###### 28

###### آزاد.jpeg

###### **دانشگاه آزاد اسلامي**

######  **واحد تهران مرکز**

**موضوع:**

**بررسي پارامترهاي هندسي مهاربند زانويي**

**استاد راهنما:**

**دانشجو:**

**فهرست مطالب**

**فصل اول:**

1-1- مقدمه 2

1-2- شكل پذيري سازه ها 4

1-3- مفصل و لنگر پلاستيك 5

1-4- منحني هيستر زيس و رفتار چرخه اي سازه ها 6

1-5- مقايسه رفتار خطي و غير خطي در سيستمهاي سازه اي 7

1-6- ضريب شكل پذيري 8

1-7- ضريب كاهش نيروي زلزله در اثر شكل پذيري سازه 9

1-8- ضريب اضافه مقاومت 10

1-9- ضريب رفتار ساختمان 10

1-10- ضريب تبديل جابجايي خطي به غير خطي 12

1-11- سختي 12

1-12- مقاومت 12

1-13- جمع بندي پارامترهاي كنترل كننده 12

**فصل دوم :**

2-1-1- قاب فضايي خمشي 14

2-1-2- تعريف سيستم قاب صلب خمشي 14

2-1-3- رفتار قابهاي خمشي در برابر بار جانبي 15

2-1-4- رابطه بار – تغيير مكان در قابهاي خمشي 16

2-1-5- رفتار چرخه اي قابها 16

2-1-6- شكل پذيري قابهاي خمشي 16

2-1-7- مفصل پلاستيك در قابهاي خمشي 17

2-1-8- مشخص كردن لنگر پلاستيك محتمل در مفصل پلاستيك 18

2-1-9- كنترل ضابطه تير ضعيف – ستون قوي 18

2-1-10- چشمه اتصال 19

2-1-11- اثرات چشمه اتصال بر رفتار قاب خمشي 19

2-1-12- طراحي چشمه اتصال 19

2-1-13- اثرات نامعيني 20

2-2-1- سيستم مهاربندي همگرا 20

2-2-2- پاسخ رفت و برگشتي مهاربندهاي فولادي 21

2-2-3- ضريب كاهش مقاومت فشاري مهاربند 23

2-2-4- رفتار لرزه اي قابهاي فولادي با مهاربندي ضربدري 23

2-2-5- رفتار كششي تنها 24

2-2-6- رفتار كششي – فشاري 24

2-2-7- تاثير ضريب لاغري در رفتار قاب با مهاربندي همگرا 24

2-2-8- سيستم دوگانه قاب خمشي و مهاربندي همگرا 25

2-3-1- سيستم مهاربندي واگرا 25

2-3-2- سختي و مقاومت قاب 26

2-3-3- زمان تناوب قاب 27

2-3-4- مكانيزم جذب انرژي 27

2-3-5- نيروها در تيرها و تير پيوند 29

2-3-6- تعيين مرز پيوندهاي برشي و خمشي 30

2-3-7- تسليم و مكانيزم خرابي در تير پيوند 31

2-3-8- اثر كمانش جان تير پيوند 31

2-3-9- مقاومت نهايي تير پيوند 32

2-4-1-سيستم جديد قاب با مهاربندي زانويي 32

2-4-2- اتصالات مهاربند – زانويي 35

2-4-3- سختي جانبي الاستيك قابهاي KBF 35

2-4-4- اثر مشخصات اعضاء بر سختي جانبي ارتجاعي سيستمهاي KBF 37

2-4-5- رفتار غير خطي مهاربند زانويي تحت بار جانبي 37

**فصل سوم :**

3-1- مقدمه 41

3-2- مشخصات كلي ساختمان 41

3-3- بارگذاري جانبي 44

3-3-1- بارگذاري ثقلي 44

3-3-2- بارگذاري جانبي 45

3-4- تحليل قابها 46

3-5- طراحي قابها 48

3-5-1- كمانش موضعي اجزاء جدار نازك 48

3-5-2- كمانش جانبي در تيرها و كمانش جانبي – پيچشي در ستونها 50

3-6- طراحي قابهاي TKBF 53

3-7- طراحي اعضاي زانويي 54

3-8- طراحي تيرها و ستونها 55

3-9- طراحي اعضاي مهاربندي 55

3-10- طراحي قابهاي EBF 55

3-11- طراحي قابهاي CBF 55

3-12- نتايج طراحي مدلها 56

3-12-1- سيستم TKBF + MRF 56

3-12-2-سيستم EBF + MRF 57

3-12-3- سيستم CBF + MRF 57

3-13- كنترل مقاطع انتخابي با قسمت دوم آئين نامه AISC 58

3-13-1- كنترل كمانش موضعي 58

3-13-2- كنترل پايداري جانبي اعضاي زانويي 58

3-14- بررسي رفتار استاتيكي خطي سيستمهاي KBF و EBF و CBF و مقايسه آنها با يكديگر 58

