



ششمین کنگره ملی مهندسی عمران
۶ و ۷ اردیبهشت ۱۳۹۰
دانشگاه سمنان



بررسی سطح عملکرد ساختمان با داشتن طبقه نرم با استفاده از روش طیف ظرفیت

منصور قلعه نوی^۱، مهدی اژدری مقدم^۲، حسین گلکاری^۳

۱- استادیار دانشگاه فردوسی مشهد

۲- استادیار دانشگاه سیستان و بلوچستان

۳- دانشجوی کارشناسی ارشد سازه دانشگاه آزاد اسلامی واحد زاهدان

hosseingolkari@yahoo.com

چکیده

بارها مشاهده شده است که در ساختمانهای اسکلت فلزی موجود بنا به دلایل مختلف از جمله حذف تعدادی باند در طبقات باعث به وجود آوردن طبقه نرم در ساختمان گشته که با توجه به زلزله های اخیر و اهمیت در نظر گرفتن این موضوع و تاکید آن در آئین نامه ۲۸۰۰ بر این شد که اثر طبقه نرم در عملکرد یک ساختمان مورد توجه قرار گیرد. در این بررسی به اثر طبقه نرم در عملکرد سازه به روش طیف ظرفیت پرداخت شده است. بدین منظور سه نمونه ساختمان با تعداد طبقات ۴-۸-۱۲ انتخاب و با استفاده از آئین نامه ۲۸۰۰ طراحی شدند. سپس طبقه نرم در طبقات مختلف تشکیل داده شده و ساختمانها تحت تحلیل استاتیکی غیر خطی قرار گرفته و با استفاده از روش طیف ظرفیت نقطه عملکرد بدست آمده و جابجایی نسبی ساختمانها و مفاصل ایجاد شده در نقطه عملکرد مورد بررسی قرار گرفته که نتایج ارائه خواهد شد.

کلمات کلیدی: طبقه نرم، تحلیل استاتیکی غیر خطی، طیف ظرفیت، تغییر مکان نسبی



بررسی اثر طبقه نرم بر عملکرد سازه ها به روش طیف ظرفیت

منصور قلعه نوی¹، مهدی اژدري مقدم²، حسين گلکاری³

1. استادیار دانشگاه فردوسی مشهد

2. استادیار دانشگاه سیستان و بلوچستان

3. دانشجوی کارشناسی ارشد سازه دانشگاه آزاد اسلامی واحد زاهدان

hosseingolkari@yahoo.com

خلاصه

بارها مشاهده شده است که در ساختمانهای اسکلت فلزی موجود بنا به دلایل مختلف از جمله حذف تعدادی باند در طبقات باعث به وجود آوردن طبقه نرم در ساختمان گشته که با توجه به زلزله های اخیر و اهمیت در نظر گرفتن این موضوع و تاکید آن در آئین نامه 2800 بر این شد که اثر طبقه نرم در عملکرد یک ساختمان مورد توجه قرار گیرد. در این بررسی به اثر طبقه نرم در عملکرد سازه به روش طیف ظرفیت پرداخت شده است. بدین منظور سه نمونه ساختمان با تعداد طبقات 4-8-12 انتخاب و با استفاده از آئین نامه 2800 طراحی شدند. سپس طبقه نرم در طبقات مختلف تشکیل داده شده و ساختمانها تحت تحلیل استاتیکی غیر خطی قرار گرفته و با استفاده از روش طیف ظرفیت نقطه عملکرد بدست آمده و جایابی نسبی ساختمانها و مفاصل ایجاد شده در نقطه عملکرد مورد بررسی قرار گرفتند. بررسی ها نشانگر گذشتن ساختمانهای 4 و 8 طبقه با داشتن طبقه نرم از سطح عملکرد ایمنی جانی و در ساختمان 12 طبقه داشتن طبقه نرم در طبقات میانی باعث عبور از سطح عملکرد ایمنی جانی می شود.

