محصور کردن هسته فولادی و جلوگیری از کمانش آن در فشار[28] 14

شکل (2-8) یک نوع مهاربند کمانش تاب معمولی 15

شکل (2-9) گسیختگی لچکی اتصال [44] 18

شکل (2-10) (a) پلان ساختمان نمونه، (b) پلان قاب مورد آزمایش و (c) نمای قاب آزمایش تسای (2003) [31] 20

شکل (2-11) اضافه کردن سخت کننده ها و مهاربندهای خارج از صفحه بعد از فاز 1 [31]. 21

شکل (2-12) تغییر شکل در (a) اتصال تیر-ستون-مهاربند طبقه سوم (b) تیر طبقه سوم در طی فاز 1 [31] ... 22

شکل (2-13) (a) تنظیمات کامل آزمایش (b) قاب آزمایش [33]. 23

شکل (2-14) تشکیل مفصل در آزمایش مهاربند کمانش تاب مرجع (کریستو پلوس 2005) [33]. 24

شکل (2-15) قاب آزمایش: (a) طبقات (b) عکس از قاب (فاهنستوک و همکاران، 2006)، [39] 26

شکل (2-16) جزئیات (a) اتصال تیر-ستون-مهاربند (b) اتصال تیر- مهاربند در وسط دهنه تیر [39] 27

شکل (2-17) قاب مورد آزمایش(کوی و همکاران 2007). [34] 28

شکل (2-18) تصویر از قاب پس از آزمایش (کوی و همکاران 2007) [34] 28

شکل (2-19) نمونه های BRB1 و BRB2 [50]..... 31

شکل (2-20) نمونه های BRB3 [50] 32

شکل (2-21) فاصله خالی بین هسته و غلاف [50]..... 32

شکل (2-22) منحنی هیسترزیس نمونه BRB-1 [50] 33

شکل (2-23) منحنی هیسترزیس نمونه BRB-2 (سمت راست) و گسیختگی هسته (سمت چپ) [50] 34

شکل (2-24) منحنی هیسترزیس مربوط به نمونهBRB3 [50] 35

شکل (2-25) مدهای خرابی (راست و وسط) و آزمایش تحت قاب مربوط به نمونه BRB3 [50]..... 35

شکل (2-26) قاب مورد آزمایش [35] 36

شکل (2-27) مقاطع BRB مورد آزمایش (a) پرشده با بتن (b) تمام فولادی [35]..... 36

شکل (2-28) جزئیات هسته فولادی BRB ها [35]..... 37

شکل (2-29) جزییات آرایش پیچ های اتصال BRB [35] 38

شکل (2-30) پروتکل های بارگذاری شبه استاتیکی(سمت راست) و دینامیکی (سمت چپ) [35] 38

شکل (2-31) منحنی بار جانبی-تغییر مکان جانبی نمونه ها (a) C1-1 (b) C2-1 (c) S1-1 [35]..... 40 HSS(h) S2-2 (g)S2-2 (f)S2-1 (e)S1-2 (d)

شکل (2-32) تغییر شکلهای ماندگار هسته [35] 41

شکل (2-33) ساختمان مورد آزمایش مازولانی و همکاران [36] 42

شکل (2-34) هندسه و مشخصات این مهاربندها [36]..... 43

شکل (2-35) منحنی برش پایه-دریفت بین طبقه ای [36]..... 43

شکل (2-36) موجهای کمانش هسته و فشار به غلاف 44

شکل (2-37) اتصال مهاربند با استفاده از ورق میانگذر [37] 44

شکل (2-38) روشهای جلوگیری از کمانش ورق میانگذر [37] 45

شکل (3-1) مشخصات قاب آزمایش الگو[38] 52

شکل (3-2) جزئیات مهاربند مورد بررسی..... 53

شکل (3-3) جزییات هسته فولادی شش نوع مهاربند(ابعاد به اینچ) 54

شکل (3-4) جزییات اتصالات -(الف) ناحیه اتصال مهاربند به تیر (ب) ناحیه اتصال مهاربند به تیر و ستون (ابعاد بر حسب اینچ). 55

شکل (3-5) پلان ساختمان الگو [39] 56

شکل (3-6) انواع مختلف المانهای موجود در نرم افزار ABAQUS 59

شکل (3-7) مدل هسته فلزی در نرم افزار ABAQUS 60

شکل (3-8) مدلسازی تیر و ستون در ناحیه اتصالات به صورت المان صفحهای 61

شکل (3-9) مدلسازی لچکی اتصال و سخت کننده های آن در نرم افزارABAQUS..... 61

شکل (3-10) مدلسازی تیر و ستون در نواحی غیر از ناحیه اتصالات به صورت المان تیر 62

شکل (3-11) منحنی تنش-کرنش پلاستیک مصالح 65

شکل (3-12) ناحیه با جزییات کامل و المان صفحهای..... 66

شکل (3-13) جزئیات مش بندی ناحیه اتصال تیر-ستون-مهاربند در اتصال گیردار الف) نمای روبرو ب) نمای سه بعدی 67

