ضریب رفتار سیستم دو گانه قاب خمشی فولادی متوسط و دیوار برشی فولادی نازک

منصور قلعه نوی، محمود میری،حامد همتی
۱- عضو هیئت علمی دانشگاه فردوسی مشهد
۲- عضو هیئت علمی دانشگاه سیستان و بلوچستان
۳- کارشناس ارشد سازه دانشگاه سیستان و بلوچستان

چکیده

برای مقابله با نیروهای جانبی و به ویژه نیروی زلزله سیستم های مختلفی به کار می رود که از آن جمله سیستم های دو گانه می باشند که شامل تر کیبی از قاب خمشی و سیستم مقاوم دیگری هستند.در آیین نامه ۲۸۰۰ سیستم های دو گانه فولادی شامل قاب خمشی و انواع بادبندهاست و از دیوار برشی فولادی(SSW) سخنی به میان نیامده است.. تنها در آیین نامه کانادا (CAS,۱۹۹۴) به طور صریح یک بخش به این عنصر باربر اختصاص داده شده است.در این مقاله به بررسی این سیستم سازه ای در قاب خمشی فولادی متوسط پرداخته شده است.قابهایی دو بعدی با تعداد دهانه و ارتفاع مختلف مورد بررسی قرار گرفته و با نرم افزار غیر خطی ANSYS آنالیز شده و با استفاده از تحلیل پوش اور اقدام به تعیین ضریب رفتار این سیستم شده است.در پایان برای ساختمانهای متوسط و بلند ضریب رفتار ۹ و برای ساختمانهای کوتاه ۷ پیشنهاد شده است.

کلمات کلیدی: دیوار برشی فولادی نازک ،تحلیل پوش اور، ضریب رفتار.

ضریب رفتار سیستم دو گانه قاب خمشی فولادی متوسط و دیوار برشی فولادی نازک

منصور قلعه نوی[۱]، محمود میری[۲]،حامد همتی[۳]

۱- عضو هیئت علمی دانشگاه فردوسی مشهد

۲- عضو هیئت علمی دانشگاه سیستان و بلوچستان

۳- کارشناس ارشد سازه دانشگاه سیستان و بلوچستان

خلاصه

برای مقابله با نیروهای جانبی و به ویژه نیروی زلزله سیستم های مختلفی به کار می رود که از آن جمله سیستم های دو گانه می باشند که شامل تر کیبی از قاب خمشی و سیستم مقاوم دیگری هستند.در آیین نامه ۲۸۰۰ سیستم های دو گانه فولادی شامل قاب خمشی و انواع بادبندهاست و از دیوار برشی فولادی(SSW)[۴] سخنی به میان نیامده است.. تنها در آیین نامه کانادا (CAS,۱۹۹۴) به طور صریح یک بخش به این عنصر باربر اختصاص داده شده است.در این مقاله به بررسی این سیستم سازه ای در قاب خمشی فولادی متوسط پرداخته شده است.قابهایی دو بعدی با تعداد دهانه و ارتفاع مختلف مورد بررسی قرار گرفته و با نرم افزار غیر خطی ANSYS آنالیز شده و با استفاده از تحلیل پوش اور اقدام به تعیین ضریب رفتار این سیستم شده است.در پایان برای ساختمانهای متوسط و بلند ضریب رفتار ۹ و برای ساختمانهای کوتاه ۷ پیشنهاد شده است.

کلمات کلیدی: دیوار برشی فولادی نازک ،تحلیل پوش اور، ضریب رفتار.

۱. 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 این سیستم بر طرف 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.بادبندهای همگرا به طور کلی شامل بادبندهای ضربدری و شورون (هشتی) می شوند.

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.ساختمانهای نیپون استیل در توکیو و سیلمار در لس آنجلس جز اولین ساختمانهایی هستند که در آنها از دیوار براشی فولادی 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 مقاله به بررسی این سیستم نوین با استفاده از نرم افزار المان محدود ANSYS پرداخته شده است و با استفاده از منحنی پوش بدست امده از تحلیل غیر خطی، ضریب رفتار تعیین شده است.بدین منظور ۹ قاب با تعاد دهانه ها و ارتفاع مختلف مورد بررسی قرار گرفته اند.

