بنام خداوند جان آفرین حکیم سخن در زبان آفرین

جناب آقای **دکترمنصور قلعه نوی**

ارائه دهنده مقاله **بررسی عملکردی دیوار برشی فولادی نازک در قابهای ساختمانی ساده و مقایسه آن با بادبندهای ضربدری و شورون به روش طیف ظرفیت**

دومین کنفرانس مقاوم سازی با عنوان کنفرانس ملی مرمت و بهسازی لرزه ای ایران ، یادبود زلزله بم ، با هدف کشف استعداد های نهفته و بروز قابلیت های به بار نشسته جهت توسعه و رشد ایران اسلامی ، با برپایی سالگرد جانباختگان زلزله دلخراش بم در روز های ۳ و ۴ دی ماه ۱۳۸۶ برگزار گردید.

به پاس ارج نهادن به تلاش های علمی و پژوهشی جنابعالی در ارایه مقاله مذکور که توسط هیئت محترم علمی کنفرانس مورد پذیرش قرار گرفت ، این گواهینامه به شما اهداء می گردد.

توفیق نامبرده را در توام نمودن علم و عمل و خشیت و تقوی و کسب رضای خالق و تلاش در خدمت به خلق و سازندگی ایران عزیز آرزومند است.

دکتر ژوبین معتمد
دبیرعلمی کنفرانس مقاوم سازی

دکتر مریم کاظمی پور
معاونت پژوهشی دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرمان

/ تذهیب شماره ۲۰۰۴ - تلفن مرکز پخش : ۵۵۶۱۹۲۴۹ - ۸۸۳۱۳۴۳۱ - حق چاپ محفوظ

بررسی عملکردی دیوار برشی فولادی نازک در قابهای ساختمانی ساده و مقایسه آن با بادبندهای ضربدری و شورون به روش طیف ظرفیت

حامد همتی،دانشجوی کارشناسی ارشد سازه
poorgashti1380@yahoo.com،تلفن:۰۹۱۱۱۴۴۴۴۳۰
منصور قلعه نوی،استادیار دانشگاه سیستان و بلوچستان
ghalehnovi@yahoo.com
محمود میری،استادیار دانشگاه سیستان و بلوچستان
mmiri@hamoon.usb.ac.ir

چکیده

سیستم قاب ساختمانی ساده به همراه مهاربندهای هم محور فولادی یکی از پر کاربرد ترین سیستم های استفاده شده در سازه های فلزی می باشد این سیستم به دلیل سختی قابل توجه و سهولت اجرا یکی از بسیار مقبول و پر استفاده است و به شکلهای ضربدری و شورون(هشتی) استفاده می شود. دیوار برشی فولادی (SSW)[1] به عنوان عضو باربر جانبی در دهه ۱۹۷۰ مورد توجه قرار گرفت.ساختمانهای نیپون استیل در توکیو و سیلمار در لس آنجلس جز اولین ساختمانهایی هستند که در آنها از دیوار برشی فولادی استفاده شده است. در سالهای اخیر در اکثر کشورهای دنیا این سیستم به عنوان سیستم باربر جانبی مناسب با استقبال رو به رو شده است.در کشور ما به دلیل عدم شناخت کافی از نحوه طراحی و کارکرد این سیستم ، مهندسان رغبتی به استفاده از آن نشان نمی دهند.در این مقاله این دو سیستم در قابهای مشابه به کار رفته و با استفاده از مدلهای عددی و نرم افزارهای ANSYS و SAP منحنی ظرفیت و میزان اتلاف انرژی و با استفاده از روش طیف ظرفیت نقطه عملکرد آنها محاسبه شده و با یکدیگر مقایسه می شوند.

واژه های کلیدی:دیوار برشی فولادی،روش طیف ظرفیت،نقطه عملکرد

۱- مقدمه

به طور متوسط در کشور ما هر چهار سال یک بار یک زمین لرزه بزرگتر از ۷ و دو زمین لرزه بین ۶ تا ۷ و سیزده زمین لرزه بین ۵ تا ۶ روی می دهد[۱].به این دلیل توجه به عناصر مقاوم در برابر زلزله امری ضروری و اجتناب ناپذیر است.