شکل (3-14) جزئیات مش بندی ناحیه اتصال تیر-ستون-مهاربند در اتصال گیردار الف) نمای روبرو ب) نمای سه بعدی 68

شکل (3-15) اتصال مفصلی با استفاده از قطعه تیر 69

شکل (3-16) مش بندی ناحیه اتصال مفصلی با استفاده از قطعه تیر 69

شکل (3-17) مش بندی طبقه سوم: -الف- قاب گیردار مدل 64، ب- قاب گیردار مدل 50، ج- قاب گیردار مدل 40، د- قاب گیردار مدل 30، ه- قاب گیردار مدل 20، و- قاب گیردار مدل10، ز- قاب مفصلی 72

شکل (3-18) نمودار نیروی مهاربند-تغییر شکل مهاربند 73

شکل (3-19) نمودار برش طبقه-دریفت طبقه 73

شکل (4-1) پروتکل بارگذاری قاب طبق آیین نامه مقررات لرزه ای آمریکا 2005..... 76

شکل (4-2) نقاط اعمال بار تغییر مکان جانبی به قاب..... 76

شکل (4-3) منحنی برش طبقه-دریفت طبقه، طبقه سوم برای مدل 64 78

شکل (4-4) منحنی برش طبقه-دریفت طبقه، طبقه سوم برای مدل 50 78

شکل (4-1) منحنی برش طبقه-دریفت طبقه، طبقه سوم برای مدل 40 79

شکل (4-2) منحنی برش طبقه-دریفت طبقه، طبقه سوم برای مدل 30 79

شکل (4-3) منحنی برش طبقه-دریفت طبقه، طبقه سوم برای مدل 20 80

شکل (4-4) منحنی برش طبقه-دریفت طبقه، طبقه سوم برای مدل 10 80

شکل (4-5) منحنی برش طبقه-دریفت طبقه، طبقه سوم برای شش مدل 81

شکل (4-6) نمودار ستونی مربوط به برش طبقه 3 در دریفت ماکزیمم($2\Delta_{bm}$) 81

شکل (4-7) منحنی نیروی محوری-تغییر شکل مهاربند برای مدل 64..... 82

شکل (4-8) منحنی نیروی محوری-تغییر شکل مهاربند برای مدل 50..... 83

شکل (4-9) منحنی نیروی محوری-تغییر شکل مهاربند برای مدل 40..... 83

شکل (4-10) منحنی نیروی محوری-تغییر شکل مهاربند برای مدل 30..... 84
شکل (4-11) منحنی نیروی محوری-تغییر شکل مهاربند برای مدل 20..... 84
شکل (4-12) منحنی نیروی محوری-تغییر شکل مهاربند برای مدل 10..... 85
شکل (4-13) منحنی نیروی محوری-تغییر شکل مهاربند برای شش مدل 85
شکل (4-14) مقادیر نیروی محوری مهاربند طبقه 3 در مدل های مختلف (kips) 86
شکل (4-15) مقایسه انرژی هیسترزیس مهاربندها 87
شکل (4-16) نواحی بحرانی قاب 90
شکل (4-17) کانتور تنش وون میسز برای مدل 64 وقتی که مهاربند جنوبی در فشار می باشد. 90
شکل (4-18) کانتور تنش وون میسز در ناحیه اتصال طبقه سوم برای مدل 64 وقتی که مهاربند جنوبی در فشار می باشد. 91
شکل (4-19) کانتور کرنش پلاستیک معادل برای مدل 64 در اتصال پایینی جنوبی (مهاربند جنوبی در فشار می باشد)..... 91
شکل (4-20) کانتور تنش وون میسز برای مدل 50 وقتی که مهاربند جنوبی در فشار می باشد. 92
شکل (4-21) کانتور تنش وون میسز برای مدل 50 در اتصال پایینی سمت جنوبی(مهاربند جنوبی در فشار می باشد)..... 92
شکل (4-22) کانتور کرنش پلاستیک معادل برای مدل 50(مهاربند جنوبی در فشار می باشد) 93
شکل (4-23) کانتور تنش وون میسز برای مدل 40 وقتی که مهاربند جنوبی در فشار می باشد. 93
شکل (4-24) کانتور تنش وون میسز برای مدل 40 در اتصال پایینی سمت جنوبی(مهاربند جنوبی در فشار می باشد)..... 94

