مقایسه سیستم قاب خمشی فولادی ودیواربرشی فولادی نازک با سیستم قاب خمشی فولادی و مهاربند واگرابه روش طراحی براساس سطوح عملکرد

وحید چگنی[1]، جواد سلاجقه[2]

1- عنوان (کارشناس ارشد مهندسی عمران - سازه، دانشگاه شهید باهنر، مدرس دانشگاه علمی کاربردی، دورود، ایران)
vahid_sazeh2800@yahoo.com
2- عنوان (استاد بخش عمران، دانشکده فنی دانشگاه باهنر،کرمان، ایران)
javdsalajegheh@mail.uk.ac.ir

چکیده

در این مقاله سعی شده مقایسه سیستم قاب خمشی متوسط فولادی با دیوار برشی فولادی نازک (SSW) و مهاربند واگرا (EBF) به روش طراحی بر اساس سطوح عملکرد که روشی نوین و کارا در زمینه رفتار غیرخطی سازه‌هاست، صورت گیرد. با استفاده از 20 قاب مختلف برای مدل سازی و تحلیل عددی با برنامه 2000Sap منحنی ظرفیت، ضریب رفتار، استهلاک انرژی و با استفاده از طیف ظرفیت نقطه عملکرد آنها محاسبه شده است. برای تحلیل، بارگذاری، تعریف مفاصل، سطوح عملکرد و غیره قابها، آیین‌نامه‌های UBC، -40ATC، 356FEMA، 2800 ایران و 519 ایران مورد استفاده قرار گرفته است. بطور کلی می‌توان از مدل‌های انجام شده نتیجه گرفت که سیستم با دیوار برشی جذب انرژی خیلی بالا ولی شکل پذیری کمتری نسبت به سیستم با مهاربند واگرا درکلیه ساختمان‌های کوتاه،متوسط و بلند دارد.همچنین بررسی های صورت گرفته ازنمودارهای طیف ظرفیت نشان از عملکرد بهتر دیوار برشی فولادی نسبت به مهاربند واگرا دارد.

واژه‌های کلیدی: دیوار برشی فولادی نازک، طراحی براساس سطوح عملکرد، روش طیف ظرفیت، بادبندهای واگرا

1. مقدمه

کشور ایران از جمله کشورهایی است که در اثر زلزله خسارتهای مالی و جانی بسیاری دیده است. لذا توجه به سیستم های مقاوم در برابر زلزله کاملا ضروری به نظر می رسد. در ساختمانهای فولادی سیستم قاب خمشی به دلیل شکل پذیری مناسب و امکان اتلاف زیاد انرژی زلزله سیستم مطلوب و مناسب به شمار می رود. مشکل اصلی این سیستم در تغییر مکان جانبی و به عبارتی عدم سختی کافی است. برای رفع این مشکل فکر استفاده از سیستمهای دوگانه که شامل قاب خمشی فولادی و سیستم مقاوم دیگری که در حقیقت مکمل

Archive of SID
www.SID.ir

این سیستم و برطرف کننده مشکل تغییر مکان قاب خمشی است به وجود آمد. سیستم مکمل قاب خمشی در سیستم های دوگانه در ایران بادبندهای همگرا و غیر همگرا هستند. در سالهای اخیر در بسیاری از کشورها سیستم جدید دیگری به نام دیوار برشی فولادی نازک نیز به عنوان مکمل قاب خمشی در سیستم های دو گانه استفاده شده است. این سیستم جدید به دلیل سرعت اجرا و صرفه اقتصادی، با استقبال خوبی رو به رو شده است ولی در کشور ما به دلیل عدم شناخت و آگاهی و نیز عدم توجه کافی در آیین نامه های کشور نسبت به سایر کشورها، کمتر مورد استفاده قرار می گیرد. در این مطالعه سعی می شود مقایسه ای به روش طراحی بر اساس سطوح عملکرد که روشی نوین و کارا در زمینه رفتار غیر خطی سازه ها می باشد، بین سیستم های مکمل برای قاب خمشی متوسط ،یعنی دیوار برشی فولادی نازک و بادبندهای واگرا صورت گیرد. برای مقایسه تعدادی قاب با ارتفاع و تعداد دهانه های متفاوت در نظر گرفته می شود و نقطه عملکرد این قابها به روش طیف ظرفیت بررسی می شود، همچنین میزان استهلاک انرژی و سیستم دو گانه قاب خمشی فولادی متوسط و دیوار برشی فولادی نازک محاسبه می شود[1],[2].