3-14-1- مقايسه تغيير مكان جانبي مدلها 59

3-14-2-مقايسه پربود طبيعي مدلها 59

3-14-3- بررسي نيروپذيري المانهاي زانويي در قابهاي TKBF 60

3-14-4- بررسي نيروهاي داخلي ايجاد شده در تير كف 61

3-14-5- بررسي نيروي فشاري در اعضاي قطري 63

3-15- بررسي اثر پارامترهاي هندسي قاب روي سختي سيستمهاي KBF 63

3-15-1- بررسي اثر  و  بر سختي ارتجاعي سيستمهاي TKBF 64

3-16- تحليل ديناميكي تاريخچه زماني 81

3-16-1-معادلات تعادل ديناميكي 81

3-16-2- مشخصات ديناميكي قابهاي مورد مطالعه 82

3-16-3- شتاب نگاشتهاي اعمالي 83

3-16-4-نتايج تحليل ديناميكي تاريخچه زماني 92

**فصل چهار م :**

4-1- نتايج 96

4-2- ضوابط طراحي زانويي 97

4-3- پيشنهادات 99

پيوست 1 100

پيوست 2 107

پيوست 3 111

مراجع 118

**فهرست شكلها**

**فصل اول :**

شكل 1-1- قابهاي مقاوم خمشي 2

شكل 1-2- قاب با مهاربند هم محور 2

شكل 1-3- نمونه هايي از قابهاي خارج از مركز 3

شكل 1-4- قاب با مهاربند زانويي 3

شكل 1-5- منحني ايده آل و واقعي نيرو – تغيير مكان يك سيستم 4

شكل1-6- تير دو سر مفصل تحت اثر بار افزايشي 5

شكل 1-7- منحني نيرو – جابجايي وسط دهانه تير 5

شكل 1-8- نمودار تغييرات كرنش در يك مقطع تحت اثر خمش 6

شكل 1-9- منحني واقعي كرنش – كرنش فولاد 6

شكل 1-10- منحني هيسترزيس ايده آل و دو منحني داراي زوال 6

شكل 1-11- رفتار سازه ها تحت بار دوره اي 7

شكل 1-12- مقايسه رفتار خطي و غير خطي ايده آل سيستمهاي مقاوم ساختماني 8

شكل1-13- طيف بازتاب ارتجاعي و غير ارتجاعي با شكل پذيري ثابت 9

شكل 1-14- تعريف پارامترهاي غير خطي 10

**فصل دوم :**

شكل 2-1- تغيير شكل قاب صلب خمش 14

شكل 2-2- تغيير شكل قاب خمشي 15

شكل 2-3- روابط بار – تغيير مكان براي قاب خمشي تحت بار ثقلي 16

شكل 2-4- روابط بار – تغيير مكان قابهاي خمشي پرتال 16

شكل 2-5- روابط شكل پذيري براي قاب خمشي پرتال 17

شكل 2-6- مد گسيختگي و تشكيل طبقه نرم 18

شكل 2-7- چشمه اتصال 19

شكل 2-8- حلقه هاي هيسترزيس قاب مهاربندي همگرا 21

شكل 12-9- رفتار رفت و برگشتي عضو قطري مهاربند 22

شكل 2-10- تصوير عضو بادبندي در نواحي مختلف دياگرام شكل2-9- 22