شکل (4-25) کانتور کرنش پلاستیک معادل برای مدل 40(مهاربند جنوبی در فشار می باشد) 94
شکل (4-26) کانتور تنش وون میسز برای مدل 30 و قتی که مهاربند جنوبی در فشار می باشد. 95
شکل (4-27) کانتور تنش وون میسز برای مدل 30 در اتصال پایینی سمت جنوبی(مهاربند جنوبی در فشار می باشد)..... 95
شکل (4-28) کانتور کرنش پلاستیک معادل برای مدل 40(مهاربند جنوبی در فشار می باشد) 96
شکل (4-29) کانتور تنش وون میسز برای مدل 20 وقتی که مهاربند جنوبی در فشار می باشد. 96
شکل (4-30) کانتور تنش وون میسز برای مدل 20 در اتصال پایینی سمت جنوبی(مهاربند جنوبی در فشار می باشد)..... 97
شکل (4-31) کانتور کرنش پلاستیک معادل برای مدل 20(مهاربند جنوبی در فشار می باشد) 97
شکل (4-32) کانتور تنش وون میسز برای مدل 10 وقتی که مهاربند جنوبی در فشار می باشد. 98
شکل (4-33) کانتور تنش وون میسز برای مدل 10 در اتصال پایینی سمت جنوبی(مهاربند جنوبی در فشار می باشد)..... 98
شکل (4-34) کانتور کرنش پلاستیک معادل برای مدل 10(مهاربند جنوبی در فشار می باشد)..... 99
شکل (4-35) نمودار بیشینه کرنش پلاستیک معادل در ناحیه 1(ناحیه پانل ستون) در اتصال جنوبی طبقه 3..100
شکل (4-36) نمودار بیشینه کرنش پلاستیک معادل در ناحیه 2(کنج خارجی اتصال لچکی به بال بالایی تیر) در اتصال جنوبی طبقه 3 101
شکل (4-37) نمودار بیشینه کرنش پلاستیک معادل در ناحیه 3 (اتصال زیر بال پایینی تیر به ستون) در اتصال جنوبی طبقه 3.....102

شکل (4-38) نمودار تاریخچه کرنش پلاستیک معادل در ناحیه 4 (کنج خارجی اتصال لچکی به بال ستون) در اتصال جنوبی طبقه 3 103

شکل (4-39) نمودار بیشینه کرنش پلاستیک معادل قسمت تسلیم شونده BRB 104

شکل (4-40) نمودار بیشینه کرنش پلاستیک معادل در 4 ناحیه بحرانی اتصال جنوبی و هسته تسلیم شونده BRB مقادیر کرنش پلاستیک معادل بیشینه در تغییر مکان $0.5\Delta_{bm}$ 105

شکل (4-41) نمودار بیشینه کرنش پلاستیک معادل در 4 ناحیه بحرانی اتصال جنوبی و هسته تسلیم شونده BRB مقادیر کرنش پلاستیک معادل بیشینه در تغییر مکان $1.0\Delta bm$ 105

شکل (4-42) نمودار بیشینه کرنش پلاستیک معادل در 4 ناحیه بحرانی اتصال جنوبی و هسته تسلیم شونده BRB مقادیر کرنش پلاستیک معادل بیشینه در تغییر مکان $1.5\Delta bm$ 106

شکل (4-43) نمودار بیشینه کرنش پلاستیک معادل در 4 ناحیه بحرانی اتصال جنوبی و هسته تسلیم شونده BRB مقادیر کرنش پلاستیک معادل بیشینه در تغییر مکان $2\Delta bm$..... 106

شکل (4-44) نمودار بیشینه تنش های وون میسز در 4 ناحیه بحرانی اتصال جنوبی و هسته تسلیم شونده BRB در طبقه سوم 107

شکل (4-45) منحنی نیرو-تغییر مکان طبقه 3 109

شکل (4-46) نمودار بیشینه کرنش پلاستیک معادل قسمت تسلیم شونده BRB-نسبت طول تسلیم شونده به طول کل BRB در دریفتهای $1\Delta_{bm}$، $1.5\Delta_{bm}$ و $2\Delta_{bm}$ در ناحیه 1 110

شکل (4-47) نمودار بیشینه کرنش پلاستیک معادل قسمت تسلیم شونده BRB-نسبت طول تسلیم شونده به طول کل BRB در دریفت های $1\Delta_{bm}$، $1.5\Delta_{bm}$ و $2\Delta_{bm}$ در ناحیه 2 111