در سالهای اخیر دیوار برشی فولادی نازک به دلیل شکل پذیری بالا و صرفه اقتصادی در بسیاری از کشورها به عنوان یک عنصر باربر جانبی مناسب پذیرفته و استفاده می شود. در کشور ما سیستم قاب ساختمانی ساده و مهاربندهای هم محور یکی از پر کاربرد ترین سیستمهای مورد استفاده در سازه های فولادی می باشد.در این مقاله این سیستم با سیستم قاب ساختمانی ساده و دیوار برشی فولادی نازک با استفاده از روشی نوین به نام طیف ظرفیت مقایسه شده اند.برای این مقایسه ۵

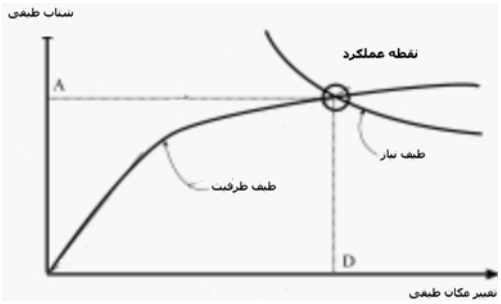
[1] -Steel Shear Wall

قاب ساختمانی ساده با تعداد طبقات و دهانه های متفاوت در نظر گرفته شده است.میزان استهلاک انرژی و نیز نقطه عملکرد این قابها با استفاده از طیف ظرفیت محاسبه شده است.

۲- روش طیف ظرفیت[۲]

آسیبهای وارده بر اثر زلزله نورتریج در سال ۱۹۹۴ و زلزله کوبه در سال ۱۹۹۵، ضعف روشهای طراحی و ساخت را آشکار و بر نیاز به یک روش طراحی جدید براساس عملکرد سازه تاکید کرد این زلزله ها باعث شد روشهای طراحی بر اساس قابلیت اعتماد که تا آن زمان مورد استفاده قرار می گرفت،مجددا بررسی گردد.

موسسه ATCآمریکا در نشریه شماره ۴۰ [۳] با ارئه روشی نوین نحوه دستیابی به مختصات نقطه عملکرد سازه[۲] که مشخص کننده وضعیت سازه در حالت نهایی تحت اثر زلزله ای با مشخصات طیف آیین نامه ای است را شرح داده است. در این روش نقطه برخورد طیف ظرفیت سازه و طیف نیاز لرزه ای کاهش یافته به عنوان نقطه عملکرد سازه معرفی می گردد(شکل (۱)).



شکل۱:نقطه عملکرد

برای بدست آوردن طیف ظرفیت که در حقیقت منحنی بار-جابجایی سازه می باشد ، یک سری آنالیزهای مرحله ای انجام می شود.مدل ریاضی سازه در هر مرحله به گونه ای اصلاح می شود که کاهش مقاومتهای ناشی از تشکیل مفصل پلاستیک مد نظر قرار گیرد. این فرایند تا جایی ادامه پیدا می کند که سازه به محدودیتهای از پیش تعیین شده برسد.طیف نیاز همان طیف طراحی آیین نامه می باشد که در ناحیه غیر خطی به دلیل افزایش میرایی موثر سازه ، مقدار آن کاهش یافته است. بر این اساس نشریه ATC-40 بسته به میزان وارد شدن سازه در ناحیه غیر خطی ضرایب کاهشی برای نواحی شتاب ثابت و سرعت طیف به شرح زیر معرفی می کند.

$$SR_A = \frac{3.21 - .68Ln(\beta_{eff})}{2.12} \qquad (۱)$$

$$SR_V = \frac{2.31 - .41Ln(\beta_{eff})}{1.65} \qquad (۲)$$

$$\beta_{eff} = \beta_0 + 5 \qquad (۳)$$

که:

β_{eff}=میرایی موثر

[2] -Performance Point

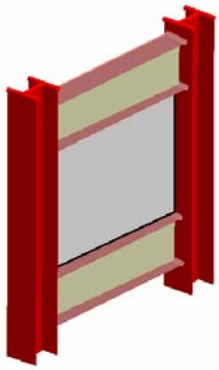
β_0=میرایی ویسکوز معادل ناشی از رفتار هیسترزیس سازه

لازم به ذکر است که در این روش طیف نیاز و ظرفیت هر دو باید به صورت نمودار S_a در برابر S_d (ADRS)تبدیل شوند.با توجه به اینکه مقدار میرایی موثر نقاط روی طیف ظرفیت متفاوت است لذا ضریب کاهش طیف نیاز نیز برای نقاط مختلف، متفاوت خواهد بود، به همین دلیل بدست آوردن نقطه عملکرد سازه روندی تکراری و توام با سعی و خطا می باشد.

در حالتی که از این روش برای بدست آوردن پارامترهای لرزه ای سازه استفاده می شود، نقطه عملکرد مشخص و در حقیقت همان نقطه انهدام سازه با حفظ حاشیه ایمنی می باشد. بنابر این با داشتن نقطه عملکرد می توان طیف نیاز نهایی سازه را بدست آورد و با استفاده از آن پارامترهای لرزه ای نهایی تخمین زده می شود.در ATC-40 حداکثر تغییر مکان مجاز جانبی برای تامین ایمنی جانی که مشابه ساختمانهای با اهمیت متوسط در آیین نامه ۲۸۰۰ می باشد ۰/۰۲ ارتفاع سازه می باشد.

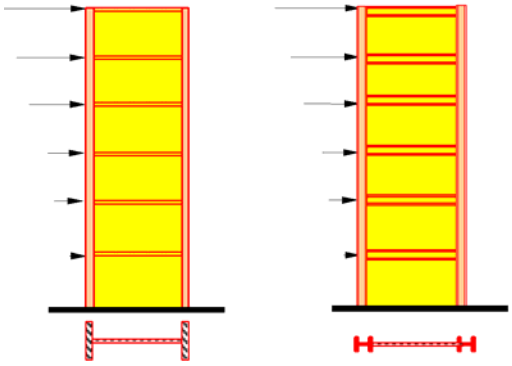
۳- دیوار برشی فولادی

دیوار برشی فولادی به عنوان سیستم مقاوم جانبی از سال ۱۹۷۰ در ساختمانهای مهمی در کشورهای ژاپن و آمریکا مورد استفاده قرار گرفته اند.[4] البته از بین آیین نامه های معتبر تنها آیین نامه فولاد کانادا به مبسوط ضوابطی را در طرح و اجرای آن بیان کرده است.سیستم دیوار برشی فولادی شامل پانلهای صفحه ای فولادی،دو ستون مرزی و تیرهای افقی می باشد(شکل (۲)).[۵]



شکل۲:دیوار برشی فولادی و المانهای محیطی

رفتار این سیستم شباهت زیادی به یک تیر ورق طره دارد.ستونها مانند بال تیر ورق،پانلهای تیر ورق مانند جان تیر ورق و تیرهای افقی مانند سخت کننده های عرضی جان تیر ورق عمل می کنند(شکل(۳)).

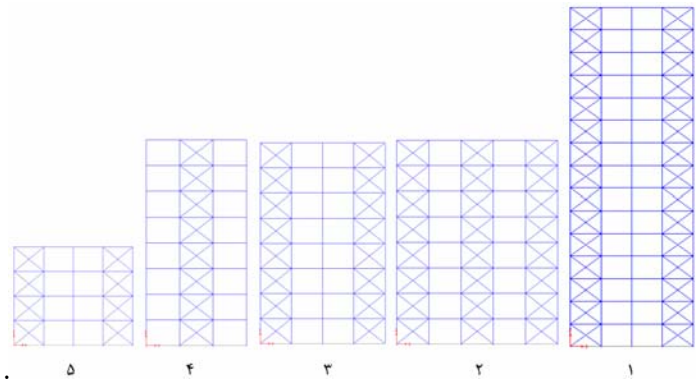


شکل۳:دیوار برشی فولادی(سمت راست)و تیر ورق(سمت چپ)