---

[۱] استادیار

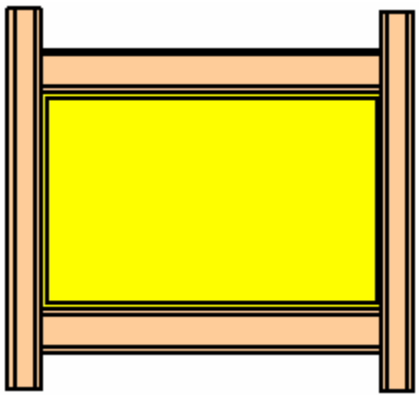
[۲] استادیار

[۳] کارشناسی ارشد

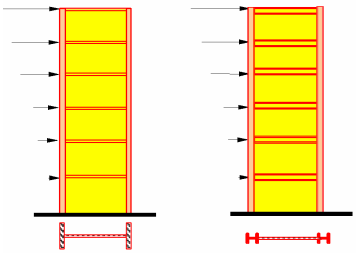
[۴] -Steel Shear Wall

۲. دیوار برشی فولادی نازک

دیوارهای برشی صفحه فولادی، یک نوع سیستم ابتکاری مقاوم در برابر بارهای جانبی باد و زلزله می باشند.همان طور که در شکل(۱)نشان داده شده است، سیستم شامل یک سری پانلهای مجزا می باشد که هر پانل در داخل دو تیر و ستون محاط شده و یک صفحه فولادی به این المانهای محیطی متصل شده است. این نوع استقرار،دیوار برشی فولادی را به تیر ورق طره ای که ستونها در حکم بال آن، تیرها در حکم سخت کننده های قائم و ورق در حکم جان می باشد،شبیه می سازند[۱].(شکل(۲)).



شکل ۱ –دیوار برشی فولادی و قاب خمشی محیطی



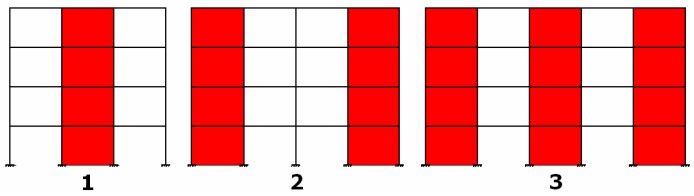
شکل ۲ –دیوار برشی فولادی سمت راست و تیر ورق سمت چپ

اساس ایده دیوارهای برشی نازک که در ۱۵ سال اخیر به طور جدی مورد توجه قرار گرفته است بهره گیری از میدان کششی قطری[۱] است که پس از کمانش ورق فولادی در آن ایجاد می گردد.این مقاومت فرا کمانشی ورق فولادی نازک باعث استهلاک مقدار زیادی انرژی زلزله اعمال شده میگردد. البته شرط به وجود آمدن این میدان کششی ،این است که ورق در مرزها به خوبی و اندازه کافی تقویت شده باشدکه در این حالت مقاومت پس کمانشی چندین برابر مقاومت کمانشی می شود[۲].

.