کلمات کلیدی: طبقه نرم، تحلیل استاتیکی غیر خطی، طیف ظرفیت، تغییر مکان نسبی

1. مقدمه

حذف عنصر مقاوم در برابر بارهای جانبی در طبقه به جهت تامین ورودی ساختمان و یا پنجره های بزرگ و یا در بهای اصلی فضا های تجاری، سبب شکل گیری طبقه نرم و ضعیف در طبقه میشود. به طور معمول تشخیص و تمایز بین طبقه نرم و طبقه ضعیف به سبب سختی نسبی است. سختی نسبی برای ایجاد تغییر مکان واحد و یا عبارت است از شیب منحنی نیرو - تغییر مکان، ولی مقاومت برابر است با حداکثر نیروی مورد نیاز سیستم. طبقه نرم به سختی و طبقه ضعیف به مقاومت مربوط می باشد. بنابراین طبقه نرم طبقه ضعیف هم می باشد. اگر چه به طور معمول وجود و تاثیر طبقه نرم و ضعیف در طبقه همکف با حساسیت بیشتری مورد توجه قرار می گیرد ولی وجود این پدیده در طبقات فوقانی نیز در عملکرد سازه تاثیر به سزایی ایفا می نماید. طبقه نرم باید با مقایسه بین طبقه مورد نظر با طبقات مجاور تعیین شود. مطابق ویرایش سوم آئین نامه 2800 طبقه نرم طبقه ای است که سختی جانبی آن کمتر از 70 درصد سختی طبقه بالای آن یا کمتر از 80 درصد متوسط سختی های سه طبقه روی آن است. [1]

حال سوال این است که سازه ای که بر اساس آئین نامه های موجود (2800) طراحی شده اند و حداقل سطح عملکرد ایمنی جانی را تامین می نمایند با داشتن طبقه نرم چه تغییری در سطح عملکرد آنها به وجود می آورد؟ برای پاسخ به این سوال و بررسی عملکرد واقعی سازه انجام تحلیل غیر خطی سازه اجتناب ناپذیر است در کلی ترین حالتها، بررسی رفتار و برآورد عملکرد لرزه ای یک سازه بایستی توسط تحلیل های دینامیکی غیر خطی و بر اساس شتابنگاشت های معین و متناسب صورت گیرد. تحلیل سازه ها با یک یا چند شتابنگاشت خاص با توجه به شرایط ویژه هر منطقه مخصوصاً از لحاظ ژئوتکنیکی برای قضاوت در مورد رفتار سازه ها کافی به نظر نمی رسد. در نتیجه برای بررسی دقیق و واقعی تر رفتار سازه ها با داشتن طبقه نرم در این تحقیق از روش های تحلیل استاتیکی غیر خطی که نسبت به روش های دینامیکی ساده تر می باشند استفاده می کنیم

تحلیل بار افزونی روشی ساده و کاربردی است که می توان از آن برای برآورد پاسخهای تقاضای تحت اثر تحریکات زمین لرزه استفاده نمود. تحلیل بار افزونی عبارت است از تحلیل استاتیکی غیر خطی سازه تحت اثر بارهای جانبی افزایش یابنده و تعیین نمودار بار - تغییر مکان یا منحنی ظرفیت سازه که معمولاً از مقادیر برش پایه و تغییر مکان جانبی بام برای رسم این نمودار استفاده می شود. در این تحلیل پاسخ سازه، تنها وابسته به یک مود تغییر شکلی (شکل مود اول ارتعاش) بوده و شکل آن در طول زمان تحلیل ثابت باقی بماند. تحقیقات گسترده در طول چند دهه اخیر نشان داده است که برای سازه هایی که مود اول نوسان بر پاسخ آنها غالب بوده



تخمین های خوب و مناسبی از ماکزیمم بازتابهای سیستم به کمک این تحلیل بدست می آید. در این پژوهش به منظور سهولت اعمال اثر پیچش واقعی و اتفاقی در تحلیل های خطی و غیر خطی از مدل های سه بعدی استفاده شده، تا نتایج بدست آمده به واقعیت نزدیکتر باشند.