شكل 2-11- تغيير شكل غير متقارن قابهاي با بادبندي همگرا 23

شكل 2-12- منحني هاي هيستر زيس بادبندهاي با رفتار فقط كششي 24

شكل 2-13- نمونه اي از منحني هاي هيسترزيس سيستم با بادبندي فشاري – كششي 25

شكل 2-14- نمونه هايي از قاب هاي خارج از مركز 25

شكل 2-15- اثر تغيير طول تير پيوند بر سختي قاب 26

شكل2-16- ارتباط مقاومت نهايي با نسبت  27

شكل2-17- ارتباط زمان تناوب اصلي با نسبت  27

شكل 2-18- مكانيسم هاي جذب انرژي در سيستم هاي خمشي و واگرا 28

شكل 2-19- تغييرات دوران خميري مورد نياز با نسبت  29

شكل2-20- نيروهاي موجود در تير پيوند قاب واگرا 30

شكل2-21- نيروهاي موجود در تير رابط 30

شكل 2-22-انواع قابها با مهاربند زانويي 33

شكل 2-23- دو نمونه از اتصال بادبند به زانويي 35

شكل 2-24-انواع قابهاي KBF 36

شكل 2-25- قاب داراي مهاربند زانويي 37

شكل 2-26- روند تشكيل مفاصل خميري قابها تحت تاثير زلزله نوغان 38

**فصل سوم :**

شكل 3-1- قاب TKBF 41

شكل 3-2- پلان محوربندي 42

شكل 3-3- سيستم TKBF+MRF 43

شكل 3-4- سيستم EBF+MRF 43

شكل 3-5- سيستم CBF+MRF 44

شكل 3-6- خلاصه بارگذاري 46

شكل 3-7- نيروي محوري در عضو مهاربندي و عضو زانويي 47

شكل 3-8- نيروي برشي در عضو زانويي 47

شكل 3-9- لنگر خمشي در عضو زانويي 47

شكل 3-10- كمانش موضعي قوطيهاي جدار نازك 48

شكل 3-11-نمودار لنگر- انحنا براي تيرستونهاي H با نسبت عرض به ضخامت متفاوت 49

شكل 3-12- نمودار پسماند تيرستونهاي فولادي H با نسبتهاي مختلف عرض به ضخامت 49

شكل3-13- نمونه رفتا رلنگر – تغيير شكل براي تيرهاي I تحت لنگر يكنواخت با نسبت  مختلف 50

شكل 3-14- نمودار لنگر – انحنا براي تيرهاي I با نسبت مختلف 51

شكل3-15- نمودار لنگر – انحناي تيرهاي I با نسبت  مختلف تحت لنگر متغير 51

شكل 3-16- نمونه رفتار تيرستون بال پهن تحت نيروي محوري و لنگر خمشي هنگاميكه حالت تسليم غالب باشد 52

شكل 3-17- رفتار تيرستونهاي بال پهن كه در صفحه عمود بر محور قوي ناپايدار گرديده‌اند 53

شكل 3-18- روابط تجربي لنگر – زاويه دوران تيرستونها در معرض ناپايداري جانبي – پيچشي 53