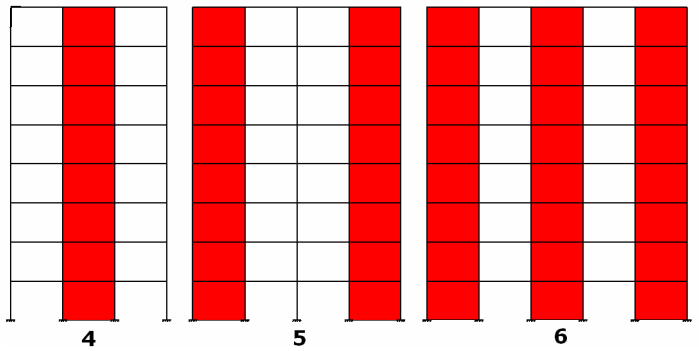
۳. بررسی و تحلیل قابهای مورد مطالعه

همان طور که در شکلهای(۵) ،(۴)، (۳) مشاهده می شود قابهایی با تعداد طبقات ۴، ۸، ۱۲ و تعداد دهانه های ۳، ۴، ۵ بررسی شدند.قابهای ۴ طبقه نمونه هایی از ساختمانهای کوتاه و قابهای ۸ و ۱۲ طبقه به ترتیب نمونه هایی از ساختمانهای متوسط و بلند فرض شده اند. در این قابها طول تمامی دهانه ها ۴ متر و ارتفاع تمام طبقات ۳ متر در نظر گرفته شد.پروفیل به کار رفته برای ستونها IPB و برای تیرها IPE می باشد.

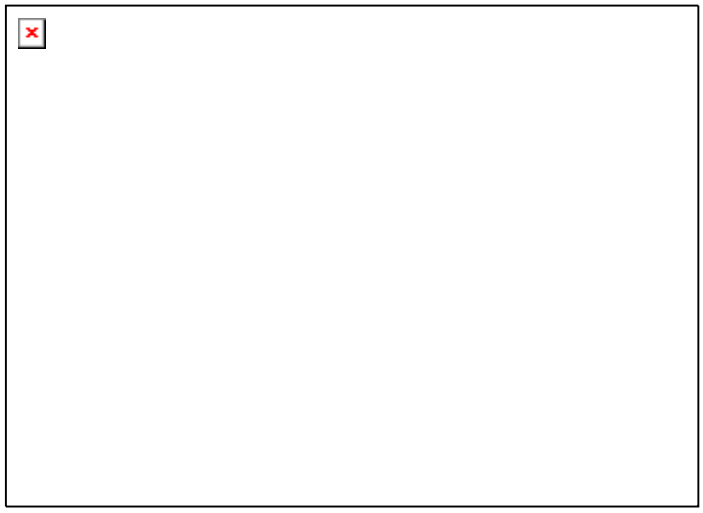


شکل۳-قابهای ٤ طبقه

[۱] -Diagonal tension field

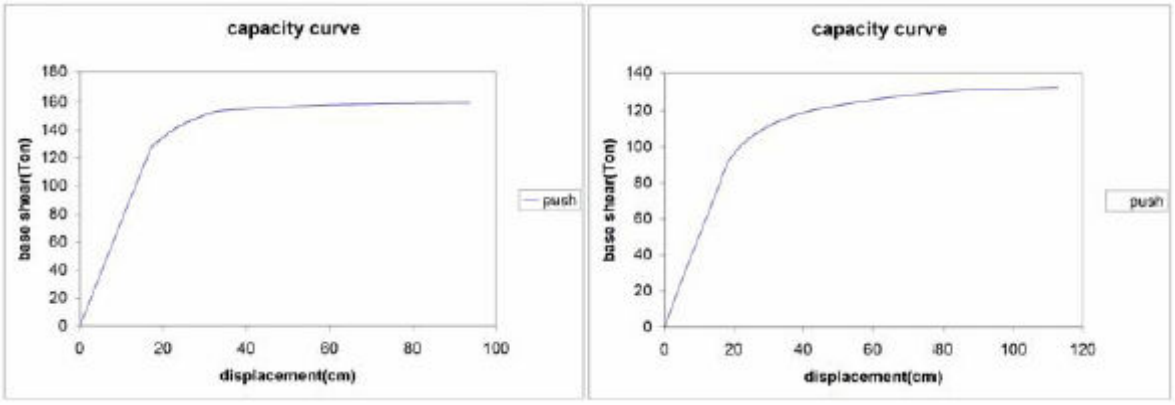


شکل٤-قابهای ۸ طبقه



شکل٥-قابهای ۱۲ طبقه

بدین ترتیب قابهای فوق در نرم افزار ANSYSمدلسازی شدند. المان به کار رفته برای دیوار برشی فولادی SHELL۱۴۳ می باشد.منحنی ظرفیت قابهای فوق بعد از تحلیل استاتیکی غیر خطی بدست می آید. به عنوان نمونه در شکل (۶) منحنی ظرفیت قابهای ۶،۵ نشان داده شده است.