2. تشریح سطوح عملکرد اجزای سازه ای

به طور کلی سطوح عملکردی سازه نشان دهنده رفتار واقعی سازه در هنگام زلزله می باشد، بر اساس دستورالعمل بهسازی چندین سطح عملکردی برای اجزای سازه ای و غیر سازه ای تعریف می شوند. در واقع این سطوح عملکردی محدودیت های رفتاری اجزای سازه ای و غیر سازه ای را مشخص می کنند. چهار سطح عملکرد اصلی برای اجزای سازه ای به صورت زیر بیان می شود.

سطح عملکرد 1 (قابلیت استفاده ی بی وقفه): سطح عملکرد قابلیت استفاده ی بی وقفه به سطح عملکردی اطلاق می شود که پیش بینی شود در اثر وقوع زلزله مقاومت و سختی اجزای سازه تغییر قابل توجهی پیدا نکند و استفاده ی بی وقفه از آن ممکن باشد.

2- سطح عملکرد (خرابی محدود): سطح عملکرد خرابی محدود به سطح عملکردی اطلاق می شود که پیش بینی شود در اثر وقوع زلزله خرابی در سازه به میزان محدود ایجاد شود، به گونه ای که پس از زلزله با انجام مرمت بخش های آسیب دیده، ادامه ی بهره برداری از ساختمان میسر باشد.

سطح عملکرد 3 (ایمنی جانی): سطح عملکرد ایمنی جانی به سطح عملکردی اطلاق می شود که پیش بینی شود در اثر وقوع زلزله خرابی در سازه ایجاد شود، اما میزان خرابی ها به اندازه ای نباشد که منجر به خسارت جانی شود.

4- سطح عملکرد 4 (ایمنی جانی محدود): سطح عملکرد ایمنی جانی محدود به سطح عملکردی اطلاق می شود که پیش بینی شود در اثر وقوع زلزله خرابی در سازه ایجاد شود، اما میزان خرابی ها به اندازه ای باشد که منجر به خسارت جانی حداقل شود.

5- بهسازی موضعی: در بهسازی موضعی بخشی از یک طرح بهسازی کلی انجام می شود که به دلایلی در شرایط موجود فقط بخشی از آن اجرا می شود. در سطح عملکرد کل ساختمان برحسب سطح عملکرد اجزای سازه ای و غیر سازه ای تعریف می شود که شامل چهار سطح عملکردی مطابق زیر می باشند.

1- سطح عملکرد خدمت رسانی بی وقفه (A-1): ساختمانی دارای سطح عملکرد خدمت رسانی بی وقفه است که اجزای سازه ای آن دارای سطح عملکرد 1 (قابلیت استفاده ی بی وقفه) و اجزای غیرسازه ای آن دارای سطح عملکرد A (خدمت رسانی بی وقفه) باشند.

2- سطح عملکرد قابلیت استفاده ی بی وقفه (B-2): ساختمانی دارای سطح عملکرد قابلیت استفاده ی بی وقفه است که اجزای سازه ای آن دارای سطح عملکرد 1 (قابلیت استفاده ی بی وقفه) و اجزای غیرسازه ای آن دارای سطح عملکرد B (قابلیت استفاده ی بی وقفه) باشند.

سطح عملکرد ایمنی جانی (C-3): ساختمانی دارای سطح عملکرد ایمنی جانی است که اجزای سازه ای آن دارای سطح عملکرد 3 (ایمنی جانی) و اجزای غیرسازه ای آن دارای سطح عملکرد C (ایمنی جانی) باشند.