2. لزوم طراحی لرزه ای براساس عملکرد

مهندسی زلزله به دلایل مختلفی تحت تغییرات اساسی قرار گرفته است. ارتقاء دانش درباره وقوع زلزله، حرکت زمین و مشخصات پاسخ سازه، همچنین نتایج به دست آمده از زلزله های آمریکا و ژاپن که خسارت مالی کثیری رادر برداشت دراین تغییرات نقش مهمی را ایفا نموده است. از مهمترین دلایل آن است که در روشهای طراحی آیین نامه های فعلی به صورت کافی و منطقی به موارد ذیل پرداخته نشده است:

1. منظور طراح برای توضیح منطقی قوانینی که از آنها جهت تصمیم گیری استفاده کرده است.
2. خواسته مالک ساختمان جهت قضاوت درباره هزینه ها و فواید مقاوم سازی دربرابر زلزله.
3. نیازهای جامعه، جهت اتخاذ تصمیمات آگاهانه براساس تقاضای لرزه ای تصادفی اعمالی توسط تکانهای زمین و ظرفیتهای لرزه ای نامشخص ساختمانهای موجود و جدید.

دراثر وقوع زلزله های شدید، خسارات قابل ملاحظه ای به سبب رفتار غیرالاستیک سازه ها به آنها وارد می شود. چرا که با توجه به منحنی نیرو ـ تغییر مکان، سازه دراثر وقوع زلزله های شدید، پس از گذر از محدوده الاستیک وارد محدوده غیرالاستیک می شود و در این ناحیه تغییرات مقاومت ناچیز بوده و تغییر شکلهای خمیری که ارتباط نزدیکتری باخسارت دارند، حاکم می شوند. دراثر وقوع زلزله های شدید، خسارات قابل ملاحظه ای به سبب رفتار غیرالاستیک سازه ها به آنها وارد می شود. چرا که با توجه به منحنی نیرو ـ تغییر مکان، سازه دراثر وقوع زلزله های شدید، پس از گذر از محدوده الاستیک وارد محدوده غیرالاستیک می شود و در این ناحیه تغییرات مقاومت ناچیز بوده و تغییر شکلهای خمیری که ارتباط نزدیکتری باخسارت دارند، حاکم می شوند. در روش طراحی براساس عملکرد (Performance Based Design)، عملکرد غیرخطی اجزای سازه مورد بررسی قرارمی گیرد به همین علت می توان رفتار واقعی تری از سازه ها، نسبت به قبل، درصورت وقوع یک زمین لرزه مشخص،

Archive of SID

www.SID.ir

به دست آورد. شاید مهمترین دلیل اهمیت بحث روی طرح لرزه ای براساس عملکرد، به نوع تشویق بکارگیری ابتکار در توسعه روشهایی برای ارتقاء عملکرد باشد. درآیین نامه های فعلی، این رویه یا تشویق به ابتکار وجود ندارد، دلیل این امر آن است که مفاهیم جدید، قابل انطباق با چارچوب خشک و بسته چنین آیین نامه هایی نمی باشند[3],[4].

3. تحلیل استاتیکی غیر خطی

رفتار سازه‌ها پس از محدوده ارتجاعی با روش‌های تحلیل دینامیکی غیر خطی بررسی می‌شود. در این روش از چند شتاب نگاشت مربوط به زلزله های گذشته استفاده می‌شود. تحلیل دینامیکی غیر خطی بسیار پیچیده و وقت گیر می‌باشد و به صورت یک روند محاسباتی کاربردی در دفاتر مهندسی قابل استفاده نیست. در طرح کلاسیک سازه‌ها، ایمنی سازه‌ها با محدود نمودن تنش‌ها در حد جاری شدن مصالح حاصل می‌شود، اما حتی زلزله های متوسط ممکن است باعث جاری شدن بعضی از عناصر سازه ای شوند. بنابراین برای پیش بینی عملکرد ساختمان‌ها در مقابل زلزله نیاز به روش‌های تحلیلی غیر خطی احساس می‌شود. با رعایت مفاد آیین نامه انتظار می‌رود ساختمان‌ها در زلزله های خفیف و متوسط بدون وارد شدن خسارت عمده سازه ای و در زلزله های شدید بدون فروریختن، قادر به مقاومت باشند. برای رسیدن به این هدف مهندسان احتیاج به اطلاعاتی درباره نحوه توزیع نیروها و تغییر شکل‌ها در اعضاء سازه هنگام زلزله دارند که مستلزم تحلیل غیر خطی و پیش بینی مفاصل پلاستیک و شناخت خصوصیات مود انهدام می‌باشد. آنالیز استاتیکی غیر خطی فزاینده یکی از روش‌های ارزیابی لرزه ای سازه‌ها به خصوص در محدوده تغییر شکل‌های غیر خطی مفید می‌باشد. اخیراً آئین نامه های FEMA و ATC روش تحلیل غیر خطی استاتیکی (push over) را جهت مطالعه رفتار سازه در حوزه رفتار غیر خطی پیشنهاد می‌دهد، این روش در عین سادگی از دقت بالایی برخوردار است فرضیات اولیه در محاسبات به راحتی قابل اعمال می‌باشند[5].

