اولین کنگره ملی مهندسی عمران ، NCCE 1383
۲۲-۲۴ اردیبهشت ماه ۱۳۸۳ - دانشگاه صنعتی شریف

کد مقاله: ۱۷۷۷-۸۳

تعیین ضریب رفتار مؤثر در طراحی سازه‌های مهاربندی شده

عطاءا... حاجتی مدارائی ، عضو هیات علمی دانشکدهٔ عمران دانشگاه گیلان*
علیرضا مولائی ، کارشناسی ارشد سازه**
سعید پورزینلی ، عضو هیات علمی دانشکدهٔ عمران دانشگاه گیلان
* تلفن: ۰۹۱۱۱۳۱۱۵۱۹ ، پست الکترونیکی: MODARAEI @ Yahoo.com
**تلفن: ۰۹۱۲۳۷۶۹۲۳۳و۰۱۳۱۲۲۴۴۳۷۷ ، پست الکترونیکی : RAMIN3169@Yahoo.com

چکیده

به جهت سهولت در طراحی و لزوم وارد کردن رفتار غیرخطی سازه در طراحی‌ها، از طراحی خطی سازه با اعمال ضریب رفتار سازه استفاده می‌شود که در اکثر آیین‌نامه‌ها با تعریف نسبتا واحدی از این ضریب استفاده می‌گردد. حال این موضوع مطرح می‌باشد که این ضریب در انواع سیستم‌ها تا چه حدی در طراحی، مؤثر واقع میشود، به عبارت دیگر چه نسبتی از ضریب رفتار فرض اولیهٔ طراحی در رفتار واقعی سازهٔ طراحی شده تاثیر داشته است.زیرا با لحاظ کردن ملاحظات وقیودات آیین‌نامه‌ای در طراحی اعضای سازه (تیر، ستون ، مهاربند،اتصالات و سخت کننده‌ها) در اکثر سیستم‌های سازه‌ای نیروهای وارد بر سازه به همان نسبت ضریب رفتار اولیه، کاهش پیدا نمی‌کنند بلکه این ضریب تا حدودی می تواند مؤثر واقع شود. با داشتن این ضریب میتوان با فرضیات اولیهٔ مطمئن در طراحی المان‌های سازه وارد شد.

در این مقاله بکمک تحلیل غیرخطی استاتیکی push over دربارهٔ این ضریب (که توسط مؤلفان ضریب رفتار مؤثر در طراحی نامیده می‌شود [1]) در سیستم‌های سازه‌ای مهاربندی شده بحث خواهد شد.

کلید واژه‌ها : *ضریب رفتار مؤثر ، تحلیل غیرخطی استاتیکی.*

۱- مقدمه

به منظور درک بهتر رفتار دینامیکی سازه‌ها، رفتار آنها بعد از محدودهٔ ارتجاعی، توسط روشهای تحلیل غیرخطی دینامیکی بررسی می‌گردد که در این روش معمولا از چند نمونه شتابنگاشت مربوط به زلزله‌های گذشته استفاده می‌شود.ولی تحلیل غیرخطی دینامیکی بسیار پیچیده و وقت‌گیر است و بصورت یک روند محاسباتی کاربردی در دفاتر مهندسی قابل استفاده نمی‌باشد. بر این اساس ایدهٔ تحلیل غیرخطی استاتیکی مطرح شده است

.یکی از بهترین روشهای تخمین تغییرمکان حداکثر در تحلیل غیرخطی استاتیکی روش طیف ظرفیت میباشد. در این روش حداکثر پاسخ سازه با در نظر گرفتن ظرفیت سازه و نیاز حرکت زمین بر مبنای طیفهای شتاب و تغییرمکان برآورد می‌شود (به همین دلیل نام طیف ظرفیت برای آن انتخاب شده است) .

