

بررسی اثرات اقتصادی و فنی مدل توزیع برش پایه در ارتفاع سازه با استفاده از روش بارافزون (پوش آور)

مهدی مقصودلو

مسئول عمران و شهرسازی شهرداری

چکیده

هدف از این پژوهش بررسی اثرات فنی و اقتصادی مدل توزیع برش پایه در ارتفاع سازه با استفاده از روش بارافزون (پوش آور) می باشد. در پژوهش حاضر ابتدا با روش مطالعاتی و کتابخانه ای در قسمت تئوری تحقیق و سپس جهت طراحی مدل های سازه ای از نرم افزار ETABS استفاده شده است. در انتهای پژوهش به معرفی و مقایسه نتایج به دست آمده پرداخته ایم. نتایج نشان داد که ۱- از بعد اقتصادی ویرایش سوم استاندارد ۲۸۰۰ بسیار بهینه بوده حال آنکه در مقابل ویرایش چهارم بیشترین مقدار فولاد مصرفی و به تبع آن بیشترین هزینه را خواهد داشت. ۲- سازه های که توسط ویرایش چهارم طرح می گردد بیشترین وزن فولاد مصرفی را داشته و بیشترین مقدار اضافه مقاومت را دارا هستند. ۳- مقدار ضریب اضافه مقاومت سازه هایی که توسط ویرایش های سوم و چهارم استاندارد ۲۸۰۰ طراحی شده اند، اختلاف زیادی با یکدیگر ندارند. ۴- مقدار اضافه مقاومت و شکل پذیری برای سازه های بلند با تعداد طبقاتی در حدود ۲۰ طبقه به شدت کاهش می یابد.

واژگان کلیدی: اثرات اقتصادی - توزیع نیروی زلزله در ارتفاع - استاندارد ۲۸۰۰

مقدمه

زمین لرزه یکی از مهم ترین عوامل طبیعی است که همواره جوامع بشری را تهدید کرده است. از سوی دیگر بررسی سوابق لرزه خیزی ایران نشان می دهد که همواره در طول تاریخ خسارات مالی و جانی زیادی بر اثر زمین لرزه های گذشته به کشور تحمیل شده است. از جمله این خسارات می توان زمین لرزه های ری، تبریز، رودبار، منجیل، طبس و بم را بر شمرد. بر پایه ی مطالعات صورت گرفته، اولین عامل تأثیر گذار، قرارگیری ایران در بخشی از کمربند کوه زایی آلپ- هیمالیا که به عنوان آخرین و جوان ترین نواحی کوه زایی جهان شناخته شده و پدیده های دگر شکلی است که به شکل های مختلف در آن ظاهر می شود. از سوی دیگر، باز شدن دریای سرخ و در نتیجه حرکت پهنه ی عربستان به سوی ایران و جابجایی بستر اقیانوس هند در نواحی عمان و حرکت به سمت شمال، شمال شرقی و حرکات دیگر صفحات لیستوفری اطراف ایران موجب فراهم آمدن شرایط لرزه خیزی بالقوه ای در این منطقه شده است که هر چند گاه شاهد آزاد شدن انرژی ناشی از تمرکز تنش ها در راستای گسل های فعال و زمین لرزه هایی با شدت بالا یا بزرگای زیاد در ایران هستیم. بنابراین می توان از زمین لرزه به عنوان یکی از دغدغه ها نام برد و همین امر طی سال های گذشته سبب پیشرفت چشم گیری در علوم مهندسی و صنعت ساختمان سازی شده تا از خسارات جانی جلوگیری به عمل آید و از شدت خسارات مالی به سازه های دست ساز بشر کاسته شود. امروزه طراحی سازه های مقاوم در برابر زلزله یکی از اهداف مهم مهندسین عمران در جهان است. عملکرد سازه ها در برابر زلزله و طراحی سازه هایی که هم مقاومت لازم در برابر زلزله را داشته باشند و هم از نظر اقتصادی عملکرد قابل قبولی داشته باشند، همواره مورد توجه بوده است.

هدف اصلی همه آیین نامه های طراحی لرزه ای ساختمان ها، کاهش خسارت، نداشتن تلفات انسانی و طراحی اقتصادی می باشد. برای حصول این اهداف مهم، سختی، شکل پذیری و مقاومت در طراحی سازه ها باید تأمین شوند. سازه هایی که سه ویژگی ذکر شده در آن ها به خوبی لحاظ شده باشند در مقابل بارهای جانبی و لرزه ای عملکرد مناسبی خواهند داشت.

اولین گام در طراحی لرزه ای ساختمان های مقاوم در برابر زلزله، ارزیابی صحیح از نیاز لرزه ای سازه است. انجام ارزیابی لرزه ای و آسیب پذیری سازه ها نیاز به انجام تحلیل های دینامیکی داشته تا در نهایت ظرفیت و نیز لرزه ای سازه در یک سطح خطر مشخص شود. معمولاً بررسی آسیب پذیری لرزه ای ساختمان ها بدون در نظر گرفتن اثرات اندرکنش خاک و سازه انجام می گیرد (1). با توجه به پیچیدگی های خاص در تحلیل های دینامیکی، آیین نامه های مختلف ساختمانی به مهندسین اجازه داده اند که در سازه های متداول از روش تحلیل استاتیکی استفاده نمایند. روش تحلیل استاتیکی به مراتب ساده تر بوده و زمان و هزینه محاسباتی سازه ها را کاهش می دهد. در این پژوهش به بررسی تأثیر روش های پیشنهادی متفاوت جهت توزیع جانبی نیروهای زلزله خواهیم پرداخت.

روش تحلیل و طراحی ساختمان ها در برابر زلزله به طور کلی به دو دسته استاتیکی معادل و دینامیکی تقسیم بندی می شوند. روش دینامیکی (که شامل روش دینامیکی طیفی و تاریخچه زمانی است) برای انواع سازه ها اعم از منظم و نامنظم کاربرد داشته و می تواند مورد استفاده قرار گیرد. البته روش دینامیکی به دلیل پیچیدگی هایی که دارد کمتر مورد استفاده قرار گرفته و مهندسین بیشتر از روش استاتیکی معادل استفاده می نمایند. روش استاتیکی معادل دارای محدودیت هایی از نظر ارتفاع سازه و منظمی و نامنظمی بوده و برای همه ساختمان ها قابل استفاده نمی باشد. به هر حال در مواردی که آیین نامه های مختلف ساختمانی مجاز می دانند استقبال مهندسین از این روش بسیار بالا بوده و مورد علاقه عموم جامعه مهندسین محاسب می باشد (9). روش معمول در طراحی سازه ها در آیین نامه های ساختمانی استفاده از طیف با خطر یکنواخت مشخص (مثلاً ۱۰٪ در ۵۰ سال) و محاسبه نیروهای زلزله با استفاده از طیف با خطر یکنواخت در پررود متناسب با مد اول سازه است. از آنجاکه این پروسه اثرات مدهای بالاتر را نادیده می گیرد، مقدار برش پایه باید به مقدار مناسبی اصلاح شود و سپس مقدار برش پایه توسط روابطی که در آیین نامه ها برای ساختمان های مختلف نوشته شده است باید در ارتفاع سازه توزیع شود (17). انتخاب نوع توزیع برش پایه در ارتفاع که در این پژوهش به آن پرداخته می شود یکی از قسمت های مهم در این روش است. آیین نامه های مختلف مقادیر و روابط مختلفی برای این توزیع پیشنهاد نموده اند که می توان آیین نامه آمریکا (۲۷)، نیوزلند (۲۹) و استاندارد ۲۸۰۰ ویرایش سوم (۵) و چهارم (۶) را نام

برد. در این پژوهش ضمن مطالعه این توزیع‌ها، ساختمان‌هایی با سیستم مهاربندی همگرا متناسب با روابط پیشنهادی طراحی شده و سپس با استفاده از روش بارافزون به محاسبه ضریب اضافه مقاومت و شکل‌پذیری می‌پردازیم. یکی از مسائل موردبررسی در این مسئله جنبه‌های اقتصادی طرح بوده که با مقایسه وزن اسکلت سازه انجام می‌گیرد.