سطح عملکرد آستانه ی فروریزش (E-5): ساختمانی دارای سطح عملکرد آستانه ی فروریزش است که اجزای سازه ای آن دارای سطح عملکرد 5 (آستانه ی فروریزش) باشند. در این حالت محدودیتی برای سطح عملکرد اجزای غیرسازه ای وجود ندارد (سطح عملکرد لحاظ نشده) [2]

3. طراحی بر اساس عملکرد، تحلیل استاتیکی غیر خطی، طیف ظرفیت

دراثر وقوع زلزله های شدید، خسارات قابل ملاحظه ای به سبب رفتار غیرالاستیک سازه ها به آنها وارد می شود چرا که باتوجه به منحنی نیرو- تغییر مکان، سازه در اثر 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 نزدیکی با خسارت دارند، حاکم می شوند. روش طراحی بر اساس عملکرد (Performance Based Design)، عملکرد غیر خطی اجزای سازه مورد بررسی قرار می گیرد به همین علت می توان رفتار واقعی تری از سازه ها، نسبت به قبل، در صورت وقوع یک زمین لرزه مشخص، به دست آورد.

طراحی بر اساس عملکرد دارای دو جزء کلیدی هستند:

تقاضا، که به پارامترهای حرکت شدید زمین بستگی دارد

ظرفیت، که به مشخصات سازه بستگی دارد.

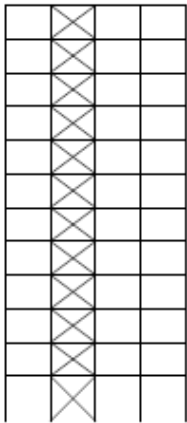
در واقع رفتار سازه، بیانگر میزان جوابگویی ظرفیت آن در مقابل نیاز لرزه ای است. با استفاده از تکنیک های تحلیل استاتیکی غیر خطی (Pushover) منحنی تقاضای زلزله طرح را می توان بدست آورد و از برخورد آن با منحنی ظرفیت در واقع یک نقطه عملکرد (Performance Point) بدست می آید. این نقطه عملکرد تخمینی از جابجایی واقعی سازه ها برای یک زمین لرزه مشخص می باشد. با استفاده از این نقطه، یک مهندس می تواند خسارات وارده به سازه را طبقه بندی نموده و آن را با اهداف عملکرد مورد نظر مقایسه نماید.

در این تحقیق از روش طیف ظرفیت به عنوان روش طراحی بر اساس عملکرد با استفاده از کنترل تغییر مکان استفاده شده است. برای استفاده از روش طیف ظرفیت، ابتدا باید منحنی ظرفیت سازه را که به صورت تغییر مکان انتهای برابر برش پایه است، به شکل طیف ظرفیت که به معنای شتاب طیفی در برابر تغییر مکان طیفی است تبدیل نمود.

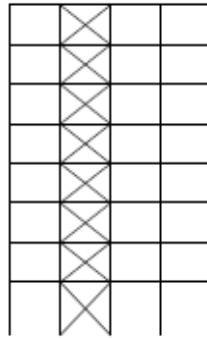
در این روش ظرفیت سازه توسط منحنی نیرو - تغییر مکان بدست آمده از تحلیل استاتیکی فراینده غیر خطی ارائه می شود. نیروهای برش پایه و تغییر مکانهای بام به ترتیب به شتاب و تغییر مکانهای طیفی یک درجه آزادی معادل تبدیل می شود. این مقادیر معرف طیف ظرفیت هستند. همچنین با استفاده از ضرایب کاهش طیفی منحنی نیاز به طیف در فرمت ADRS تبدیل می شود، و با رسم این دو طیف در فرمت یکسان ADRS در یک نمودار، محل تلاقی آن به عنوان نقطه عملکرد مشخص می شود. البته توجه به این نکته نیز ضروری می باشد که با توجه به نیاز به ضرایب کاهش روند فوق یک روند سعی و خطا می باشد [5]