استفاده از پارامترهای مشابه در برآورد ظرفیت و نیاز ، امکان استفاده از یک روش حل گرافیکی را میسر می‌سازد و خصوصیات کلیدی مانند مقاومت ، جذب انرژی ، پریود ارتعاشی سازه و سختی ، که بطور غیرمستقیم باعث حصول ضرایب میرائی ، شکل‌پذیری و اضافه‌مقاومت میشوند و همچنین حداکثر شتاب متحمل توسط سازه و مهمتر از همه دورنمای رفتار سازه در بعد از نقطهٔ عملکرد را نشان میدهند. در روش تحلیل خطی آیین‌نامه‌ها ، رفتار خطی سازه‌ها معمولا با ضریب R_w به رفتار غیرخطی سازه مرتبط می‌گردد .ضریب رفتار با توجه به شکل‌پذیری سازه و ضریب کاهش نیرو ناشی از آن و همچنین ضریب اضافه مقاومت سازه بدست می‌آید ، ولی نکتهٔ اساسی که متاسفانه کمتر مورد توجه بوده پاسخ به این سوال است که سازه‌های ساخته شده با ضرایب رفتار اولیه ، تا چه حد توانسته‌اند ضریب رفتار اعمالی اولیه را تامین نمایند و همچنین آیا سازه‌های طرح شده واقعا ایمن می‌باشند.

اخیرا آیین‌نامه‌های FEMA وATC روش تحلیل غیر خطی استاتیکی push over را جهت مطالعهٔ رفتار سازه در حوزهٔ رفتار غیر خطی پیشنهاد میدهند .این روش در عین سادگی کار، از دقت بالایی برخوردار بوده و فرضیات اولیه در محاسبات به راحتی قابل اعمال می‌باشد[۱]، که در این مقاله نیز از همان روش تحلیلی استفاده می‌شود.

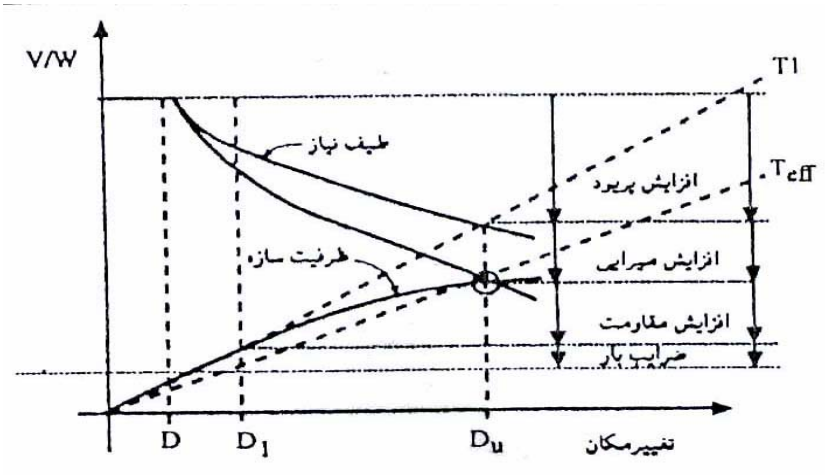
۲- مبانی تئوری مسئله

در شیوه آنالیز استاتیکی غیرخطی، عملکرد سازه فقط در وضعیت حداکثر پاسخ سازه تحت زلزله طرح ارزیابی می‌شود. برای‌دستیابی به این نتیجه، ابتدا رابطه برش پایه ساختمان در برابر جابجایی بام تعیین می گردد. این رابطه بصورت یک منحنی بیان می شود که بدان اصطلاحاً منحنی ظرفیت[۱]یا منحنی پوش آور[۲] گفته می‌شود و آنالیز استاتیکی مربوطه، آنالیز بار افزاینده یا آنالیز پوش آور نامیده می‌شود.

نقطه عملکرد[۱] (PP) حالتی را نشان می‌دهد که در آن ظرفیت سازه و نیاز لرزه‌ای با هم برابر می‌شوند. بر این اساس بهترین روش برای تعیین نقطه عملکرد آن است که منحنی ظرفیت و نیاز با هم قطع داده شوند. محل تلاقی این دو منحنی، نقطه عملکرد سازه خواهد بود.

جهت تعیین ضریب رفتار مؤثر در طراحی سازه ، نقطهٔ عملکرد سازه ملاک کار خواهد بود و در این نقطه ضرایب کاهش اعمال شده به سازه مطابق شکل (۱) بدست می‌آید.

1- Capacity Curve
2- Push Over Curve
1-Performance point



شکل ۱ :*ضرایب کاهش نیروهای وارد بر سازه [۴]*

درشکل(۱)که نمای کلی از ترکیب عوامل مختلف در R_w را نشان می‌دهد، پارامترها بر مبنای برش پایه تقسیم بر وزن ساختمان (واحد شتاب) نسبت به پریود ترسیم شده است. چهار عامل مؤثر درضریب کاهش نیرو عبارتند از :

۱- کاهش تأثیر زلزله به علت افزایش پریود سازه، تاثیر این ضریب، روی طیف نیاز قابل رؤیت است، وباافزایش پریود سازه، شتاب وارده به سازه ، کاهش چشمگیری پیدا می کند..