ضرورت و اهمیت تحقیق

هم‌اکنون در اکثر آیین‌نامه‌های مختلف در سطح جهان روش استاتیکی معادل به عنوان یک روش مناسب و کارا برای طراحی ساختمان‌ها در برابر زلزله پیشنهاد شده و در گستره وسیعی از سازه‌های منظم و برخی از سازه‌های نامنظم مورد استفاده مهندسين طراح می‌باشد. همان‌طور که عنوان شد در این روش نیروی زلزله توسط رابطه‌ای در ارتفاع سازه توزیع می‌شود. بدیهی است هرچه دقت این رابطه بیشتر باشد، ایمنی سازه از یک‌سو و جنبه‌های اقتصادی طرح از سوی دیگر بهتر عمل خواهد نمود.

اولین گام در طراحی لرزه‌ای ساختمان‌های مقاوم در برابر زلزله، ارزیابی صحیح از نیاز لرزه‌ای سازه است. انجام ارزیابی لرزه‌ای و آسیب‌پذیری سازه‌ها نیاز به انجام تحلیل‌های دینامیکی داشته تا در نهایت ظرفیت و نیز لرزه‌ای سازه در یک سطح خطر مشخص شود. همان‌گونه که پیش‌تر ذکر شد، با وجود قرار گرفتن مناطق وسیعی از کشور ایران در پهنه‌ی با خطر نسبی لرزه‌خیزی خیلی زیاد و زیاد، احتمال تجربه زمین لرزه‌های بزرگ توسط ساختمان‌های موجود به ویژه سازه‌هایی چون برج‌ها، بیمارستان‌ها، ساختمان‌های مخابراتی و دولتی و یا ساختمان‌های با کاربری نظامی که در مدیریت بحران کشور نقش کلیدی دارند، زیاد است. چنان که بررسی سوابق لرزه‌خیزی ایران نیز نشان می‌دهد، همواره در طول تاریخ خسارات مالی و جانی زیادی بر اثر زمین لرزه‌های گذشته به وجود آمده است که از جمله این خسارات می‌توان زمین لرزه‌های ری، تبریز، رودبار، منجیل، طبرستان و بم را بر شمرد. از دلایل عمده‌ی این خسارات در کشور، عدم وجود دانش کافی درباره‌ی طراحی ساختمان‌های مقاوم در برابر زمین لرزه در گذشته و عدم نظارت بر روند ساخت و سازها در سال‌های اخیر یاد شده است. اما امروزه با وجود دانش کافی و پیگیری‌های گسترده مبنی بر رعایت اصول ساخت و ساز در کشور هم چنان نیازهای دیگری در علوم مهندسی شدیداً احساس می‌شود. با وجود اقدامات مناسبی که در چند سال گذشته در این راستا صورت گرفته- که از آن جمله می‌توان به اصلاح آئین‌نامه‌های طراحی و بارگذاری لرزه‌ای و تدوین مقررات ملی ساختمان اشاره نمود. هنوز نمی‌توان صحبت از پایان مشکلات و عدم نیاز به ارزیابی سازه‌های موجود کرد. چرا که اگر با دیدی فراتر از این به قضیه نگاه شود، هنوز در مواردی موضوع ارزیابی و کاهش خسارات و اثرات آن بر مدیریت بحران در زمان وقوع زمین لرزه پابرجاست و در بسیاری از موارد نیاز است استحکام لرزه‌ای سازه‌های موجود مورد ارزیابی قرار گیرد. از سوی دیگر بسیاری از سازه‌هایی که در شهرهای کوچک و روستاها ساخته میشوند، خارج از چارچوب هندسی عمران و ضوابط ملی بوده و در برابر زلزله‌های متوسط تا بزرگ به شدت آسیب پذیر هستند. یکی از دلایلی که مردم به این گونه سازه‌ها گرایش دارند، مسائل اقتصادی و بالا بودن نسبی هزینه ساختمان‌های استاندارد است. در این پروژه با دید اقتصادی به یکی از عوامل مهم در هزینه تمام شده ساختمان پرداخته و به بررسی اثرات فنی و اقتصادی مدل توزیع بار جانبی در ارتفاع سازه می‌پردازیم.

اهداف تحقیق

هم‌اکنون در اکثر آیین‌نامه‌های مختلف در سطح جهان روش استاتیکی معادل به عنوان یک روش مناسب و کارا برای طراحی ساختمان‌ها در برابر زلزله پیشنهاد شده و در گستره وسیعی از سازه‌های منظم و برخی از سازه‌های نامنظم مورد استفاده مهندسين طراح می‌باشد. همان‌طور که عنوان شد در این روش نیروی زلزله توسط رابطه‌ای در ارتفاع سازه توزیع می‌شود. بدیهی است هرچه دقت این رابطه بیشتر باشد، ایمنی سازه از یک‌سو و جنبه‌های اقتصادی طرح از سوی دیگر بهتر عمل خواهد نمود. در این پژوهش بامطالعه و بررسی روابط مختلف در توزیع برش پایه در ارتفاع سازه، بهترین گزینه که از نظر فنی جنبه‌های طرح را ارضا کرده و از نظر اقتصادی بهینه باشد معرفی می‌گردد. این رابطه می‌تواند پس از بررسی‌های بیشتر به عنوان رابطه توزیع بار جانبی زلزله در ارتفاع سازه به صورت آئین‌نامه دربیاید. در این پروژه هدف اصلی مقایسه اقتصادی و فنی بین الگوهای مختلف توزیع بار جانبی در ارتفاع سازه است.

فرضیه های تحقیق

در این تحقیق تحلیل های غیرخطی بر روی قاب های دو بعدی انجام می گیرد. با توجه به اینکه هدف این پروژه مباحث نامنظمی و پیچش نیست لذا نیازی به استفاده از مدل های سه بعدی نبوده و می توان از قاب های دوبعدی استفاده نمود. در این پژوهش برخی از فرضیه های مورد استفاده عبارتند از:

برای سازه های بلندمرتبه به دلیل اثرات مدهای بالاتر توزیع بهینه باید اختلاف زیادی با توزیع متناسب با مد اول داشته باشد.

توزیع ویراست چهارم ۲۸۰۰ نسبت به توزیع بار جانبی ارائه شده در ویراست سوم نتایج بهتری را به همراه خواهد داشت. ساختمان های بیش از ده طبقه که توسط الگوی بار خطی به همراه شلاقی طراحی شده اند دارای ضریب اضافه مقاومت بیشتری هستند.

مروری بر تحقیقات انجام شده

در این قسمت به برخی از تحقیقاتی که توسط محققین مختلف در داخل و خارج کشور انجام شده است اشاره می گردد. با توجه به اینکه در این قسمت توالی مطالب باید حفظ گردد، تحقیقات محققین داخلی و خارجی به صورت مختلط آورده شده است. زیرا با توجه به اهمیت الگوهای توزیع بار جانبی در ارتفاع سازه، پژوهش های بسیاری در این زمینه در سطح جهانی نیز انجام گرفته است. در این قسمت به برخی از این موارد اشاره می شود.

چوپرا (۹) با بررسی توزیع مفاصل پلاستیک در سازه های طرح شده توسط آیین نامه UBC 97 (20) عنوان کرد که مدل توزیع بار جانبی در ارتفاع سازه در آیین نامه مذکور موجب می شود طبقه نخست سازه بیشترین جابجایی را در مقابل زلزله داشته باشد و طبقات دیگر سازه جابجایی کمتری را تجربه نمایند. به عبارتی الگوی پیشنهادی در آیین نامه UBC 97 موجب توزیع یکنواخت شکل پذیری در سازه نمی گردد.