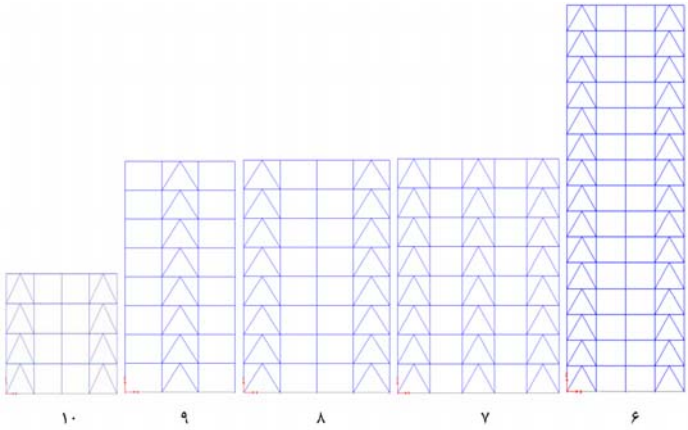
با طراحی مناسب این سیستم شکل پذیری و اتلاف انرژی بالایی دارد.مکانیسم مناسب برای خمیری شدن سیستم دیوار برشی ،جاری شدن جان آن می باشد[۶].در کاربردهای اولیه پانل های دیوار دارای سخت کننده های افقی و عمودی بودند.تحقیقاتی که در حالت بدون سخت کننده روی رفتار این پانلها انجام گرفت نشان داد که در این حالت نیز شکل پذیری و اتلاف انرژی قابل ملاحظه ای وجود دارد و در سالهای اخیر استفاده از پانل های بدون سخت کننده از لحاظ اجرایی و اقتصادی مقبولیت بیشتری در کشورهای آمریکا و کانادا یافته است[۷].

۴-معرفی قابهای مورد مطالعه

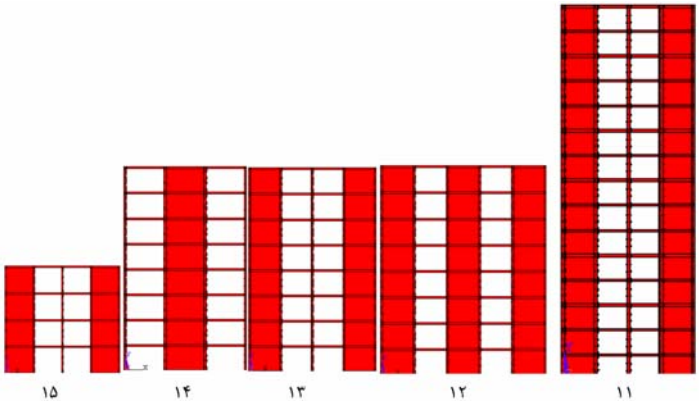
در این مقاله همان طور که در شکلهای (۴)،(۵)،(۶) نشان داده شده، ۱۵ قاب با سیستم های قاب ساده(مفصلی) و بادبند ضربدری یا شورون و یا دیوار برشی فولادی نازک بررسی شده اند.عنصر یکسان بین این سیستم ها، وزن است به عبارتی بادبندهای ضربدری و شورون و دیوار برشی فولادی وزن یکسانی دارند