شكل3-19- نمونه قاب TKBF 65

شكل 3-20- نمونه قاب CBF 66

شكل 3-21- نمونه قاب EBF 66

شكل 3-22- نمونه قاب MRF 66

شكل 3-23- نمونه قاب EBF با برون محوري روي ستون 66

شكل 3-24- نمونه قاب TKBF 67

شكل 3-25- نمونه قاب 67

شكل 3-26- رويه براي نسبت  69

شكل 3-27- منحني‌هاي هم سختي براي نسبت  قاب TKBF 69

شكل 3-28- رويه براي نسبت 71

شكل 3-29- منحني‌هاي هم سختي براي نسبت  قاب TKBF 71

شكل 3-30- رويه براي نسبت  73

شكل 3-31- منحني‌هاي هم سختي براي نسبت  قاب TKBF 73

شكل 3-32- رويه براي نسبت  75

شكل 3-33- منحني‌هاي هم سختي براي نسبت  قاب TKBF 75

شكل 3-34- رويه براي نسبت  77

شكل 3-35- منحني‌هاي هم سختي براي نسبت  قاب TKBF 77

شكل 3-36- ناحيه بندي منحني هم سختي  قاب TKBF 79

شكل 3-37- ناحيه بندي منحني هم سختي  قاب TKBF 79

شكل 3-38- ناحيه بندي منحني هم سختي قاب TKBF 80

شكل 3-39- ناحيه بندي منحني هم سختي  قاب TKBF 80

شكل 3-40- ناحيه بندي منحني هم سختي  قاب TKBF 81

شكل3-41- نمودار شتاب مولفه طولي ( N16w ) زلزله 25 شهريور 1375 طبس 90

شكل3-42- نمودار شتاب مولفه طولي زلزله 17 فروردين 1356 ناغان 92

شكل 3-43- نمودار تغيير مكان – زمان قاب TKBF1 تحت زلزله طبس 93

شكل 3-44- نمودار برش پايه – زمان قاب TKBF1 تحت زلزله طبس 93

شكل 3-45- نمودار تغيير مكان – زمان قاب TKBF1 تحت زلزله ناغان 94

شكل 3-46- نمودار برش پايه – زمان قاب TKBF1 تحت زلزله ناغان 94

**فصل چهارم :**

شكل 4-1- نمودار ابعاد هندسي بهينه جهت اثر توام سختي و شكل پذيري براي انواع مختلف قاب TKBF 96

**فصـل اول**

**1-1- مقدمه:**

**سختي و شكل‌پذيري دو موضوع اساسي در طراحي ساختمانها در برابر زلزله‌اند. ايجاد سختي و مقاومت به منظور كنترل تغييرمكان جانبي و ايجاد شكل پذيري براي افزايش قابليت جذب انرژي و تحمل تغييرشكلهاي خميري اهميت دارند. در طراحي ساختمانهاي فولادي مقاوم در برابر زلزله، استفاده از سيستمهاي قابهاي مقاوم خمشي MRF ، قابهاي با مهاربند همگرا CBF و قابهاي با مهاربند واگرا EBF رايج است.**

**قابهاي مقاوم خمشي MRF ، شامل ستونها و تيرهايي است كه توسط اتصالات خمشي به يكديگر متصل شده‌اند. سختي جانبي اين قابها به سختي خمشي ستونها، تيرها و اتصالات در صفحه خمش بستگي دارد. در طراحي اين قابها فلسفه تير ضعيف و ستون قوي حاكم است. اين امر ايجاب مي‌كند كه تيرها زودتر از ستونها تسليم شوند و با شكل پذيري مناسب خود، انرژي زلزله را جذب و مستهلك كنند و اتصالات دربارهاي حدي با شكل ‌پذيري غيرارتجاعي مناسب خود، قابليت تحمل تغيير شكلهاي خميري را بالا ببرند.اين قابها داراي شكل پذيري مناسب ولي سختي جانبي كمتري هستند(شكل1-1 ).**