4. مدل سازی قاب‌های مورد مطالعه در نرم افزار SAP 2000

20 قاب با سیستم‌های دوگانه قاب خمشی متوسط و مهاربند واگرا و دیوار برشی نازک بررسی شده‌اند. قاب‌ها متعلق به ساختمان‌هایی با کاربری مسکونی و دهانه‌های یکسان 4 متر و ارتفاع 3 متر می‌باشد. محل قرارگیری ساختمانها منطقه با خطر نسبی زیاد و نوع خاک 2 می باشند. نوع سقف تیرچه بلوک در نظر گرفته شده و بارهای زنده و مرده به ترتیب 600 و 200 کیلوگرم بر متر مربع محاسبه شده و برای ستون‌ها از مقطع IPB و برای تیرها IPE و برای مهاربندها از مقاطع دوبل ناودانی استفاده شده است. تمام ستونها و تیرها و بادبندهای یک یک طبقه تیپ هستند ضمناً برای قابهای 15 و 12 طبقه هر سه طبقه در ارتفاع و برای قابهای 8 و 4 طبقه هر دو طبقه تیپ هستند. در جدول شماره 1 مشخصات مقاطع مورد استفاده در سیستم قابهای مورد مطالعه آورده شده

Archive of SID

www.SID.ir

است. برای دیوارهای برشی از المان Shell با مساحت 12 مترمربع و ضخامت های متفاوت و برابر با وزن مهاربندها انتخاب شده است.

$$\text{طول هر مهاربند}: ۲ \times ۳.۳۵۴۱ = ۶.۷۰۸۲\ m$$

$$\text{وزن}: ۲UNP۱۲۰ = ۲۶.۷۲۸\ \frac{kg}{m} \rightarrow t_{shell} = \frac{۲۶.۷۲۸ \times ۶.۷۰۸۲}{۱۲ \times ۷۸۵۰} = ۱.۹۰۵ \times ۱۰^{-۳}\text{m}$$

$$\text{وزن}: ۲UNP۱۴۰ = ۳۲.۰۲۸\ \frac{kg}{m} \rightarrow t_{shell} = \frac{۳۲.۰۲۸ \times ۶.۷۰۸۲}{۱۲ \times ۷۸۵۰} = ۲.۲۸۰۷ \times ۱۰^{-۳}\text{m}$$

$$\text{وزن}: ۲UNP۱۶۰ = ۳۷.۷۹۷\ \frac{kg}{m} \rightarrow t_{shell} = \frac{۳۷.۷۹۷ \times ۶.۷۰۸۲}{۱۲ \times ۷۸۵۰} = ۲.۶۹ \times ۱۰^{-۳}\text{m}$$

$$\text{وزن}: ۲UNP۱۸۰ = ۴۴.۰۲۲۸\ \frac{kg}{m} \rightarrow t_{shell} = \frac{۴۴.۰۲۲۸ \times ۶.۷۰۸۲}{۱۲ \times ۷۸۵۰} = ۳.۱۳۵ \times ۱۰^{-۳}\text{m}$$

$$\text{وزن}: ۲UNP۲۰۰ = ۵۰.۷۰۳\ \frac{kg}{m} \rightarrow t_{shell} = \frac{۵۰.۷۰۳ \times ۶.۷۰۸۲}{۱۲ \times ۷۸۵۰} = ۳.۶۱ \times ۱۰^{-۳}\text{m}$$

جدول 1 مشخصات مقاطع مورد استفاده در سیستم قابهای مورد مطالعه

قابهای 15 طبقه			
طبقات	تیر	ستون	مهاربند
1و2و3	IPE270	IPB360	2UNP200
4و5و6	IPE240	IPB340	2UNP180
7و8و9	IPE220	IPB320	2UNP160
10و11و12	IPE200	IPB300	2UNP140
13و14و15	IPE180	IPB280	2UNP120