۲- کاهش تأثیر زلزله به‌علت افزایش اتلاف انرژی (میرایی بیش از مقدار عادی که معمولاً ۵٪ در نظر گرفته می‌شود).

۳- افزایش مقاومت از جاری شدن اسمی مقاطع تا حد نهایی آنها (افزایش مقاومت).

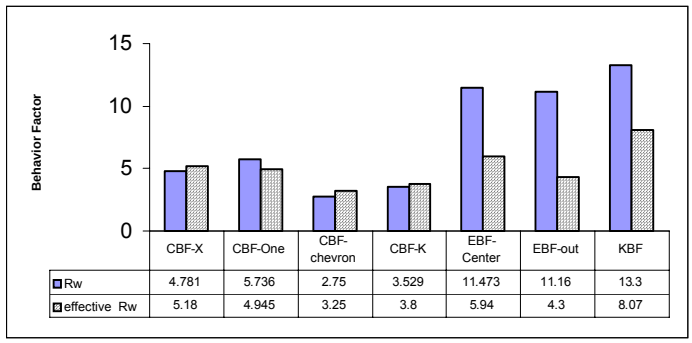
٤- افزایش مقاومت از نیروهای طراحی تا تسلیم مصالح (ضرایب بار).

۳- مطالعات عددی :

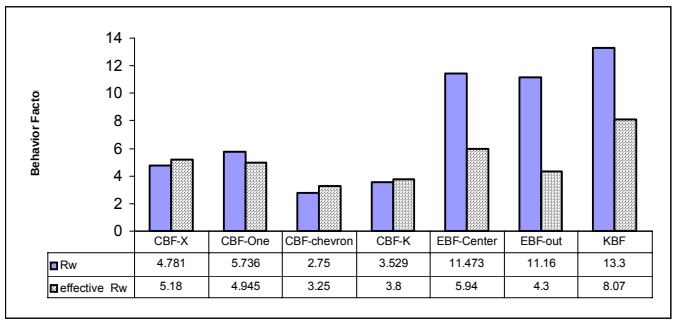
ابتدا سازه‌های نمونه سیستم‌های مهاربندی همگرا وزانوئی مطابق آیین‌نامهٔ ایران و همچنین AISC-ASD89 وسیستم‌های مهاربندی واگرا، با استفاده از توصیه‌های آیین‌نامهٔUBC97 طراحی و انتخاب می‌شوند.مقاطع استفاده شده برای سازه‌های نمونه ، مقاطع معروف به مقاطع اروپایی می‌باشند که برای تیرها از IPE و برای ستون‌ها از مقاطع IPB (نیمه سنگین) استفاده شده است .

سازه‌ها با سه سیستم مهاربندی، همگرا(ضربدری ، قطری ، K،Chevron)، واگرا باتیر پیوند(یا لینک) در وسط و کنارو KBF ، در سه دهنه و در تعداد طبقات ۳، ۵ و۸ مورد مطالعه قرار گرفتند. لازم به ذکر می‌باشد که طراحی المانهای سازه‌های مورد مطالعه به کمک نرم‌افزار ETABS2000 و بصورت انتخاب خودکار انجام گرفته است.

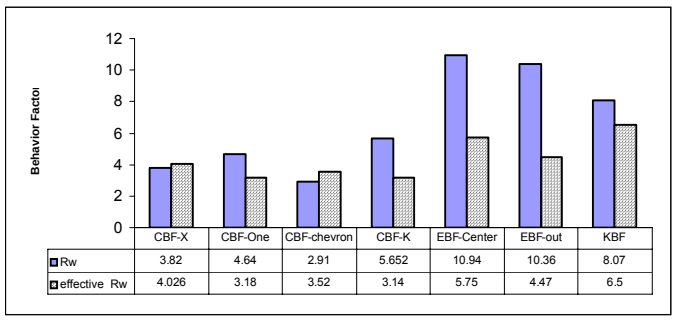
با توجه به مطالب ارائه شده دربخش مبانی تئوری مسئله، برای سازه‌های فوق ابتدا منحنی‌های ظرفیت و نیاز ترسیم گردیده و سپس چهار عامل کاهش نیروهای وارد بر سازه در اثر رفتار غیرخطی برای سازه‌های بالا محاسبه شده که منجر به حصول ضریب رفتار مؤثر در طراحی می‌شود ، همچنین ضریب رفتار حاصل از شکل‌پذیری(که مبنای تعریف اکثر آیین‌نامه‌ها میباشد) برای سیستم‌های فوق‌الذکر محاسبه می‌شود[۱] .ضریب رفتار و ضریب رفتار مؤثر در طراحی برای سازه‌های فوق‌الذکر به ترتیب با نمودارهای میله‌ای توپر و آجری برای سازه‌های سه، پنج و هشت طبقه به ترتیب در اشکال۲ ،۳ و۴ آورده شده است.