****

**شكل 1 – 1 – قابهاي مقاوم خمشي [1]**

**قابها با مهاربند همگرا CBF ، در برابر زلزله از نظر سختي، مقاومت و كنترل تغييرمكانهاي جانبي در محدوده خطي داراي رفتار بسيار مناسبي‌اند، ولي در محدوده غيرارتجاعي به علت سختي جانبي مهاربندها، قابليت جذب انرژي كمتري دارند و در نتيجه داراي شكل پذيري كمتري‌اند. قابهاي با مهاربند همگرا شكلهاي مختلفي دارند كه در آئين نامه 2800 ايران برخي از آنها معرفي شده است. در اين قابها برش وارده در ابتدا توسط اعضاي قطري جذب شده و سپس مستقيماً به نيروي فشاري و كششي تبديل شده و به سيستم قائم انتقال مي‌يابند (شكل 1-2 ) .**

****

**شكل 1-2 - قاب با مهار بند هم محور [1]**

**در قابهاي با مهاربند واگرا EBF ، عضو قطري بصورت برون محور به تير كف متصل مي‌گردد. در محل اتصال تير و ستون و مهاربند مقداري خروج از مركزيت ايجاد مي‌شود به نحوي كه تير رابط توانايي تحمل تغيير شكلهاي بزرگ را داشته باشد و همانند فيوز شكل پذير عمل كنند (شكل 1-3 ).**

****

**شكل 1-3 - نمونه‌هايي از قابهاي خارج از مركز [2]**

**لذا يكي از اهداف اصلي در طراحي اين قابها در برابر زلزله، جلوگيري از كمانش مهار بندها از طريق بوجود آمدن مفاصل پلاستيك برشي و خمشي در تيرهاي رابط مي‌باشد. قابهاي با مهاربند واگرا از قابليت هر دوي قابهاي مقاوم خمشي و قابهاي با مهاربند همگرا بهره گرفته‌اند و بنابراين سختي و شكل پذيري مناسب را به صورت توام تامين مي‌كنند. تعيين صحيح طول تيرهاي رابط و طراحي مناسب آنها بسيار حائز اهميت‌اند. اگرچه قابهاي EBF داراي رفتار بسيار مناسبتري‌اند، ولي با تسليم تير رابط در اثر بارهاي زلزله، خسارات جدي به كف وارد خواهد شد و چون اين عضو به عنوان يك عضو اصلي سازه‌اي محسوب مي‌شود، ترميم سازه نيز مشكل خواهد بود. اين موضوع و گسترش مفاصل پلاستيك به تيرها و سپس به ستونها در قابهاي EBF ، تمايل به يافتن سيستمهاي جديد مقاوم در برابر زلزله با رفتار مناسبتر از لحاظ شكل پذيري و سختي جانبي را افزايش مي‌دهد. در اين راستا تلاشهاي صورت گرفته ، منجر به پيشنهاد سيستمي به نام مهاربند زانويي KBF شده است [ 3 ] ( شكل1-4 ) .**

**در اين سيستم وظيفه تامين سختي جانبي به عهده مهاربند قطري بوده كه حداقل يك انتهاي آن به جاي اتصال به محل تلاقي تير و ستون، به ميان يك عضو زانويي متصل است و دو انتهاي اين عضو زانويي به تير و ستون اتصال دارد.**

****

**شكل 1-4 – قاب با مهاربند زانويي**

**در واقع با وارد آمدن نيروي مهاربند به اين عضو، سه مفصل پلاستيك در دو انتها و محل اتصال آن به مهاربند تشكيل مي‌گردد و باعث جذب و استهلاك انرژي زلزله خواهد شد. از آنجا كه در اين سيستم پيشنهادي، مهاربندهاي قطري براي عدم كمانش طراحي نمي‌گردند، رفتار آن تحت بار رفت و برگشتي، بسيار شبيه رفتار سيستم مهاربند ضربدري يا همگرا بوده و منحني رفتار هيسترزيس آن به صورت ناپايدار و نامنظم بوده و سطح خالص زير منحني، كاهش مي‌يابد. بنابراين قادر به جذب انرژي زيادي نيست.**