شکل (4-48) نمودار بیشینه کرنش پلاستیک معادل قسمت تسلیم شونده BRB-نسبت طول تسلیم شونده به طول کل BRB در دریفتهای $1\Delta_{bm}$، $1.5\Delta_{bm}$ و $2\Delta_{bm}$ در ناحیه 3 112

شکل (4-49) نمودار بیشینه کرنش پلاستیک معادل قسمت تسلیم شونده BRB-نسبت طول تسلیم شونده به طول کل BRB در دریفتهای $1\Delta_{bm}$، $1.5\Delta_{bm}$ و $2\Delta_{bm}$ در ناحیه 4 113

شکل (4-50) نمودار بیشینه کرنش پلاستیک معادل قسمت تسلیم شونده BRB-نسبت طول تسلیم شونده به طول کل BRB در دریفت های $1\Delta_{bm}$، $1.5\Delta_{bm}$ و $2\Delta_{bm}$ در هسته BRB.....114

شکل (4-51) مقایسه منحنی برش طبقه-دریفت طبقه برای قاب گیردار و مفصلی شده.....115

شکل (4-52) کانتور تنش وون میسز برای مدل مفصلی شده وقتی که مهاربند جنوبی در فشار می باشد.....117

شکل (4-53) کانتور تنش وون میسز برای مدل مفصلی شده در ناحیه اتصال طبقه 3 وقتی که مهاربند جنوبی در فشار می باشد.....117

شکل (4-54) کانتور کرنش پلاستیک معادل برای مدل مفصلی شده در ناحیه اتصال طبقه 3 وقتی که مهاربند جنوبی در فشار می باشد. 118

شکل (4-55) نمودار بیشینه کرنش پلاستیک معادل در 4 ناحیه بحرانی اتصال جنوبی و هسته تسلیم شونده BRB مقادیر کرنش پلاستیک معادل بیشینه در تغییر مکان $2\Delta_{bm}$ 119

شکل (4-56) منحنی نیرو-تغییر مکان طبقه 3 120

فهرست جداول

جدول (2-1) تقاضای شکل پذیری برای مهاربند کمانش تاب مجزا (برگرفته از [30]) 17

جدول (2-2) تقاضای دریفت طبقه بر اساس تحلیل تاریخچه زمانی 29

جدول (2-3) مشخصات نمونه های BRB [50] 32

جدول (2-4) پروتکل بارگذاری نمونه BRB-1..... 33

جدول (2-5) پرتکل بارگذاری نمونه BRB-2 34

جدول (2-6) پارامترهای بارگذاری نمونه BRB-3 34

جدول (2-7) مشخصات نمونه های آزمایش شده[35]..... 38

جدول (3-1) مشخصات مقاطع قاب آزمایش و مورد استفاده برای مدلسازی 57

جدول (3-2) مشخصات BRB آزمایش شده و مورد استفاده برای مدلسازی 57

جدول (3-3) مشخصات BRB های طبقه سوم در مدل های مختلف 58

جدول (3-4) آمار مشبندی 70

جدول (4-1) مشخصات طول قسمت تسلیم شونده هسته فولادی BRB در پنج مدل..... 77

جدول (4-2) مقایسه انرژی هیسترزیس مهاربندها 87

جدول (4-3) .محاسبه نسبت میرایی ویسکوز در سیکل $1\Delta_{bm}$..... 88

جدول (4-4) محاسبه شکل پذیری مهاربندها 88

جدول (4-5) نسبت کاهش کرنش پلاستیک معادل بیشینه مدل نسبت به مدل 64 در ناحیه 1.....100

جدول (4-6) نسبت کاهش کرنش پلاستیک معادل بیشینه مدل نسبت به مدل 64 در ناحیه 2.....101

جدول (4-7) نسبت کاهش کرنش پلاستیک معادل بیشینه مدل نسبت به مدل 64 در ناحیه 3.....102

جدول (4-8) نسبت کاهش کرنش پلاستیک معادل بیشینه مدل نسبت به مدل 64 در ناحیه 4.....103

جدول (4-9) نسبت کرنش پلاستیک معادل بیشینه مدل نسبت به مدل 64 در هسته BRB 104

جدول (4-10) انرژی هیسترتیک E_h مهاربندهای BRB برای دو مدل گیردار و مفصلی شده..... 116