شکل ۲ : *ضریب رفتار و ضریب رفتار مؤثر در طراحی سازه‌های سه طبقه*

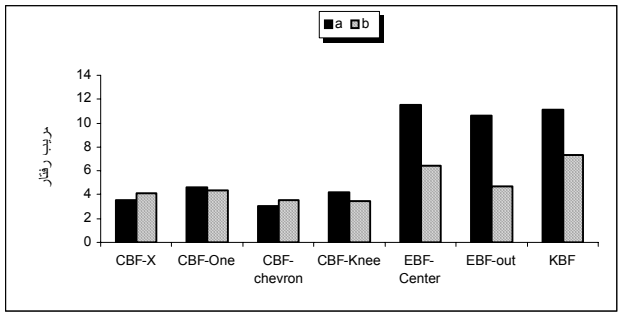


شکل۳ : *ضریب رفتار و ضریب رفتار مؤثر در طراحی سازه‌های پنج طبقه*



شکل۴ : *ضریب رفتار و ضریب رفتار مؤثر در طراحی سازه‌های هشت طبقه*

در شکل (۵) میانگین ضرایب رفتار ناشی از شکل‌پذیری نهائی و همچنین ضریب رفتار مؤثر در طراحی انواع سیستم‌های مهاربندی (میانگین سازه‌های سه و پنج و هشت طبقه) آورده شده است .



شکل۵: *a= ضریب رفتارحاصل از شکل‌پذیری نهائی سازه ، b= ضریب رفتار مؤثر در طراحی*

باملاحظهٔ ارقام مربوط به اشکال(۲،۳،۴و۵) ملاحظه میشود که :

۱- ضریب رفتار سیستم‌های مهاربندی واگرا و تعویض‌پذیر از ضریب رفتار سیستم همگرا بیشتر است ومی‌توان رابطهٔ زیر را با اطمینان کافی از رفتار سیستم‌های مهاربندی ارائه کرد :

$$R_{w_{KBF}} > R_{w_{EBF}} > R_{w_{CBF}} \qquad (۱)$$

۲- با تمهیدات مناسب در طراحی برای سیستم‌های مهاربندی تعویض‌پذیر، می‌توان از نهایت شکل‌پذیری سیستم استفاده کرد زیرا در این سیستم علاوه بر شکل‌پذیری بالا ، اضافه مقاومت بالایی نیز حاکم بوده و از طرف دیگر بخاطر اینکه در این سیستم مفاصل پلاستیک در المان‌های زانوئی تشکیل می‌شوند که بعد از زلزله ، تعمیر آنها راحت و کم‌هزینه است . اما در سیستم مهاربندا واگرا ، درست است که شکل‌پذیری بالائی حاکم است ولی به علت اینکه مفاصل پلاستیک در بهترین وضعیت طراحی، در لینک‌ها که از اعضای اصلی سازه می‌باشند، تشکیل می‌شود که تعمیر آن بسیار پرهزینه و غیراقتصادی است ، وهم اینکه این سیستم اضافه مقاومت پایینی داشته و بعد از تشکیل مفاصل پلاستیک سختی مؤثر این سیستم کاهش چشم‌گیری پیدا می‌کند نمیتوان از نهایت شکل‌پذیری این سیستم در طراحی سود برد.

۳- با ملاحظهٔ ضریب رفتارمربوط به سیستم مهاربندهای همگرا ، واضح است که ضریب رفتار سیستم مهاربندی قطری از دیگر سیستم‌های این گروه بیشتر است .