**به همين دليل در تكميل اين سيستم پيشنهاد گرديد [4] تا همانند مهاربند واگرا EBF ، عضو مهاربندي براي عدم كمانش و تسليم، طراحي گردد. در اين صورت مي‌توان تنها از يك عضو مهاربندي استفاده كرد.**

**هدف نهايي در طرح و كاربرد اين سيستم اين است كه در پايان زلزله وارده، تنها عضو زانويي دچار تسليم و خرابي شده باشد و قاب و مهاربند آن همچنان ارتجاعي مانده و دچار كمانش يا تسليم نگرديده باشد تا بتوان تنها با تعويض عضو زانويي، مجدداً سيستم را مورد استفاده قرار داد.**

**در ادامه برخي از مفاهيم لرزه‌اي و همچنين سيستمهاي مختلف مهاربندي جانبي سازه‌ها با بيان ويژگيهاي آنها به طور مختصر بيان خواهد شد. سپس به بررسي بيشتر سيستم مهاربندي جانبي زانويي خواهيم پرداخت و بهترين نمودار براي ابعاد هندسي اين سيستم كه سختي و شكل‌پذيري توام را نتيجه دهد، معرفي خواهيم نمود.**

**1-2 – شكل‌پذيري سازه‌ها:**

**بطور معمول مي‌توان منحني برش پايه – تغيير مكان سازه‌ها را با يك نمودار دو خطي ايده‌آل ارتجاعي - خميري جايگزين نمود. اين نوع ساده سازي در سازه‌هاي معمول تقريب قابل قبولي دارد. در يك سيستم يك درجه آزادي نسبت تغيير مكان جانبي حداكثر  به تغييرمكان جانبي تسليم ضريب شكل پذيري ناميده مي‌شود و بصورت زير بيان مي‌گردد [ 2 ] .**

**(1 – 1 ) **

**پارامترهاي فوق در شكل 2-1 مشخص گرديده است.**

****

**شكل 1 – 5- منحني ايده‌آل و واقعي نيرو – تغيير مكان يك سيستم [2]**

**در واقع ضريب شكل پذيري () بيانگر ميزان ورود سازه در ناحيه خميري است. در سازه‌هاي چنددرجه آزادي تعريف ضريب شكل پذيري قدري مشكل‌تر است، چون در اين نوع سازه‌ها براي هر درجه آزادي مي‌توان ضريب شكل پذيري جداگانه‌اي تعريف نمود. پوپوف (popov) شكل پذيري يك قاب را بصورت نسبت تغييرمكان حداكثر به تغيير مكان تسليم در بالاترين نقطه سازه پيشنهاد كرده است. بطور خلاصه مي‌توان گفت هر چه تغييرمكان يك سازه بعد از تسليم و قبل از انهدام بيشتر باشد شكل پذيري آن بيشتر است. جهت كاهش نيروهاي جانبي وارده به سازه و ايجاد طرحي اقتصادي از طريق جذب و استهلاك انرژي در ناحيه خميري بايد اين مشخصه را تا مقدار مورد نياز افزايش داد. با توجه به اين موضوع كه حركات زلزله بصورت رفت و برگشتي بوده و سازه‌ مي‌تواند در هر سيكل مقداري از انرژي زلزله را بصورت هيسترزيس مستهلك نمايد.**

**1-3- مفصل ولنگر خميري :**

**مفصل خميري در يك قطعه به حالتي گفته مي‌شود كه در آن (يا مقطعي از آن) با افزايش بسيار اندك نيرو، تغييرشكل قابل توجهي ايجاد شود. به عنوان مثال اگر يك تير ساده (شكل 1-6 ) تحت اثر بار افزايشي قرار گيرد, منحني نيرو – تغيير مكان آن مشابه شكل 1-7 خواهد بود [ 2 ] .**