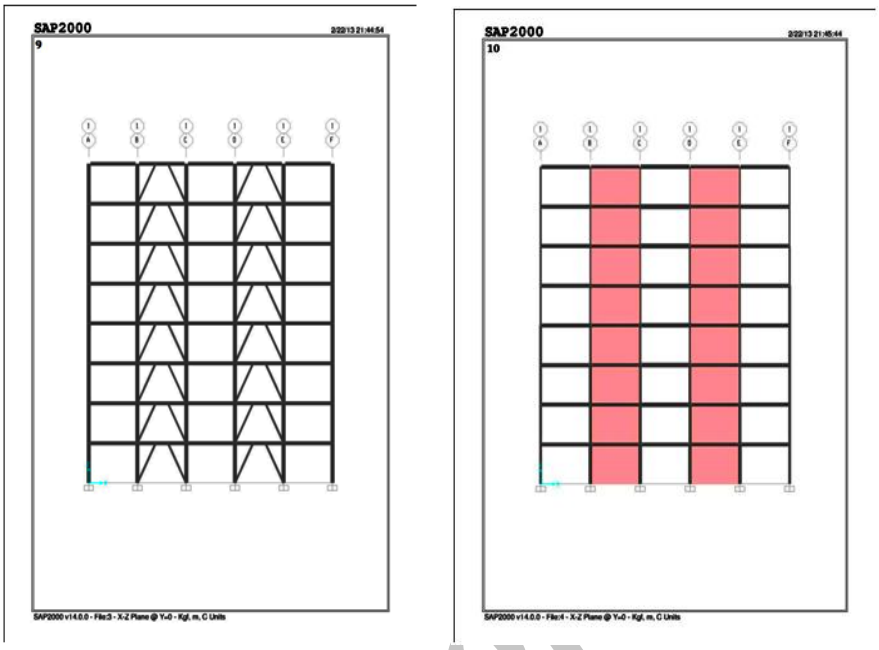
قابهای 12 طبقه			
طبقات	تیر	ستون	مهاربند
1و2و3	IPE240	IPB340	2UNP180
4و5و6	IPE220	IPB320	2UNP160
7و8و9	IPE200	IPB300	2UNP140
10و11و12	IPE180	IPB280	2UNP120

قابهای 8 طبقه			
طبقات	تیر	ستون	مهاربند
1و2	IPE240	IPB340	2UNP180
3و4	IPE220	IPB320	2UNP160
5و6	IPE200	IPB300	2UNP140
7و8	IPE180	IPB280	2UNP120

قابهای 4 طبقه			
طبقات	تیر	ستون	مهاربند
1و2	IPE200	IPB300	2UNP140
3و4	IPE180	IPB280	2UNP120

Archive of SID

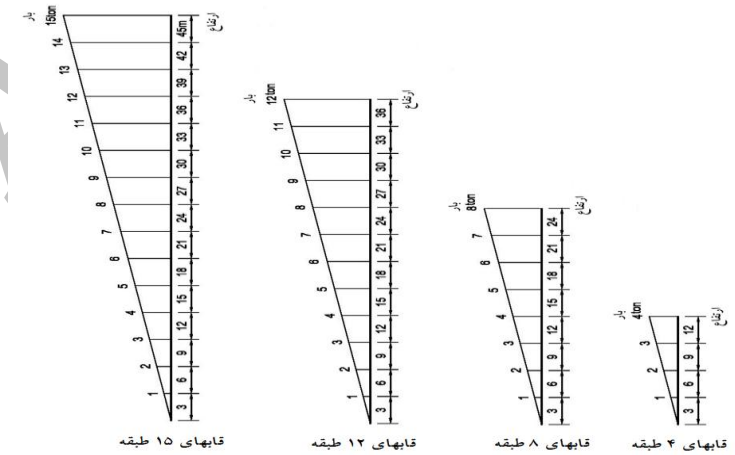
www.SID.ir



شکل 1 قابهای شماره 9 و10 مورد مطالعه

5. بارگذاری جانبی

به منظور تحلیل بار افزون بارگذاری جانبی به صورت افزایشی در نظر گرفته شده که همانند شکل2 بارگذاری شده‌اند. این نوع بارگذاری یک نوع بار گذاری فرض شده می‌باشد که از بارگذاری جانبی آئین نامه نشئت گرفته است. بطوریکه بار جانبی شامل بار باد و زلزله می باشد[6] .