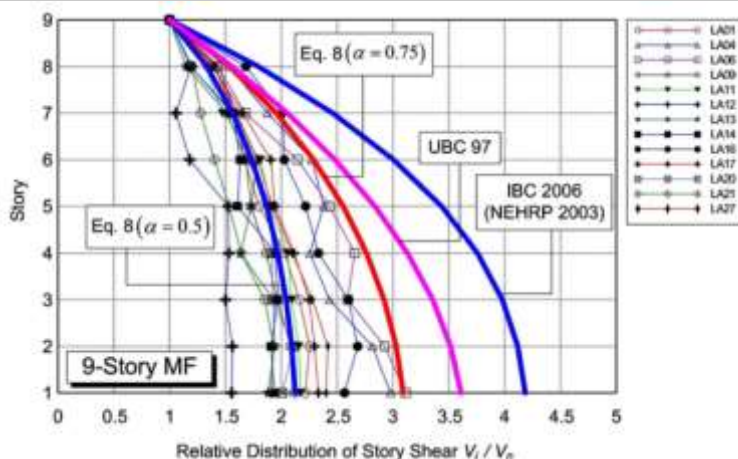
چائو و همکاران (۸) با استفاده از توزیع حاصل از برش نسبی تحت رکورد زلزله برای تعداد زیادی از قاب های خمشی فولادی اقدام به ارائه رابطه ای به شکل زیر نمودند:

$$F_i = C'_{vi} V$$

$$C'_{vi} = (\beta_i - \beta_{i+1}) \left(\frac{w_n h_n}{\sum_{j=1}^n w_j h_j} \right)^{\alpha T^{-0.2}} \quad \text{when } i = n, \beta_{n+1} = 0$$

$$\beta_i = \frac{V_i}{V_n} = \left(\frac{\sum_{j=1}^n w_j h_j}{w_n h_n} \right)^{\alpha T^{-0.2}}$$

که ضریب پارامتر α در ابتدا ۰,۵، پیشنهاد شده بود که بر اساس تحقیقات بعدی بر روی قاب های واگرا ۰,۷۵، در نظر گرفته شد. برای تصدیق الگوی بار پیشنهادی چهار نوع سیستم سازه ای مختلف مورد بررسی قرار گرفتند. این سیستم ها عبارتند از قاب خمشی، قاب مهاربندی همگرا و قاب مهاربندی واگرا، و قاب خمشی با تیرهای خرابایی. این سازه ها تحت که تحت ۲۱ زلزله پیشنهادی SAC مورد تحلیل دینامیک غیرخطی قرار گرفتند. شکل بعد توزیع برش ناشی از زلزله (نسبت حداکثر برش طبقه i ام به مقدار برش در بالاترین طبقه) را نمایش می دهد. در این شکل نمودار برش طبقه حاصل از روابط آیین نامه ای و مقدار پیشنهادی گوئل و لی برای دو مقدار $\alpha=0.5$ و $\alpha=0.75$ نمایش داده شده است.

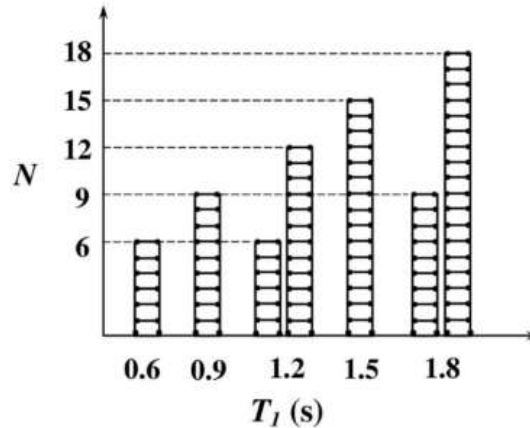


نمودار توزیع نسبی برش طبقه در قاب خمشی ۹ طبقه در مقابل زلزله‌ها در مقایسه با مقادیر آیین‌نامه‌های UBC 97 و IBC 2006 (۸)

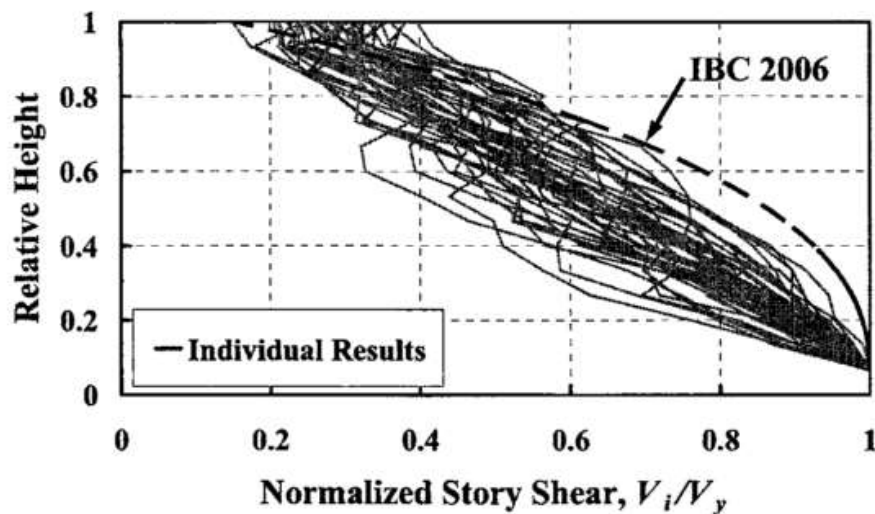
با توجه به شکل بالا گوئل و لی نمودارهای بالا را برای سایر سازه‌ها تکرار کردند و عنوان نمودند هر دو رابطه پیشنهادی توسط آیین‌نامه‌ها مقادیر نیروی زلزله در طبقات بالا را به صورت کمتری در نظر می‌گیرند. و با کمتر بودن نیروی جانبی، مقاطع اعضا نیز سبک‌تر اختیار شده و در مقابل نیروی زلزله جابجایی بیشتری خواهند داشت. آیین‌نامه UBC97 به علت اضافه نمودن بار زلزله در طبقات بالایی شرایط به نسبت بهتری از آیین‌نامه IBC داشته و پیش‌بینی بهتری جهت توزیع نیروی زلزله دارد. در نهایت با مقایسه روابط پیشنهادی و نتایج حاصل از تحلیل‌های دینامیکی بر روی سازه‌های مختلف می‌توان نتیجه گرفت رابطه پیشنهادی ایشان با مقادیر α ۰.۵ تا ۰.۷۵، انطباق خوبی داشته و از سایر آیین‌نامه‌ها دقیق‌تر می‌باشد.

مدیا و پارک (۲۲) بر اساس آنالیز غیرخطی دینامیکی قاب‌های خمشی منظم در برابر ۴۰ زمین‌لرزه دور از گسل به بررسی توزیع ارتفاعی بار زلزله پرداختند. تمامی ۴۰ زلزله در منطقه کالیفرنیا و بر روی خاک سخت ثبت شده بودند و بزرگی گشتاوری بین ۴.۶ تا ۶.۹ داشتند. سازه‌های مورد بررسی شامل قاب‌های خمشی ۶ تا ۱۸ طبقه با پرودهایی بین ۰.۶ تا ۱.۸ ثانیه بودند. ارتفاع طبقات ۳،۷ متر و دهانه قاب‌ها ۷،۳ متر در نظر گرفته شده بود. شکل ۳ این سازه‌ها را به همراه پرپود مد اول نمایش می‌دهد. تمامی قاب‌ها بر اساس فلسفه ستون قوی-تیر ضعیف طرح شده و مدل‌سازی غیرخطی قاب‌ها با فرض ۳٪ سخت‌شدگی کرنشی انجام شده بود. مطالعه ایشان با سه فرض همراه بود:

- مفاصل پلاستیک فقط در انتهای تیرها و پایین ستون‌های متصل به پی رخ می‌دهد.
 - جاری شدن تمام مفاصل پلاستیک در الگوی بارگذاری جانبی به صورت هم‌زمان اتفاق می‌افتد.
 - قاب‌های تک دهانه می‌تواند نماینده‌ای از قاب‌های چنددهانه باشد و رفتاری مشابه با آن‌ها داشته باشد.
- ایشان بر اساس الگوی کلی توزیع بار زلزله در ارتفاع سازه که متناسب و هم‌شکل با UBC 97(20) و IBC 2009 (19) است توزیع جدیدی را پیشنهاد دادند. آن‌ها نتیجه گرفتند که مدل پیشنهادی ایشان به‌طور متوسط توزیع یکنواخت‌تری از ضریب شکل‌پذیری و ضریب جابجایی طبقه را نسبت به استاندارد کنونی IBC2006 (18) منجر می‌گردد. نمودار برش طبقه حاصل از هریک از زلزله‌ها در مقابل برش طبقه توصیه‌شده توسط آیین‌نامه IBC2006 برای یک ساختمان ۱۵ طبقه را نشان می‌دهد.