شکل(۴):قابهای ساختمانی ساده با سیستم بادبند ضربدری



شکل(۵):قابهای ساختمانی ساده با سیستم بادبند شورون

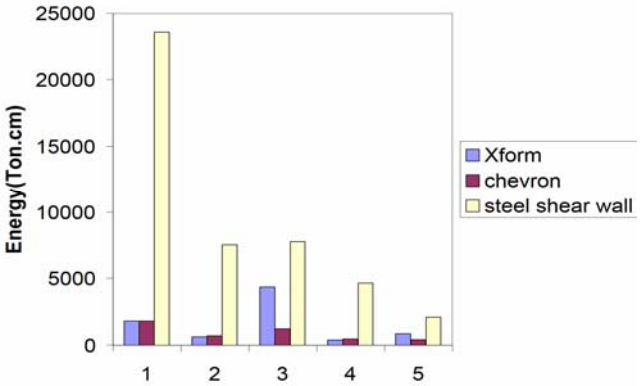


شکل(۶):قابهای ساختمانی ساده با سیستم دیوار برشی فولادی نازک

قابها متعلق به ساختمانهایی با کاربری مسکونی و دهانه های یکسان ۴ متر و ارتفاع طبقات ۳متر می باشند.محل قرارگیری ساختمانها منطقه با خطر نسبی زیاد و نوع خاک ۲ می باشند.نوع سقف، تیرچه بلوک در نظر گرفته شده و بارهای مرده و زنده طبقات به ترتیب۶۰۰و۲۰۰ کیلوگرم بر متر مربع محاسبه شده است. برای ستونها از مقاطع IPB و برای تیرهاIPE و برای بادبندها نیز از مقاطع دوبل ناودانی استفاده شده است.تمام ستونها و تیرها و بادبندهای یک طبقه تیپ هستند ضمنا هر ۳ طبقه در ارتفاع تیپ هستند(به جز قابهای چهار طبقه که هر دو طبقه تیپ هستند).

۵- میزان اتلاف انرژی

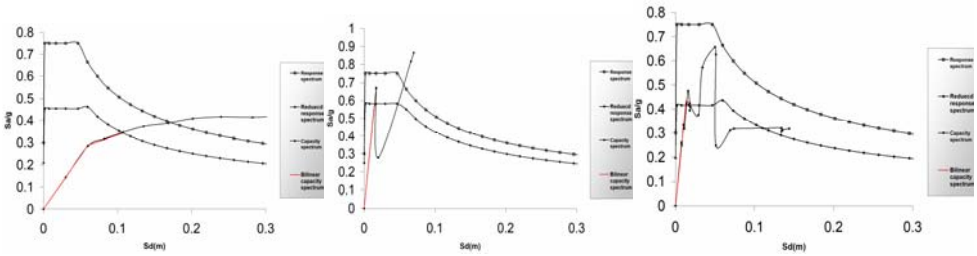
همان طور که می دانیم کار یا انرژی برابر است با سطح زیر نمودار بار- جابجایی.در طراحی ساختمانها در برابر زلزله چنانچه ساختمانی تا قبل از انهدام انرژی بیشتری را مستهلک کند شکل پذیر تر و از لحاظ سازه ای مورد پسند تر است. در این پژوهش ما با بررسی منحنی ظرفیت قابهای مورد مطالعه میزان استهلاک انرژی این قابها را محاسبه کرده و سیستمی که انرژی بیشتری را مستهلک می کند تعیین می کنیم. برای مقایسه بهتر بین سیستمها، همان طور که در شکل (۷) مشاهده می شود از نمودار ستونی استفاده شده است.



شکل ۷ –میزان استهلاک انرژی(۱:قابهای ۱،۶،۱۱ –۲:قابهای ۲،۷،۱۲ –۳:قابهای ۳،۸،۱۳ – ۴:قابهای ۴،۹،۱۴ –۵:قابهای ۵،۱۰،۱۵)

۶- تعیین نقطه عملکرد قابها

قابهای دارای سیستم قاب ساختمانی ساده و دیوار برشی فولادی نازک با نرم افزار المان محدود ANSYS 5.4وقابهای دارای سیستم قاب ساختمانی ساده و بادبندهای همگرا با نرم افزارSAP2000 مدل سازی و آنالیز شده و منحنی برش پایه بر حسب تغییر مکان بام بدست می آید آن گاه با استفاده برنامه نوشته شده در EXELL نقطه عملکرد محاسبه می شود. به عنوان نمونه نقطه عملکرد که محل تلاقی طیف ظرفیت و طیف نیاز در فرمت ADRS می باشد، برای قابهای۵و۱۰و۱۵ در شکل (۸) نشان داده شده است.