شکل 2 نحوه بارگذاری قابهای مورد مطالعه

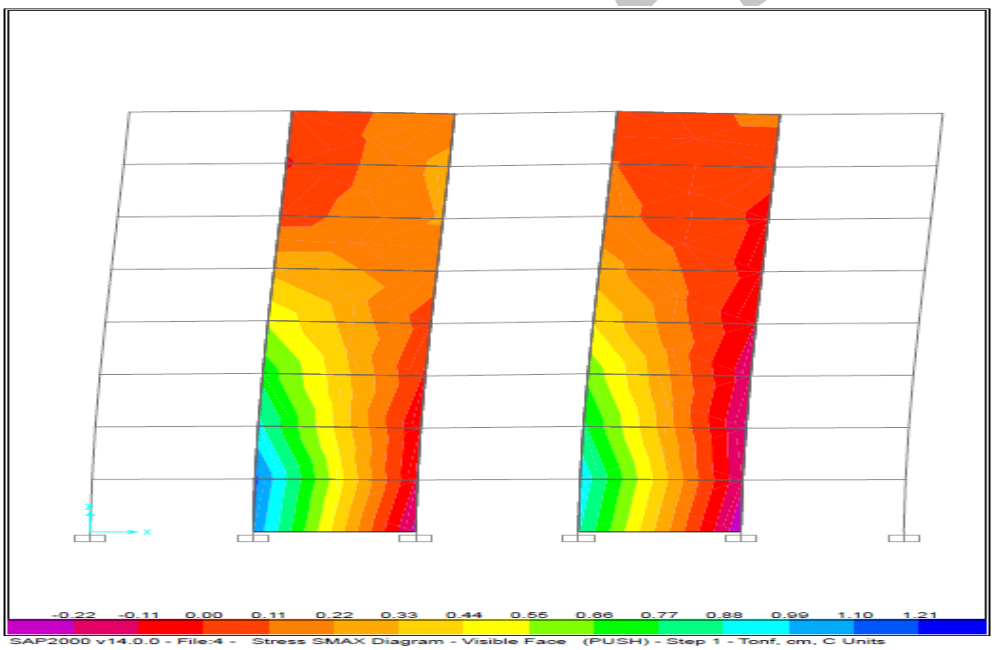
www.SID.ir

06بررسی نتایج تحلیل

خروجی‌های تحلیل غیرخطی شامل تنش‌ها و نیروهای محوری تحت اثر بارها در دیوارهای برشی، منحنی پوش که شامل جابجایی نقطه ای از بام ساختمان در مقابل پوش نیروی جانبی وارده و منحنی طیف ظرفیت می‌باشد.

0106تنش‌ها و نیروهای محوری تحت اثر بارها در دیوارهای برشی

دیوارهای برشی فولادی نیروی جانبی را جذب کرده و توسط المانهای کناری (ستونها) به زمین منتقل می-کنند. به طور نمونه از قاب شماره 10 برای نمایش تنش و نیروی محوری استفاده می شود و بقیه دیوارهای برشی هم همانند دیوار برشی این قاب رفتار می کنند.



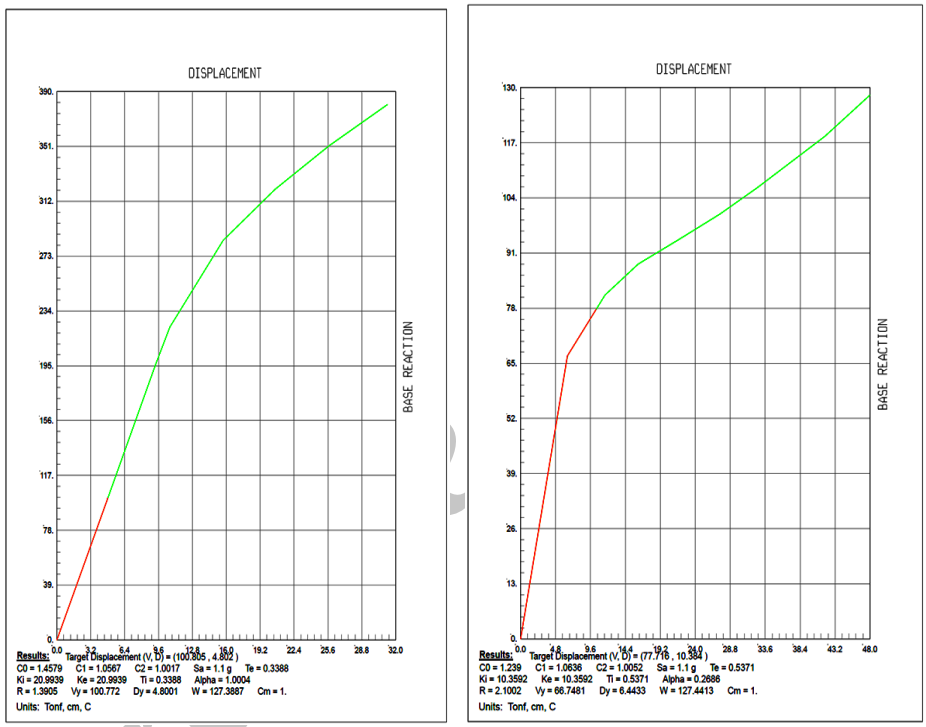
شکل 3 دیاگرام ماکزیمم تنش در قاب شماره 10