نمایش تعداد طبقات و پیوند اصلی در سازه‌های مورد بررسی توسط مدینا و پارک (22)



مقایسه توزیع برش طبقه نرمال شده حاصل از هریک از زلزله‌ها در مقایسه با برش پایه موجود در استاندارد IBC2006 مربوط به سازه ۱۵ طبقه (22)

بر همین اساس و با میانگین‌گیری نتایج حاصل از تحلیل‌های غیرخطی سازه‌های مختلف رابطه‌ای به فرم زیر توسط ایشان پیشنهاد شد:

$$V_x = V_y \left[\left(1 - \frac{F_{top}}{V_y} \right) \sum_{i=x}^N \left(\frac{w_i h_i^k}{\sum_{z=1}^N w_z h_z^k} \right) + \frac{F_{top}}{V_y} \right], x = 1, 2, 3, \dots, N$$

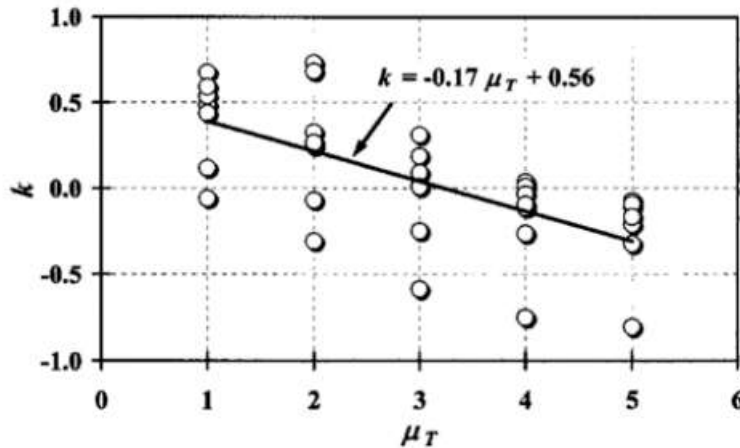
در این رابطه w_i وزن طبقه، h_i ارتفاع طبقه، V_x نیروی موجود در طبقه x ، V_y برش پایه طراحی، F_{top} نیروی زلزله در بالاترین سقف سازه که از رابطه زیر محاسبه میشود:

$$\frac{F_{top}}{V_y} = 0.32 - 0.0016H - 0.13K$$

که در آن ثابت K وابسته به شکل‌پذیری سازه بوده و به شکل زیر تعریف می‌گردد:

$$K = 0.56 - 0.17\mu_T \quad 1 \leq \mu_T \leq 5$$

که در آن μ_T شکل پذیری سازه است. * نشان دهنده داده های مربوط به ساختمان های مختلف به همراه خط برازش شده به عنوان مقدار K است.

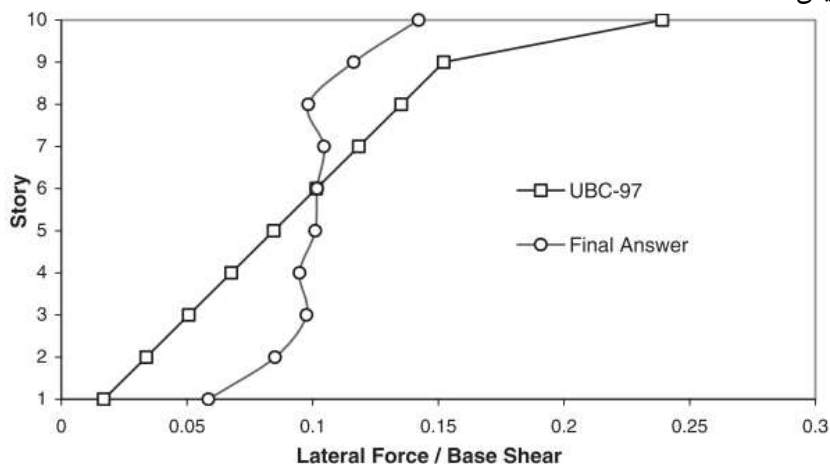


رابطه بین شکل پذیری و ضریب K در مطالعه مدینا و پارک به همراه رابطه برازش شده (22) حاجی رسولیها و مقدم نیز بر اساس تحلیل دینامیکی غیرخطی مدل های ساختمانی با تکیه گاه گیردار اقدام به پیشنهاد الگوی بار جانبی جدید نمودند. ایشان بدین منظور ۲۰ زلزله را که بر روی خاک آبرفتی واقع شده اند به سازه اعمال کرده و جابجایی، شکل پذیری و نیرو در هر طبقه را به دست آوردند. الگوی پیشنهادی ایشان به صورت تابعی از پیوند سازه و شکل پذیری هدف به شرح ذیل به شرح ذیل است (23):

$$F_i = (a_i T + b_i) \mu_t^{(c_i T + d_i)}$$

که در آن F_i مؤلفه بهینه بار در تراز طبقه i و T پیوند سازه است. در رابطه بالا μ_T شکل پذیری هدف و a, b, c, d ضرایب ثابت در طبقه i هستند.

ایشان مقایسه ای بین دو ساختمان ۱۰ طبقه با پیوند ۱ ثانیه که با دو الگوی بار UBC و الگوی پیشنهادی طرح شده بود تحت زلزله نرتریج انجام دادند و مشاهده کردند الگوی بار پیشنهادی به مراتب توزیع شکل پذیری بهتری در ارتفاع سازه را منجر می شود. این مقایسه در * نمایش داده شده است

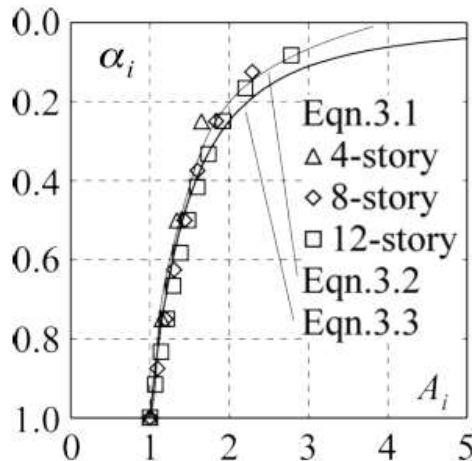


مقایسه بین الگوی بار UBC و الگوی بار پیشنهادی در تحقیق حاجی رسولیها و مقدم (23)

دگوچی و همکاران (11) باهدف اصلاح آیین نامه طراحی لرزه‌ای ژاپن اقدام به پیشنهاد الگوی بار جدید نمود. ایشان با تشابه رفتار ساختمان به یک میله الاستیک برشی و حل معادله دیفرانسیل جزئی، الگوی توزیع آیین نامه ژاپن را به شرح ذیل تغییر داد:

$$A_i = \frac{1}{\sqrt{\alpha_i}}$$

• مقایسه‌ای از الگوی بار پیشنهادی توسط دگوچی و همکاران را در مقایسه با آیین نامه ژاپن نشان می‌دهد:



مقایسه رابطه ارائه شده توسط دگوچی و همکاران با نتایج حاصل از تحلیل‌های دینامیکی و رابطه موجود در استاندارد ژاپن (11)

کرمی و محمدی (۲۱) با هدف توزیع یکنواخت شکل پذیری در سازه اقدام به معرفی الگوی بار جدید نمود. این الگوی بار مستطیلی به همراه بار تمرکز در رأس سازه است. بر اساس این الگو، پخش نیروی برشی ناشی از زلزله با رابطه زیر انجام می‌گیرد:

$$\alpha = (0.9 - 0.4\mu) \cdot e^{-(0.6+0.03\mu)T}$$

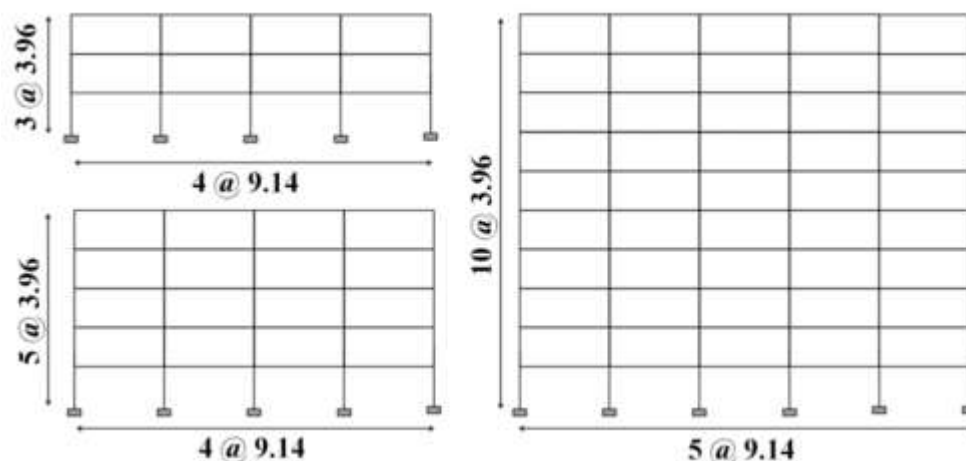
$$F_i = \frac{1}{n} (V - F_t)$$

$$F_t = \alpha TV$$

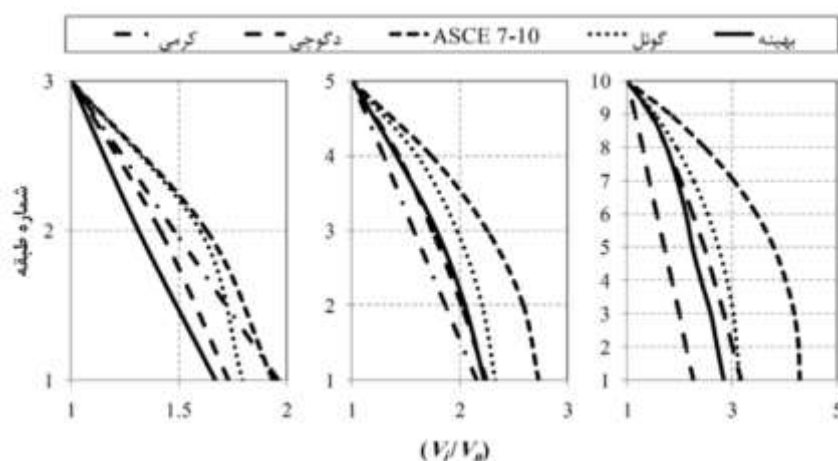
در این روابط F_i نیروی جانبی در طبقه i ام، V برش پای، n تعداد طبقات، T زمان تناوب مود اصلی سازه، F_t نیروی رأس (نیروی شلاقی) و μ ضریب نرمی هدف سازه است. ضریب α به صورت تابعی از پیوند سازه تعریف می‌شود. کرمی محمدی و شرقی به مقایسه طراحی لرزه‌ای قاب‌های خمشی بر اساس الگوهای بار جانبی گوناگون و مقایسه آن‌ها با طرح بهینه پرداختند. ایشان قاب‌های خمشی ۳، ۵ و ۱۰ طبقه با ارتفاع هر طبقه ۳،۹۶ متر و طول دهانه ۹،۱۴ متر برای این پژوهش انتخاب نمودند. این سازه‌ها را نشان می‌دهد. طراحی سازه‌ها مطابق با استاندارد AISC انجام شده و فرض شده است این سازه‌ها بر روی خاک نوع D قرار داشته باشند. این سازه‌ها تحت ۱۲ رکورد زلزله با بزرگی ۶،۵ تا ۷،۵ ریشتر قرار گرفتند. میانگین برش طبقات برای ۱۲ زلزله را نشان می‌دهد.

ایشان در نهایت عنوان نمودند سازه‌های طراحی شده بر اساس الگوی بار دگوچی و کرمی (در حالتی که برش پایه هر یک با روش خود محققین محاسبه شود) نسبت به دو روش دیگر تا حدودی دارای پاسخ‌های بهتری می‌باشند. همچنین مشاهده شد که با افزایش برش پایه، الگوی بار گوئل از دیگر الگوها مناسب‌تر می‌باشد. این در حالی است که اگر برش پایه هر یک از الگوهای بارگذاری با روش مربوطه محاسبه گردد، الگوی بار دگوچی دارای پاسخ بهتری می‌باشد. به‌طور کلی برای بهبود رفتار لرزه‌ای قاب‌های خمشی، تغییر الگوی بار یا زیاد کردن برش پایه به‌تنهایی جوابگو نبوده و لازم است تا الگوی بار و برش پایه به‌صورت

توأمان تغییر نماید.



سازه‌های استفاده شده در تحقیق کرمی و شرقی (۲۱)



مقایسه توزیع بار جانبی زلزله در ساختمان‌های فولادی خمشی ۳، ۵ و ۱۰ طبقه بر اساس الگوهای بار مختلف (۲۱)

صاحبی و فقه مینه (۴) با توجه به در نظر گرفتن رفتار غیرخطی اعضا اقدام به الگوی توزیع بار زلزله برای قاب‌های خمشی فولادی نمودند. ایشان چندین قاب ۳، ۵، ۱۰ و ۱۵ طبقه با ارتفاع ۳ متر را انتخاب نموده و بر اساس آیین‌نامه‌های رایج کشور تحلیل و طراحی نمودند. پس از طراحی این قاب‌ها تحت هفت رکورد مورد تحلیل دینامیکی افزایشی قرار گرفتند. در تحلیل دینامیکی افزایشی مقیاس رکورد زلزله‌ها تا زمانی که اولین نقطه سازه به عملکرد ایمنی جانی برسد به تدریج افزایش می‌یابند. با توجه به نتایج به دست آمده از تحلیل‌ها، الگویی برای توزیع نیروی زلزله در ارتفاع سازه که تابعی از چهار متغیر (وزن طبقه، ارتفاع سازه، شکل مود اول و زمان تناوب سازه) است را ارائه دادند. رابطه پیشنهادی بر اساس کمترین خطا در تحلیل‌های دینامیکی انجام شده به شکل زیر انجام گرفت:

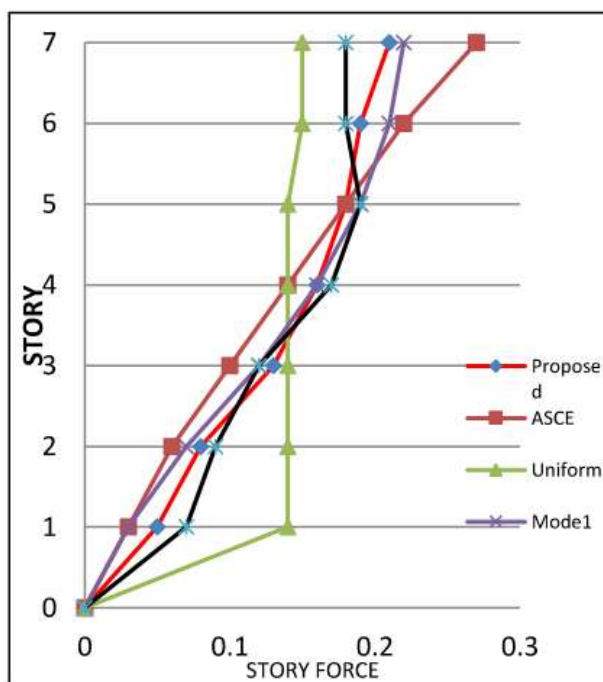
$$F_i = C_i V$$

که در آن F_i نیروی اعمالی برای طبقه i ام، V برش پایه و C_i ضریب برش پایه به این صورت تعریف می‌شود:

$$C_i = \frac{\phi_{i1}^f w_i h_i}{\sum_{j=1}^n \phi_{j1}^f w_j h_j}, i = 1, 2, 3, \dots, n$$

در این رابطه w_j مقدار شکل مود اول در طبقه i ام، w_j وزن طبقه i ام، w_j ارتفاع طبقه i ام و f ضریبی است که مساوی با زمان تناوب در نظر گرفته می شود. این ضریب نباید کمتر از ۰٫۵ و بیشتر از ۱٫۵ در نظر گرفته شود.