شکل(۸): نقطه عملکرد قاب۱۵(سمت راست)،قاب ۱۰(وسط)،قاب۵(سمت چپ)

جابجایی و برش پایه نظیر نقطه عملکرد برای قابهای مورد مطالعه در جدول (۱) آمده است:

جدول ۱- جابجایی و برش پایه نظیر نقطه عملکرد برای قابهای مورد مطالعه(جابجایی بر حسب cm و برش پایه بر حسب Tonمی باشد)

شماره قاب	جابجایی بام	برش پایه	شماره قاب	جابجایی بام	برش پایه	شماره قاب	جابجایی بام	برش پایه
1	-	-	6	-	-	11	43.6	108.58
2	-	-	7	-	-	12	22.49	99.85
3	16.4	98.9	8	-	-	13	23.98	76.85
4	-	-	9	-	-	14	28.22	50
5	2.3	55.8	10	2.22	79.7	15	10.63	41.65

جاهای خالی جدول نشان دهنده عدم قطع منحنی طیف ظرفیت و طیف نیاز می باشد.همان طور که مشاهده می شود قابهای ۱و۲و۴و۶و۷و۸و۹سیستم های مطلوبی نیستند..تمام اعداد مربوط به تغییر مکان جانبی شرط $02H$. مربوط به ATC-40 در مورد ساختمانهای مسکونی را ارضاء می کنند.

۷- نتایج

۱-با توجه به نقطه عملکرد استفاده از سیستم قاب ساختمانی ساده و دیوار برشی فولادی نازک برای ساختمانهای متوسط و بلند مناسب تر از سیستم قاب ساختمانی ساده و بادبندهای همگرا می باشد.

۲- استفاده از سیستم قاب ساختمانی ساده و بادبند ضربدری به نسبت سیستم قاب ساختمانی ساده و بادبند شورون مناسب تر به نظر می رسد زیرا بادبند شورون امکان ایجاد مفصل پلاستیک در ستون و به تبع امکان وقوع شکست ترد را افزایش می دهد.

۳-میزان استهلاک انرژی در سیستم قاب ساختمانی ساده و دیوار برشی فولادی نازک بیشتر از سیستم قاب ساختمانی ساده و بادبندهای همگرا می باشد.که این امر به گستردگی ناحیه مفصل پلاستیک در دیوار برشی فولادی و به عبارتی نا معینی زیاد آن به نسبت بادبندهای همگرا مربوط می شود.

۸- منابع و مراجع

۱- طاهری بهبهانی؛ نگرشی فلسفی به ضوابط محاسباتی ساختمانها در برابر زلزله ، نشریه شماره ۲۳۹ مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن ، تهران،۱۳۸۶.

۲- دستورالعمل بهسازی لرزه ای ساختمانهای موجود،پژوهشگاه بین المللی زلزله شناسی و مهندسی زلزله ، خرداد ۱۳۸۱.

3. Applied Technology Council.(1996),” Seismic Evaluation and retrofit of Concrete Buildings”,(ATC-40) .

4. Timler , P. A. and Kulak ,G.L. , (1983) “Experimental Study of Steel Plate Shear Walls” , Structural Engineering Report No. 114 , University of Alberta , Canada.

5.Astaneh-Asl, A. (2001) “Seismic behavior and design of steel shear walls.” Structural Steel Educational Council Technical Information and Product Service.

6. Lubell, A.S., Prion, G. L., Ventura, C. E. and Rezai, M.(2000). “Unstiffend steel plate shear wall performance under cyclic loading.” J. of Str. Engrg., ASCE, Vol 126, No. 4, PP. 453-460.

[6] Elgaaly , M. and Cacces , V. , (1993) “Post –buckling Behavior of Steel – Plate Shear Walls under Cyclic Loads,” J. of Str. Engrg. ASCE , 119 , n.2 , pp. 588-605.

7. Sabouri ghomi , S. , And Roberts , T.M. , (1992) , “Nonlinear Dynamic Analysis of Steel Plate Shear Walls Including Shear and Bending Deformation” , Engineering Structure , 15 , no. 5 , pp. 309-317.