0206 منحنی‌های برش پایه- تغییرمکان بام شکل‌ها

منحنی برش پایه بر حسب تغییرمکان گره کنترل (گره کنترل کننده‌ی تغییرمکان که در هنگام معرفی حالت تحلیل غیرخطی تعریف شده) نمایش داده می‌شود. از این منحنی می توان استفاده های گوناگون نظیر بدست آوردن

www.SID.ir

انرژی دریافتی سازه با بدست آوردن سطح این نمودار و همچنین بدست آوردن میزان شکل پذیری سازه با تقسیم حداکثر جابجایی محتمل شده توسط سازه بر حداکثر جابجایی در حالت الاستیک سازه قابل محاسبه می باشد. در منحنی‌های زیر تا قبل از اینکه مفصل پلاستیک تشکیل شود در حالت الاستیک می‌باشند و بعد از آن در حالت غیر الاستیک (پلاستیک) قرار می‌گیرند. و همچنین مشاهده می‌شود که سیستم‌های دارای مقاومت بالاتری می‌باشند تحت نیروی بیشتری جابجایی کمتر داده‌اند.

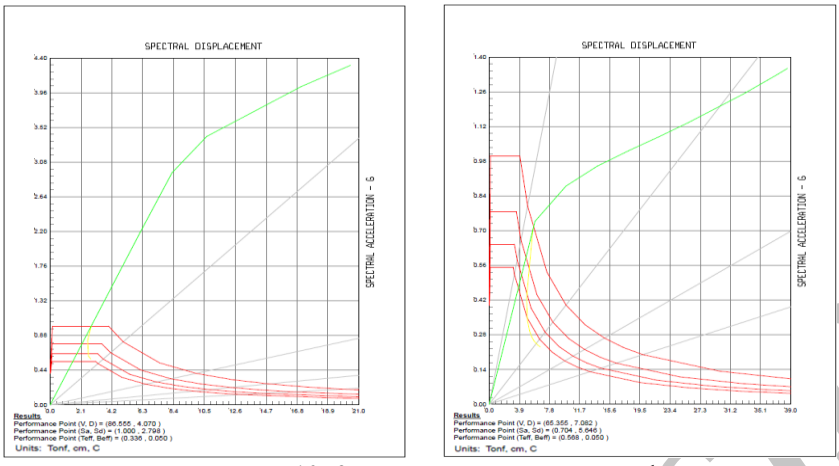


شکل 4 منحنی نیرو- جابجایی قا بهای شماره 9 و10

0306 منحنی طیف ظرفیت

در گراف‌شکل 5 منحنی طیف ظرفیت و نیاز سیستم‌ها برای دو قاب 9 و10 نمایش داده می‌شود. این منحنی‌ها در فرمتی به نام فرمت ADRS ارائه می‌شوند. در این فرمت تغییر مکان طیفی Sd و شتاب طیفی Sa با یک سری روابط تبدیلی از روی منحنی‌های نیاز و ظرفیت استاندارد محاسبه می‌شوند. برنامه SAP نقطه‌ی عملکرد سازه را نیز محاسبه و گذارش می‌کند. این محاسبات بر اساس طیف نیاز آئین نامه‌ی UBC انجام می‌شود.