ایشان برای ارزیابی رابطه پیشنهادی، نتایج کار برای توزیع ارتفاعی بار زلزله را با نتایج حاصل از روابط دیگر مقایسه نمودند. برای این منظور توزیع بارگذاری قاب های ۳،۷ و ۱۵ طبقه یکبار با استفاده از رابطه پیشنهادی این تحقیق و بار دیگر به کمک روابط موجود (رابطه پیشنهادی ASCE، توزیع یکنواخت و توزیع متناسب با مود اول) مقایسه گردید. ترسیم نموداری این توزیع در ۰ نشان داده شده است. در این حالت الگوی پیشنهادی این تحقیق و آیین نامه ASCE مقادیر بیشتری را برای طبقات فوقانی در نظر می گیرند و بیشترین انطباق را با نتایج تحلیل دارند. در این حالت الگوی بار یکنواخت اختلاف زیادی با دیگر الگوها دارد. نتایج نشان می دهد که روش ASCE در طبقات پایین، حد پایین و در طبقات بالا، حد بالای روشها محسوب می شود. همچنین بر اساس ۰ می توان ادعا کرد که در روش پیشنهادی ASCE اثر شلاقی بیشتر لحاظ می شود. از طرفی رابطه پیشنهادی در تحقیق انجام شده توسط ایشان به عنوان میانگین حاصل از تمامی روابط عمل می کند.



توزیع نیروی زلزله در الگوهای مختلف در مقایسه با نتایج حاصل از تحلیل دینامیکی (۴)

معرفی روش تحقیق و ویژگی های مدل های طرح شده

در این پژوهش مدل های مختلف توزیع برش پایه در ساختمان با سیستم قاب مهاربندی همگرا مورد بررسی قرار می گیرند و از نظر فنی با یکدیگر مقایسه می شوند. در بررسی فنی از تحلیل بارافزون کمک گرفته و برای هر سازه، تحلیل استاتیکی غیرخطی مطابق توصیه های FEMA P695(13) انجام شده و سپس ضریب اضافه مقاومت و شکل پذیری استخراج می گردد. با توجه به اینکه که هدف مقایسه تأثیر توزیع ارتفاعی برش پایه بر جنبه های فنی طرح است لذا باید سایر عواملی که در این زمینه می توانند تأثیرگذار باشد را ثابت فرض نماییم. از جمله عوامل مهم در این مسئله نوع تیپ بندی خاک، کاربری ساختمانها، منظمی یا انواع نامنظمیها و ... خواهد بود. این سازه ها با فرض نوع تیپ بندی خاک مطابق با تیپ ۲ در استاندارد ۲۸۰۰ طراحی شده اند و از نظر پهنه بندی لرزه ای در شهر علی آباد که جزو منطقه پرخطر با شتاب 0.3 g هست، طراحی شده اند. از آنجاکه هدف مطالعه اثرات نامنظمی در سازه نیست لذا پلان ساختمان منظم و با ۴ و ۳ دهانه در هر طرف فرض می گردد. ابعاد دهانه سازه مطابق با مقادیر متداول یعنی ۷

متر فرض می‌گردد. کاربری ساختمان تأثیر بسیاری بر روی بار زنده و در نتیجه وزن سازه داشته و می‌تواند به عنوان یک معیار مهم برای انتخاب بهینه عمل نماید. در این پژوهش کاربری مسکونی که از نظر تعداد ساختمان‌ها بیشترین مقدار را در کشورمان شامل می‌شود انتخاب می‌گردد. در ابتدای این پژوهش هدف بررسی ۵ مجموعه سازه‌های ۴، ۱۰ و ۲۰ طبقه بود که به نوعی معرف ساختمان‌های کوتاه مرتبه، متوسط و بلندمرتبه هستند تا مطابق با ضوابط موجود در کشور از جمله استاندارد ۲۸۰۰ ویرایش چهارم (۶) و مبحث دهم مقررات ملی ساختمان (۲) طراحی می‌شوند. دلیل وجود نهایت ۲۰ طبقه، این است که عملاً سازه‌هایی که برای طبقاتی بیش از ۲۰ طبقه طراحی می‌شوند، سیستم لرزه بر دوگانه دارند. از آنجا که سازه‌هایی که ارتفاع بیش از ۵۰ متر دارند، نیاز به تحلیل دینامیکی دارند، بایستی ارتفاع سازه‌ها کمتر از ۵۰ متر باشد. با اعمال این محدودیت و با توجه به این که سازه‌ها هم از نظر جرمی و هم از نظر پیکربندی منظم هستند، طبق استاندارد ۲۸۰۰ در همه آن‌ها به جز سازه ۲۰ طبقه تحلیل استاتیکی معادل مجاز است. برای سازه ۲۰ طبقه نیز چون ارتفاع سازه بیش از ۵۰ متر است، در پروژه‌های طراحی، نمی‌توان از تحلیل استاتیکی معادل استفاده نمود ولی چون هدف مقایسه توزیع‌های مختلف است برای مقایسه سازه‌های بلند، این مدل نیز مورد تحلیل قرار می‌گیرد. با توجه به این محدودیت‌ها تعداد مدل‌ها به سازه‌های ۱۶، ۱۰، ۸، ۴ و ۲۰ طبقه افزایش یافت تا بتوان گستره وسیعی از سازه‌ها را پوشش داد.

در طراحی سازه‌ها تمام مقررات موجود در طراحی لحاظ شده است که برخی از مهم‌ترین آن‌ها عبارت‌اند از:

- کنترل حداکثر دریفت
- کنترل حداقل برش پایه در تحلیل استاتیکی معادل
- کنترل ضوابط لرزه‌ای مرتبط با سازه‌های مهاربندی با در نظر گرفتن ترکیب بار تشدید یافته

لازم به ذکر است کلیه مدل‌های سازه‌ای با سیستم مهاربند همگرای ویژه طراحی می‌شوند.

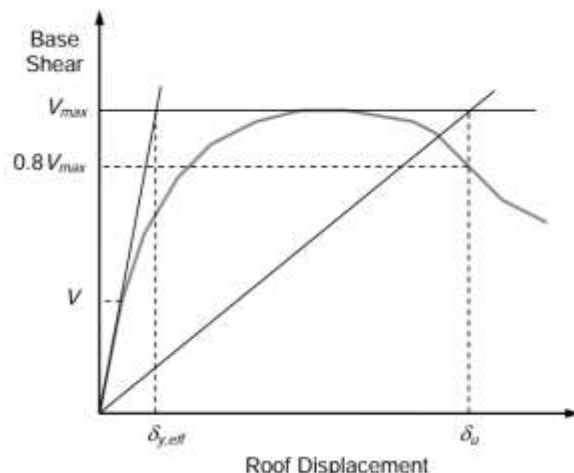
در نهایت ساختمان‌ها مطابق شرایط عنوان شده و با رعایت ضوابط آیین‌نامه‌ای که برخی از آن‌ها اشاره شد، طرح می‌شوند. برای محاسبه ساختمان از نرم‌افزار Etabs استفاده می‌شود. با لحاظ نمودن شرایط و پارامترهای موجود توزیع ارتفاعی بهینه برای طرح ساختمان‌های فولادی مهاربندی با رعایت ضوابط و استانداردها پیشنهاد می‌گردد. در این پژوهش با توجه به ویژگی‌ها و توانایی‌های برنامه Etabs در تحلیل‌های غیرخطی ساختمان‌ها نیز، از برنامه Etabs استفاده می‌شود. علاوه بر آن به دلیل اطمینان از نتایج و تصمیم‌گیری بهتر در مورد نتایج، یکی از سازه‌های طراحی شده در نرم‌افزار Sap2000 مورد مدل‌سازی و تحلیل مجدد قرار می‌گیرند. این پروسه می‌تواند علاوه بر اعتبارسنجی روش، تأثیر زیادی بر روی اطمینان از نتایج ایجاد نماید.

پروسه ارزیابی عملکرد لرزه‌ای سازه‌ها

هدف این پروژه مقایسه عملکرد سازه‌ها بوده و به همین دلیل دو معیار اساسی یعنی ضریب اضافه مقاومت و شکل پذیری در سازه‌های مختلف با یکدیگر مقایسه می‌گردند. در ادامه به نحوه محاسبه هر یک از این ضرایب می‌پردازیم.

▪ ضریب شکل پذیری

برای به دست آوردن شکل پذیری سیستم مطابق دستورالعمل (۱۳) FEMA P695، ابتدا با استفاده از یک تحلیل پوش آور منحنی ظرفیت ساختمان (منحنی پوش آور) تعیین می‌گردد. یک منحنی پوش آور ایده آل را که دارای جابجایی نهایی بام δ_u است نشان می‌دهد. برای بیان بهتر، جابجایی مؤثر جاری شدن بام را نیز نشان می‌دهد. البته این کمیت از طریق پیوند سازه محاسبه می‌شود و در شکل تنها برای افزایش درک شهودی آورده شده است.