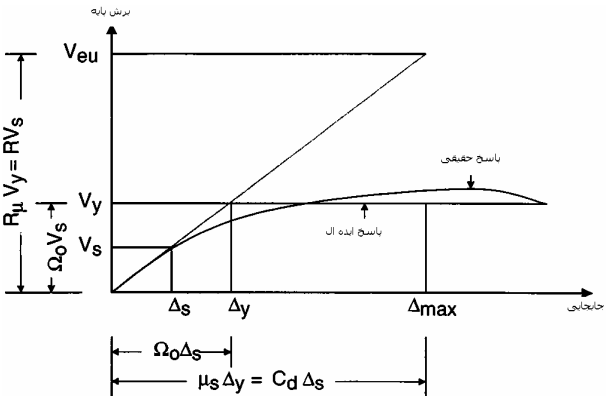
شکل٦-منحنی ظرفیت قاب ٥ (سمت راست) ، قاب ٦ (سمت چپ)

۴. ضریب رفتار

نزدیک ترین نوع تحلیل به رفتار واقعی سازه ها در زلزله، تحلیل دینامیکی غیر خطی می باشد ولی به دلیل وقت گیر بودن معمولا طراحان سعی می کنند از روشهای ساده تری برای تحلیل استفاده کنند. یکی از این روشها تحلیل استاتیکی خطی و در نظر گرفتن ضریب رفتار می باشد.ضریب رفتار به نوعی رفتار غیر خطی سازه را معادل سازی می کند[۳]. برای تعیین ضریب رفتار دو روش عمده وجود دارد:۱- روش ضریب شکل پذیری یوانگ [۴] ۲-روش طیف ظرفیت فریمن. که در این مقاله از روش اول استفاده شده است.

۵. روش ضریب شکل پذیری یوانگ

در شکل (۹) رفتار کلی یک سازه، به صورت منحنی برش پایه و جابجایی افقی نشان داده شده است. در این شکل منحنی با رفتار حقیقی و رفتار دو خطی ایده آل شده مشخص است. محورهای قائم و افقی در این شکل به ترتیب بیانگر برش پایه سازه و تغییر مکان کلی یا نسبی طبقات سازه هستند.



شکل ۷ –منحنی ظرفیت حقیقی و ایده آل

برای تعیین ضریب رفتار از روابط زیر استفاده می کنیم:

$$R = R_\mu \times \Omega_0 \times \gamma \qquad (۱)$$

$$\Omega_0 = \frac{V_y}{V_S} \qquad (۲)$$

$$\mu_s = \frac{\Delta_{\max}}{\Delta_y} \qquad (۳)$$

در رابطه (۳) R_μ ضریب کاهش ناشی از شکل پذیری خوانده می شود و از طریق μ_s که به آن ضریب شکل پذیری سازه گفته می شود محاسبه می شود. γ (ضریب تنش مجاز)در اکثر آیین نامه ها ۱/۴ پیشنهاد شده است و Ω_0 ضریب کاهش ناشی از اضافه مقاومت خوانده می شود.برای بدست آوردن R_μ از طریق μ_s از روش میراندا [۵]و طبق رابطه (۷) که برای زمینهای رسوبی(محل احداث بنا شهر زاهدان است) توصیه شده ، استفاده می کنیم.

$$R_\mu = \frac{\mu_s - 1}{\varphi} + 1 \le \mu_s \qquad (۴)$$

$$\varphi = 1 + \frac{1}{12T - \mu T} - \frac{2}{5T}\exp[-2(\ln T - 0.2)^2] \qquad (۵)$$

در روابط بالا به دلیل در نظر گرفتن T که زمان تناوب اصلی ساختمان است انتظار جواب های نزدیکتر به واقعیت وجود دارد.با توجه به منحنی ظرفیت و فرمولهای بالا ضریب شکل پذیری ، ضریب کاهش و در نهایت ضریب رفتار محاسبه شده و اطلاعات مورد نظر در جداول (۱) و (۲) درج شده است.