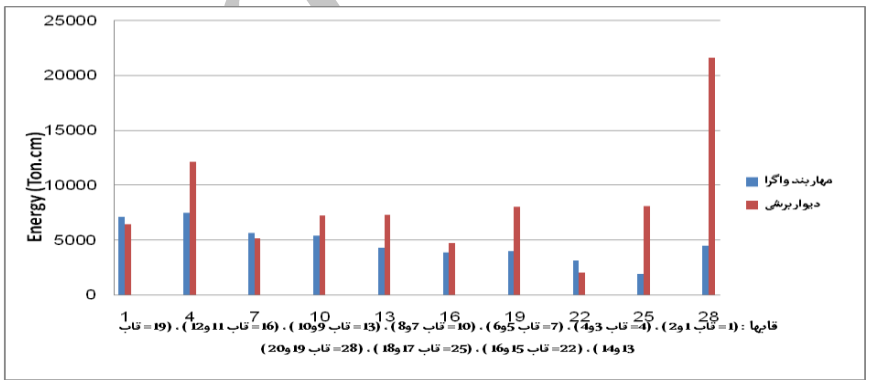
www.SID.ir



شکل 5 منحنی طیف ظرفیت قاب شماره 9 و 10

07 میزان اتلاف انرژی

همان طور که می دانیم کار یا انرژی برابر است با سطح زیر نمودار بار-جابجایی در طراحی ساختمانها در برابر زلزله چنانچه ساختمانی تا قبل از انهدام انرژی بیشتری را مستهلک کند شکل پذیر تر و از لحاظ سازه ای مورد پسند تر است. قاب خمشی فولادی به تنهایی جز سیستمهای خوب مستهلک کننده انرژی زلزله است. در این پژوهش ما با بررسی منحنی ظرفیت قابهای مورد مطالعه میزان استهلاک انرژی این قابها را محاسبه کرده و سیستم مکملی که انرژی بیشتری را مستهلک می کند تعیین می کنیم. برای مقایسه بهتر بین سیستمهای دوگانه همان طور که در شکل 6 مشاهده می شود از نمودار ستونی استفاده شده است.



شکل 6 بررسی میزان استهلاک انرژی

Archive of SID
www.SID.ir

08مقایسه سیستم‌های مورد مطالعه

1- با توجه به نقطه عملکرد استفاده سیستم دوگانه قاب خمشی و دیوار برشی فولادی نازک برای کلیه ساختمان‌های کوتاه، متوسط و بلند مناسب‌تر از سیستم‌های دوگانه قاب خمشی و مهاربند واگرا است. به طور مثال برای قاب شماره 7 (جابجایی بام = 5.78cm و برش پایه = 81.76ton) و قاب شماره 8 (جابجایی بام = 2.51cm و برش پایه = 88.241ton) نشان می‌دهد که سیستم با دیوار برشی با جابجایی کمتر نیروی بیشتری را می‌تواند تحمل کند که این امر نشان دهنده مقاومت بیشتر این سیستم در مقایسه با سیستم قاب خمشی و مهاربند واگرا در موقع زلزله می‌باشد.

2- با مقایسه منحنی‌های نیرو- تغییرمکان که در شکل 4 نمایش داده شده، نشان می‌دهد که سیستم‌های دوگانه قاب خمشی فولادی با دیوار برشی در مقایسه با سیستم‌های دوگانه قاب خمشی فولادی با مهاربند واگرا دارای جذب انرژی بیشتر و جابجایی کمتری هستند که این امر نشان می دهد که این سیستم برای تمام قابها دارای مقاومت بیشتری است.

3- میزان استهلاک انرژی در سیستم دوگانه قاب خمشی فولادی با دیوار برشی بیشتر از سیستم دوگانه قاب خمشی فولادی و مهاربند واگرا می‌باشد. که این امر به گسیختگی ناحیه مفصل پلاستیک در دیوار برشی فولادی و به عبارتی نامعینی زیاد آن به نسبت بادبندهای واگرا مربوط می‌شود.

4- با یک جمع بندی از نتایج بدست آمده، این‌گونه به نظر می‌رسد که آئین نامه 2800 ایران برای سازه‌های با تعداد طبقات متوسط و کوتاه مناسب‌تر و با ضریب اطمینان بیشتری نسبت به سازه با تعداد طبقات بلند می‌باشد البته نتایج بدست آمده در این مطالعه مستند بوده است.

5- تغیر مکان طبقه آخر سیستم با مهاربند واگرا نسبت به سیستم با دیوار برشی (به طور مثال قاب‌های 3 و 4) در حدود 45 درصد بیشتر می‌باشد.

9. نتیجه گیری

1- استفاده از سیستم با دیوار برشی نازک باعث ظرفیت باربری (جذب انرژی) نمونه‌ها و نیاز به مقطع کوچک‌تر برای تیرها و ستونها در مقایسه با سیستم با مهاربند واگرا می‌شود، که این امر باعث سبکتر شدن و اقتصادی تر شدن سازه‌های فولادی می شود.