منحنی ایده آل تحلیل استاتیکی غیرخطی (پوش آور) (۱۳)

برای محاسبه شکل پذیری ساختمان به عنوان جایگزینی برای افزایش پرورد سازه، ظرفیت تغییر شکل نهایی ساختمان به تغییر شکل مؤثر جاری شدن تقسیم می گردد.

برای محاسبه جابجایی مؤثر جاری شدن بام $\delta_{y,eff}$ ، پرورد اولیه T_1 ساختمان ابتدا توسط تحلیل مقدار ویژه برای سازه آسیب نندیده محاسبه می گردد. برای انطباق بیشتر با آیین نامه فیما ۶۹۵ و آیین نامه های طراحی سازه، زمانی مقدار پرورد تجربی سازه بیشتر از پرورد مد اول باشد، از آن استفاده می گردد. رابطه **Error! Reference source not found.** جابجایی مؤثر جاری شدن بام را نشان می دهد (۱۳).

$$\delta_{y,eff} = C_0 \frac{V_{max}}{W} \left[\frac{g}{4\pi^2} \right] (\max(T, T_1))^2$$

▪ ضریب اضافه مقاومت

اضافه مقاومت سازه بر اساس باز توزیع نیروی داخلی، مقاومت بالاتر مصالح از آنچه که در طراحی لحاظ می شود، سختی کرنشی، محدودیت های تغییر شکل مربوط به عملکرد سیستم، طراحی دست بالای اعضا، حداقل های مورد نیاز در سیستم های سازه ای که در مقررات طراحی آورده شده است، ضرایب ترکیبات بارگذاری، تأثیر اعضای غیرخطی، نرخ کرنش و مواردی از این قبیل به وجود می آید.

مقاومت ذخیره شده در سازه که بین سطح تسلیم واقعی و سطحی که اولین مفصل پلاستیک اتفاق می افتد (آیین نامه های طراحی به عنوان نهایت مقاومت در نظر می گیرند)، به صورت ضریب اضافه مقاومت بیان می گردد:

$$\Omega = \frac{V_{max}}{V}$$

در این رابطه V_{max} حداکثر برش پایه به دست آمده توسط تحلیل پوش آور (نقطه اوج در نمودار ظرفیت سازه) و V مقدار برش پایه طراحی است.

تشریح مدل ها

در ابتدای فصل به معرفی مدل های این پژوهش و در قسمت قبل به معرفی پارامترهای ارزیابی عملکردی سازه ها پرداخته شد. توزیع هایی که در این پژوهش به مقایسه آنها می پردازیم عبارت اند از:

۱. توزیع متناسب با ویرایش چهارم استاندارد ۲۸۰۰

۲. توزیع ویرایش سوم ۲۸۰۰

۳. توزیع نیروی زلزله متناسب با وزن هر طبقه که به آن توزیع یکنواخت گفته می شود.

برای این پروژه تعدادی مدل سازه طرح شده که بایستی با یکدیگر مقایسه شوند، جدول زیر این مدل ها را نمایش می دهد.

مدل های طراحی شده در این پژوهش

ردیف	تعداد طبقات	ارتفاع	الگوی بارگذاری
1	4	12	ویرایش سوم ۲۸۰۰
2	4	12	ویرایش چهارم ۲۸۰۰
3	4	12	یکنواخت
4	8	24	ویرایش سوم ۲۸۰۰
5	8	24	ویرایش چهارم ۲۸۰۰
6	8	24	یکنواخت
7	10	30	ویرایش سوم ۲۸۰۰
8	10	30	ویرایش چهارم ۲۸۰۰
9	10	30	یکنواخت
10	16	48	ویرایش سوم ۲۸۰۰
11	16	48	ویرایش چهارم ۲۸۰۰
12	16	48	یکنواخت
13	20	60	ویرایش سوم ۲۸۰۰
14	20	60	ویرایش چهارم ۲۸۰۰
15	20	60	یکنواخت

مدل های چهار طبقه

سازه های چهار طبقه بر اساس مطالبی که پیش از این مطرح شد، مورد طراحی قرار گرفته اند. مدلی که برای ساختمان ۴ طبقه ساخته شده است، که بارگذاری آن در ادامه به صورت مختصر آورده شده است. ابعاد دهانه ها در این مدل ۷ متر بوده و به تبع آن بار مرده و زنده بر روی تیرها به شرح ذیل می باشد:

بار مرده : ۱۹۲۵ کیلوگرم بر متر به منظور بار گسترده سقف

بار زنده خطی به همراه بار تیغه ها: ۱۰۵۰ کیلوگرم بر متر^۲

مشخصات بارگذاری لرزه ای سازه ها در جدول زیر به نمایش در آمده است.

مشخصات بارگذاری سازه های چهار طبقه

تعداد طبقات	ارتفاع	پریود	B1	N	B	A	ضریب K در ویرایش چهارم	C ویرایش چهارم
۴	۱۲	۰,۳۲۲	۲,۵	۱	۲,۵	۰,۳	۱	۰,۱۳۶۴

۱. رابطه توزیع ارتفاعی زلزله در استاندارد ۲۸۰۰ برای ویرایش دوم و سوم مشابه یکدیگر است.

۲. در واقع می توان بار زنده را کاهش داد ولی از آنجا که میزان کاهش بار زنده برای دهانه های مختلف، متفاوت است بار زنده بدون کاهش وارد شده است تا بتوان تحت شرایط یکسانی مقایسه مدل ها را انجام داد.

از آنجا که پریود سازه‌های چهار طبقه کمتر از ۰,۵ ثانیه است لذا ضریب توزیع K در ویرایش چهارم ۲۸۰۰ برابر یک در نظر گرفته می‌شود. طبق دستورالعمل ویرایش سوم ۲۸۰۰ مقدار نیروی شلاقی نیز صفر بوده و بنابراین بارگذاری حاصل از ویرایش سوم و چهارم استاندارد ۲۸۰۰ مشابه یکدیگر خواهد بود.

لازم به ذکر است در کلیه مدل‌های چهار طبقه، تعداد دهانه بادبندی، یک دهانه در نظر گرفته شده و به همین دلیل ضریب نامعینی برابر ۱,۲ است. ولی از آنجا که هدف مقایسه مدل‌ها با یکدیگر است و در سازه‌های بلندتر نیاز به بیش از یک دهانه بادبندی داریم مقدار این ضریب برای کلیه سازه‌ها برابر با یک در نظر گرفته شده است.

جمع بندی

با توجه به نتایج بحث شده در فصل پیشین و تعداد محدود تحلیل‌های انجام شده، می‌توان نتایج زیر را برداشت نمود:

۱. از بعد اقتصادی ویرایش سوم استاندارد ۲۸۰۰ بسیار بهینه بوده حال آنکه در مقابل ویرایش چهارم بیشترین مقدار فولاد مصرفی و به تبع آن بیشترین هزینه را خواهد داشت.
۲. با توجه به اینکه سازه‌ای که توسط ویرایش چهارم طرح می‌گردد بیشترین وزن فولاد مصرفی را دارد لذا همان طور که نتایج نشان می‌دهند منطقی است که بیشترین مقدار اضافه مقاومت را داشته باشد.
۳. مشاهده می‌شود مقدار ضریب اضافه مقاومت سازه‌هایی که توسط ویرایش‌های سوم و چهارم استاندارد ۲۸۰۰ طراحی شده اند، تقریباً با یکدیگر برابر هستند.
۴. مشاهده می‌شود نمودار اضافه مقاومت و شکل پذیری برای سازه‌های بلند با تعداد طبقاتی در حدود ۲۰ طبقه دچار افت شدیدی می‌شود. به عبارتی اضافه مقاومت و شکل پذیری سازه‌های ۲۰ طبقه که توسط تحلیل استاتیکی معادل طراحی شده اند، بسیار کم است و همین مسئله تأیید دیگری بر این است که سازه‌های بیش از ۵۰ متر نیاز به تحلیل دینامیکی دارند.