جدول۱- ضریب شکل پذیری و ضریب کاهش قابهای مورد مطالعه (واحد برش Ton و واحد تغییر مکان cm می باشد.)

نام قاب	Δ_y	$\Delta_{\max}$	μ_s	V_s	V_y	Ω
۱	۸,۱	۴۲,۹	۵,۳	۳۱,۸	۴۷,۶	۱,۴۸
۲	۱۰,۸	۵۵,۳	۵,۱۲	۴۷,۹	۷۰,۷	۱,۴۸
۳	۹,۲۵	۴۶,۱	۴,۹۸	۶۴,۶	۹۵,۱	۱,۴۷
۴	۱۹,۹	۱۰۲,۶	۵,۱۶	۴۳,۹	۶۴,۶۵	۱,۴۷

۵	۲۲,۷	۱۱۲,۹	۴,۹۸	۷۴,۵	۱۰۸,۸	۱,۴۶
۶	۲۰,۲	۹۳,۷	۴,۶۴	۱۰۳,۱	۱۴۸,۱	۱,۴۴
۷	۳۸,۳	۱۸۹,۳	۴,۹۴	۵۴,۴	۸۲,۴	۱,۵۱
۸	۳۳,۴	۱۵۷,۹	۴,۷۳	۸۶,۷	۱۲۹,۸	۱,۵۰
۹	۲۸,۵	۱۳۴	۴,۷	۱۲۴,۲	۱۸۵,۸	۱,۵۰

جدول۲- ضریب رفتار قابهای مورد مطالعه

نام قاب	R_μ	Ω	Y	R(ضریب رفتار)
۱	۳,۷۸	۱,۴۸	۱,۴	۷,۸۳
۲	۳,۳۵	۱,۴۸	۱,۴	۶,۹۴
۳	۳,۱۲	۱,۴۷	۱,۴	۶,۴۲
۴	۵,۱۱	۱,۴۷	۱,۴	۱۰,۵۲
۵	۴,۶۶	۱,۴۶	۱,۴	۹,۵۳
۶	۴,۲۴	۱,۴۴	۱,۴	۸,۵۵
۷	۴,۷۲	۱,۵۱	۱,۴	۹,۹۸
۸	۴,۴۱	۱,۵	۱,۴	۹,۲۶
۹	۴,۲۵	۱,۵	۱,۴	۸,۹۲

۶. نتایج

۱- با توجه به نتایج مندرج در جدول (۲) ضریب رفتار بدست آمده برای قابهای کوتاه ۷ و برای قابهای متوسط و بلند ۹ پیشنهاد می گردد.

۲- ضریب رفتار بدست آمده برای سیستم دو گانه قاب خمشی متوسط و دیوار برشی فولادی نازک برای ساختمانهای کوتاه از ضریب پیشنهادی آیین نامه ۲۸۰۰ برای سیستم دوگانه قاب خمشی متوسط و بادبند، در ساختمانهای کوتاه برابر و در ساختمانهای متوسط و باند بزرگتر است.

۷. مراجع

۱. Astaneh-Asl, A. (۲۰۰۱) "*Seismic behavior and design of steel shear walls*." Structural Steel Educational Council Technical Information and Product Service

۲. Lubell, A.S., Prion, G. L., Ventura, C. E. and Rezai, M.(۲۰۰۰). "*Unstiffend steel plate shear wall performance under cyclic loading*." J. of Str. Engrg., ASCE, Vol ۱۲٦, No. ٤, PP. ٤٥٣-٤٦٠.

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

٤. Uang C.M "*Establishing R (Rw) and Cd Factor for Building Seismic Provision*" , J. of Struet . Eng , Vol. ۱۱۷ , no. ۱ , January.

٥. Miranda e. and Berto V.V. (۱۹۹٤), "*Evaluation of Strength Reduction Factors for Earthquake – Resistant Design*" , Earthquake Spectra , Vol. ۱۰ , No. ۲ , P.۳٥۷-۳۷۹.