فصل اول

مقدمه

1-1- پیشگفتار

امروزه سیستم مهاربندی همگرا، متداول ترین سیستم سازه ای برای مقابله با بارهای لرزه ای در ساخت و سازهای فولادی می‌باشد و استفاده از آن به دلیل صرفه اقتصادی، طرح و اجرای آسان روز به روز افزایش می یابد. تمایل مهندسین به استفاده از این سیستم پس از زمین لرزه Northidge (1994) و خسارت‌های غیر منتظره ای که در جریان آن به قاب‌های خمشی فولادی وارد آمد، به طور چشمگیری در سراسر دنیا افزایش یافته است. ضوابط طراحی لرزه ای قاب های مهاربندی شده همگرا، در دهه گذشته تغییرات زیادی یافته است. آیین نامه های ساختمانی قبل از (1994) UBC ، با قاب‌های مهاربندی شده همگرا مانند خرپاهای الاستیک رفتار می‌کردند. در این آیین نامه ها، سعی می‌شدتا با محدود نمودن لاغری و کاهش مقاومت فشاری مهاربند از کمانش آن جلوگیری شود، در نتیجه سازه هایی که با استفاده از این آیین نامه طرح می‌گشتند، از شکل پذیری محدودی برخوردار بودند [1].

خسارت‌های شدیدی که در برخی از زمین لرزه ها مانند زمین لرزه های loma, Mexico(1985), Prieta (1989), Northidge (1994) و ... به این سازه ها وارد آمد، نگرانی های زیادی را در مورد عملکرد لرزه ای این سیستم ایجاد کرد. Kobe (1995) , گیسختگی مهاربندها و اتصالات آنها، مهمترین دلیل عملکرد نامطلوب این سازه ها بود. در دو دهه گذشته تلاش‌های بسیاری برای ارتقای عملکرد لرزه ای قاب‌های مهاربندی شده همگرا انجام شده است که مهمترین آنها ایجاد سیستم های مهاربندی همگرای ویژه و مهاربندی کمانش ناپذیر[1] می‌باشد.

آیین نامه(1994) UBC سیستم های مهاربندی همگرای ویژه را بر پایه مطالعاتی که در دانشگاه میشیگان انجام شده بود، وارد آیین نامه های ساختمانی نمود. این مطالعات نشان داده بود که سیستم مهاربندی همگرا در صورت طرح مناسب اعضا، اتصالات و جزئیات اجرایی می‌تواند رفتار شکل پذیری داشته باشد. در سیستم مهاربندی همگرای ویزه بر خلاف سیستم مهاربندی همگرای معمولی به مهاربند اجازه کمانش داده می‌شود. از آنجا که در این سیستم، از کمانش مهاربندها جلوگیری نمی‌شود، بنابراین جزئیات اجرای ویژه‌ای نیز برای مهاربندها و اتصالات آنها مورد نیاز می‌باشد. انتظار می‌رود مهاربندهایی که بر اساس آیین نامه(1994) UBC و آیین نامه‌های پس از آن طرح شده‌اند، بتوانند چندین چرخه بزرگ کمانش و جاری شدن را تحمل کرده و از این طریق انرژی زمین لرزه را مستهلک نمایند.

تا کنون سازه‌هایی که با استفاده از سیستم مهاربندی همگرای ویژه طرح گشته‌اند، به طور گسترده در معرض زمین لرزه‌های بزرگ قرار نگرفته‌اند، اما نتایج آزمایشات و مطالعاتی که در سال‌های اخیر بر روی سیستم های مهاربندی همگرای ویژه انجام شده، نشان داده است که این سیستم بر خلاف انتظار، عملکرد لرزه‌ای مطلوبی ندارد. به دلیل رفتار چرخه‌ای پیچیده مهاربندها، توزیع واقعی نیروهای داخلی و تغییر شکل‌ها در قاب‌های مهاربندی شده، با آنچه به وسیله روش‌های متداول طراحی پیش بینی می‌شود بسیار متفاوت است. از سوی دیگر، ملاحظات اجرایی اغلب منجر به طرح‌هایی می‌شود که در آن ظرفیت مهاربندهایی که برای برخی طبقات انتخاب شده‌اند، بسیار بیشتر از نیازهای لرزه‌ای آنها می‌باشد؛ در حالی که در طبقات دیگر مهاربندها ظرفیتی بسیار نزدیک به نیاز لرزه ای دارند. دو عامل فوق به همراه کاهش شدید مقاومت مهاربندها در مرحله پس‌کمانشی، باعث تمرکز خسارت در برخی از طبقات می‌شود. تمرکز خسارت، موجب افزایش نیاز لرزه‌ای مهاربندها و اتصالات آنها می‌گردد؛ این نیاز لرزه‌ای در طراحی سازه پیش بینی نشده است و در اکثر موارد بیشتر از ظرفیت لرزه‌ای مهاربندها و اتصالات آنها می‌باشد.

---

1 . Buckling Restrained Bracing System