پیشنهادها

- پیشنهاداتی در این قسمت برای پژوهشگران آتی آورده شده است. برخی از این پیشنهادات به عنوان یک تحقیق مجزا از این پژوهش بوده و برخی به منزله ادامه پژوهش حاضر می‌باشد تا کاستی‌های پیش رو مرتفع گردد
۱. این پروژه تنها به مقایسه سه الگوی متداول در طراحی (الگوی متناسب با ویرایش سوم استاندارد ۲۸۰۰، الگوی متناسب با ویرایش چهارم استاندارد ۲۸۰۰ و الگوی یکنواخت) پرداخت و به دلیل کثرت تعداد الگوهای مختلف بارگذاری امکان بررسی همه آن‌ها وجود نداشت. پیشنهاد می‌گردد در تحقیقی مشابه به سایر الگوهای بارگذاری زلزله پرداخته و سایر الگوهای معروف با یکدیگر مقایسه گردند.
 ۲. برای سیستم‌هایی که در کشور به صورت گسترده ساخته می‌شوند، اقتصاد یکی از مهم‌ترین مسائل در میزان بهره‌وری بوده و با توجه به کثرت تعداد قاب‌های خمشی بتنی در کشور در تحقیقی به مقایسه الگوهای مختلف بارگذاری لرزه‌ای بر عملکرد قاب‌های خمشی بتن پرداخته شود.
 ۳. این پروژه سازه‌ها همگی منظم بودند و ارزیابی الگوهای توزیع بار جانبی در ارتفاع سازه مورد بررسی قرار گرفت. یکی از مواردی که می‌تواند بسیار مهم باشد و در این پژوهش در نظر گرفته نشده است اثرات نامنظمی و به خصوص نامنظمی‌های جرمی است. با توجه به این که نامنظمی در سازه‌ها نقش مهمی در عملکرد سازه دارد بنابراین پیشنهاد می‌گردد چندین سازه نامنظم جهت انجام ارزیابی عملکرد و میزان کارآمد بودن ضوابط، مورد تحلیل قرار بگیرند.

منابع

- (1) خدایاری م. "بررسی عملکردی لرزه‌ای سازه‌های بتن مسلح با در نظر گرفتن اثر اندرکنش خاک و سازه با استفاده از تحلیل‌های استاتیکی غیر خطی و دینامیکی غیر خطی." پایان نامه کارشناسی ارشد دانشگاه تربیت معلم، ۱۳۸۹.

- (۲) دفتر تدوین و ترویج مقررات ملی ساختمان، "مبحث دهم مقررات ملی ساختمان. 1392
- (۳) سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور، "دستورالعمل بهسازی لرزه ای سازه های موجود (نشریه ۳۶۰) - (تجدید نظر اول)، ۱۳۹۲.
- (۴) محمودی صاحبی م. و فقه مینه.م، "الگوی توزیع ارتفاعی بار زلزله برای قابهای خمشی فولادی با در نظر گرفتن رفتار غیرخطی اعضا،" نشریه مهندسی سازه و ساخت. 2016. Mar. vol. 2, no. 4, pp. 62-75,
- (۵) مرکز تحقیقات راه مسکن و شهرسازی، "استاندارد ۲۸۰۰: طراحی ساختمان ها در برابر زلزله (ویرایش سوم)" ۱۳۸۸
- (۶) مرکز تحقیقات راه مسکن و شهرسازی، "استاندارد ۲۸۰۰: طراحی ساختمان ها در برابر زلزله (ویرایش چهارم)،" ۱۳۹۲.
- (7) B. Sciences, "2003 Edition NEHRP RECOMMENDED PROVISIONS FOR SEISMIC REGULATIONS FOR NEW BUILDINGS AND OTHER STRUCTURES (FEMA 450)," no. Fema 450, 2006.
- (8) S.-H. Chao, S. C. Goel, and S.-S. Lee, "A seismic design lateral force distribution based on inelastic state of structures," *Earthquake Spectra*, vol. 23, no. 3, pp. 547-569, 2007.
- (9) A. K. Chopra, *Dynamics of structures*, vol. 3. Prentice Hall New Jersey, 1995.
- (10) Computers and Structures Inc, "ETABS , Integrated Building Design Software." Berkeley, California ,USA.
- (11) Y. Deguchi, T. Kawashima, M. Yamanari, and K. Ogawa, "Seismic design load distribution in steel frame," in *14th World Conference on Earthquake Engineering*, 2008.
- (12) F. FEMA, "440, Improvement of nonlinear static seismic analysis procedures," *Federal Emergency Management Agency, Washington, DC*, 2005.
- (13) F. E. M. A. (FEMA), "Quantification of Building Seismic Performance Factors." FEMA P695, Washington, DC, 2009.
- (14) B. Ganjavi and H. Hao, "Optimum lateral load pattern for seismic design of elastic shear-buildings incorporating soil-structure interaction effects," *Earthquake Engineering & Structural Dynamics*, vol. 42, no. 6, pp. 913-933, 2013.
- (15) B. Ganjavi and H. Hao, "New lateral force distribution for elastic seismic design of shear buildings incorporating SSI effects," in *Australasian Structural Engineering Conference 2012: The past, present and future of Structural Engineering*, 2012, p. 241.
- (16) R. K. Goel and A. K. Chopra, "Evaluation of modal and FEMA pushover analyses: SAC buildings," *Earthquake Spectra*, vol. 20, no. 1, pp. 225-254, 2004.
- (17) J. Humar and M. A. Mahgoub, "Determination of seismic design forces by equivalent static load method," *Canadian Journal of Civil Engineering*, vol. 30, no. 2, pp. 287-307, 2003.
- (18) I. C. C. IBC, "International building code," *International Code Council, Inc(formerly BOCA, ICBO and SBCCI)*, vol. 4051, pp. 60478-65795, 2006.
- (19) International Code Council, *IBC-2009. International Building Code*. 2009.
- (20) International Conference of Building Officials, *Uniform Building Code*. 1997.
- (21) R. Karami Mohammadi, "Optimum Distribution of Dynamic Characteristics within the Structure to Reduce Seismic Damage." Ph. D. dissertation, Civil Engineering Department, Sharif University of Technology, 2001.
- (22) R. A. Medina and K. Park, "Conceptual Seismic Design of Regular Frames Based on the Concept of Uniform Damage," Jul. 2007.
- (23) H. Moghaddam and I. Hajirasouliha, "Optimum strength distribution for seismic design of tall buildings," *The Structural Design of Tall and Special Buildings*, vol. 17, no. 2, pp. 331-349, 2008.
- (24) H. Moghaddam, S. M. Hosseini Gelekolai, I. Hajirasouliha, and F. Tajali, "Evaluation of

various proposed lateral load patterns for seismic design of steel moment resisting frames,” in *Proceedings of the 15th world conference on earthquake engineering (WCEE)*, 2012.

(25) A. M. Mwafy and A. S. Elnashai, “Static pushover versus dynamic collapse analysis of RC buildings,” *Engineering Structures*, vol. 23, no. 5. pp. 407–424, 2001.

(26) P. E. ENGINEERING, “Beam-Column Element Model Calibrated for Predicting Flexural Response Leading to Global Collapse of RC Frame Buildings,” no. maY, 2008.

(27) R. Pekelnicky and C. Poland, “ASCE 41-13: Seismic evaluation and retrofit of existing buildings,” in *SESOC 2012 Convention*, 2012.

(28) D. Sahadevan and M. Vijayan, “An Equivalent Static Analysis Of Space Frame Structure With Different Cross Section Of Column,” 2017.

(29) S. N. Z. technical Committee, “Structural Design Actions (NZS 1170.5),” *Wellington, New Zealand*, 2004.

Economic and Technical Effects of the Basic Cutting Distribution Model at the Structural Height Using the Barrowing Method

Mehdi Maghsoudlou¹

1- Civil and Municipal Administrator

Abstract

The purpose of this research is to investigate the technical and economical effects of the base shear distribution model at the height of the structure using the pushover method. In the present study, we first used a library and research method in the research theory and then to design the structural models, ETABS software was used. At the end of the research, we have introduced and compared the results. The results showed that one of the economical dimensions of the third edition of the standard 2800 is very optimal, while in contrast to the fourth edition, the highest amount of steel consumed and therefore the highest cost. 2. Structures proposed by the fourth edition have the highest weight of consumable steel and have the highest amount of over strength. 3. The excess coefficient coefficient of the structures over strength by the third and fourth editions of standard 2800 is not significantly different. 4. over strength and ductility for high structures with a class number of about 20 floors is greatly reduced.

Keywords: Economic Impacts - Earthquake Force Distribution at Height - Standard 2800