٤- در اکثر سازه‌های سیستم مهاربندی همگرا ، ضریب رفتار مؤثرسازه‌های طراحی شده بزرگتر از ضریب رفتار ناشی از شکل پذیری این سیستم حاصل شده است و این اختلاف به علت ضریب کاهش نیرو در اثر میرائی این سیستم است که بزرگتر از ضریب کاهش نیرو در اثر شکل‌پذیری حاصل از روابط تجربی توصیه شده توسط کرونیکلر وناسار و بقیهٔ محققین می‌باشد .

۵- اختلاف بین ضریب رفتار ناشی از شکل‌پذیری و ضریب رفتار مؤثر در سیستم مهاربندی واگرا نشانگر مشکلات طراحی برای سازه‌های این سیستم مهاربندی می‌باشد ، زیرا بخاطر تمهیداتی که برای این سیستم مهاربندی اعمال میشود ضریب رفتار مؤثر در طراحی بسیار کمتر از ضریب رفتار منتج از تعریف شکل‌پذیری سیستم می‌باشد.

۴- نتیجه‌گیری

۱- ضریب رفتار حاصل از شکل‌پذیری نهائی و همچنین ضریب رفتار مؤثر در طراحی سیستم مهاربندی زانوئی از بقیهٔ سیستم‌های مهاربندی بیشتر است .

۲- در سیستم مهاربندی واگرا (هم سیستم لینک کنار وهم لینک وسط) ضریب رفتار ناشی از شکل‌پذیری نهائی با ضریب رفتارمؤثر در طراحی اختلاف فاحشی با هم دارند که این مسئله نشانگر مشکلات طراحی و عدم تطابق رفتار سازه‌های این گروه با فرضیات اولیهٔ طراحی میباشد .

۳- برای سیستم مهاربندی همگرا ضریب رفتار مؤثر در طراحی سازه‌های این سیستم عموما از ضریب رفتار ناشی از شکل‌پذیری نهائی این سیستم بیشتر می‌باشد.و این مسئله نشانگر این موضوع می‌باشد که سازه‌های این گروه از مهاربندها قادرند نیروهای وارد بر سازه را بیشتر از ضرایب کاهش نیروی ناشی از شکل‌پذیری ، مستهلک کنند که این موضوع تا به حال در روابط تجربی محققین در نظر گرفته نشده است.

۴- لزوم توجه بیشتر به موضوع جایگزینی ضریب کاهش نیرو در اثر میرائی مؤثر بر سازه به‌جای ضریب کاهش نیرو در اثر شکل‌پذیری احساس می‌گردد.

۵- استفاده از تحلیل غیرخطی استاتیکی در تحلیل سازه‌های با قاب ساده به عنوان راه‌حل مناسب پیشنهاد می‌گردد ، زیرا علاوه بر سادگی کاربرد نسبت به تحلیل‌های دینامیکی هم از دقت بسیار بالایی نسبت به تحلیل‌های خطی برخوردار بوده و همچنین شبهات استفاده از ضریب رفتار مناسب برای اکثر سیستم‌های مهاربندی را از بین خواهد برد.

۶- در صورت اصرار در بکارگیری ضریب رفتار ناشی از شکل‌پذیری در آیین‌نامهٔ طراحی ساختمان در برابر زلزلهٔ ایران پیشنهاد می‌گردد که ضریب رفتار سیستم مهاربندی همگرا کاهش پیدا کرده و همچنین سیستم مهاربندی KBF با اطمینان کافی از عملکردش در مقابل نیروی مخرب زلزله توسط آیین‌نامهٔ کشورمان توصیه گردد[۱].

۵ ـ مراجع

[۱]مولائی، علیرضا، ‘‘بررسی نقش انواع بادبندها در شکل‌پذیری و انرژی‌پذیری ساختمانها،’’ پایان‌نامهٔ کارشناسی ارشد، دانشگاه گیلان، ،(تیرماه ۱۳۸۲).

[2] FEMA 273 (Federal Emergency Management Agency), “Techniques for Seismicaly Rehabilitation Existing Building “ , (March 1997).

[3] ATC 40 (Applied Technology Council),“Evaluation of Existing Building in Seismic Zone “,(1996).

[۴]حق‌اللهی، عباس ; سروقد مقدم ، عبدالرضا’’ روش طیف ظرفیت برای تحلیل غیرخطی سازه‌ها ‘‘ ،(بهار ۱۳۸۰)