2- استفاده از سیستم با دیوار برشی فولادی نقش بسیار مؤثری را در کاهش تغییر مکان نسبی طبقات دارا است. به طور کلی در نظر گرفتن یک الگوی بارگذاری جانبی آئین نامه‌ای در طراحی سیستم‌های سازه‌ای مختلف و اعمال یک ضریب به عنوان ضریب رفتار برای هر نوع سیستم سازه‌ای بدون توجه به مقادیر اضافه مقاومت و شکل پذیری آن، نمی‌توان تضمین کننده پایداری آن تحت زلزله های احتمالی باشد.

Archive of SID

www.SID.ir

3- در بسیاری از آئین نامه‌ها، تنها آنالیزهای الاستیک خطی به منظور تخمین ماکزیمم پاسخ غیر خطی یک سازه مورد استفاده قرار می‌گیرد ولی استفاده از روش‌های تحلیلی ساده شده به منظور تخمین ماکزیمم پاسخ غیر الاستیک سازه‌ها در طول زمین لرزه‌های شدید، امری ضروری و اجتناب ناپذیر می‌باشد. بر این اساس، در مطالعه صورت گرفته سعی در تخمین ماکزیمم پاسخ غیر الاستیک سازه و بخصوص ماکزیمم نیاز تغیر مکان جانبی غیر الاستیک سازه با استفاده از نتایج حاصل از تحلیل‌های الاستیک خطی می‌باشد.

4- با مقایسه سیستم‌ها می‌توان نتیجه گرفت که سیستم‌ها با دیوار برشی سختی خیلی خوب و شکل پذیری کمتری نسبت به سیستم‌ها با مهاربند واگرا از خود نشان می‌دهد.

5- با مقایسه جابجایی و برش پایه نظیر نقطه عملکرد برای قاب‌ها می‌توان نتیجه گرفت که سیستم دوگانه قاب خمشی فولادی با دیوار برشی فولادی نازک با جابجایی کمتر می‌تواند نیروی زلزله بیشتری را تحمل کند.

6- اولین مفصل پلاستیکی که در اکثر سیستم‌ها به وجود آمد در تیرهاست که از این امر می‌توان نتیجه گرفت که در هنگام زلزله با از بین رفتن یک تیر در مقایسه با ستون سازه کمتر دچار مشکل می‌شود.

7- میزان استهلاک انرژی در سیستم دوگانه قاب خمشی با دیوار برشی بیشتر از سیستم دوگانه قاب خمشی و مهاربند واگرا می‌باشد. که این امر به گسیختگی ناحیه مفصل پلاستیک در دیوار برشی فولادی و به عبارتی نامعینی زیاد آن به نسبت بادبندهای واگرا مربوط می‌شود.

12. مراجع

[1] Aristizabal- ochoa. "Disposable Knee Bracing: Improvement in seismic design of steel frames". J.struc . eng .ASCE, 112,(7), 1544 –1552, (1986).

نیکنام، احمد؛ ثنایی، ابراهیم ؛هاشمی، جواد؛ باجی،حسن، رفتار و ضوابط طراحی لرزه ای ساختمان‌های فولادی بر مبنای UBC، چاپ اول (1381).

[2] پژوهشگاه بین المللی زلزله شناسی و مهندسی زلزله، دستورالعمل بهسازی لرزه ای ساختمانهای موجود، دفتر امور فنی و تدوین معیارها، سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور، خرداد ماه(1381).

[3] دستورالعمل بهسازی لرزه ای ساختمان های موجود نشریه شماره 360، معاونت امور فنی دفتر امور فنی، تدوین معیارها و کاهش خطرپذیری ناشی از زلزله (1385).

[4] سروقدمقدم، عبدالرضا ؛ روشن، رامین، کاربرد آنالیز استاتیکی فزاینده غیر خطی در ارزیابی لرزه‌ای ساختمانها، اولین کنفرانس علمی-تخصصی انجمن مهندسان راه و ساختمان ایران، مهر ماه (1378).

Archive of SID

www.SID.ir

[5] پژوهشگاه بین المللی زلزله شناسی و مهندسی زلزله، تفسیر دستورالعمل بهسازی لرزه ای ساختمانهای موجود، دفتر امور فنی و تدوین معیارها، سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور، مهرماه (1381).

Archive of SID

www.SID.ir