4. مشخصات مدل های بررسی شده و فرضیات طراحی سازه ها

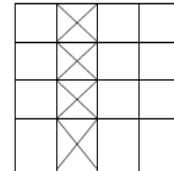
سازه های مورد بررسی سازه های فولادی 4،8 و 12 طبقه (کوتاه، متوسط، بلند) مسکونی با سیستم مهار بندی فولادی هم محور که در پلان یکسان است. ارتفاع طبقه اول 4 و سایر طبقات 3 متری باشد. قابها بصورت سه بعدی مدل شده است. سقف تیرچه بلوک مقاطع تیرها از IPE و ستونها از مقاطع بال پهن موجود در نرم افزار و بادبندها از جفت ناودانی در نظر گرفته شده است. سازه در منطقه با خطر لرزه خیزی زیاد نوع خاک منطقه 3 محسوب گردیده. بار مرده طبقات 550 کیلوگرم بر متر مربع و بار زنده طبقات 200 کیلوگرم بر متر مربع و بار مرده بام 500 کیلوگرم بر متر مربع بار زنده بام 150 کیلوگرم بر متر مربع در نظر گرفته شده است. سازه های مذکور با رعایت ضوابط کامل آیین نامه 2800 و مبحث دهم مقررات ملی ساختمان در نرم افزار SAP200 با آیین نامه UBC طراحی و سپس با حذف تعدادی از بادبندها در طبقات، طبقه نرم با کاهش حداقل سختی مندرج در آیین نامه 2800 (30 درصد) ایجاد نموده که بادر نظر گرفتن سازه بدون طبقه نرم 27 نمونه سازه بدست می آید که بایست تحلیل غیر خطی تحت الگوی بار گذاری مطابق با آیین نامه 2800 روی آنها صورت پذیرد. با اختصاص مفاصل پلاستیک در المان های مختلف سازه مانند ستون ها و مهاربند ها بر اساس جداول نشریه FEMA [6] سازه را تحلیل غیر خطی می کنیم، با انجام این تحلیل و رسم منحنی پوس آور سازه، طیف های ظرفیت و نیاز سازه بدست آمده و از تقابل آنها نقطه عملکرد محاسبه می شود، در این نقطه نمودارهای مربوط به تغییر مکان نسبی ماندگار طبقات که پس از وقوع زلزله به دلیل رفتار خمیری در سازه باقی می ماند و مفاصل المان های سازه و سطوح عملکردی سازه هم مورد بررسی قرار می گیرند. در شکل 1 به طور شماتیک یک نمونه از قابهای ساختمانی در جهت X و در شکل 2 پلان تیب طبقات آورده شده است



شکل ج - یک نمونه قاب سازه 12 طبقه

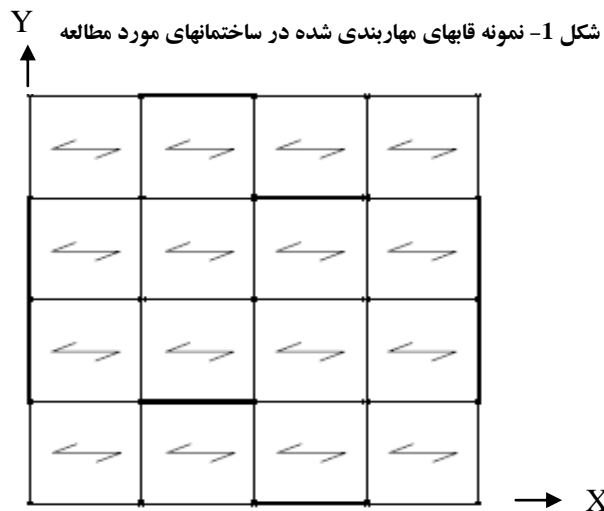


شکل ب - یک نمونه قاب سازه 8 طبقه



شکل الف - یک نمونه قاب سازه 4 طبقه

شکل 1- نمونه قابهای مهاربندی شده در ساختمانی مورد مطالعه



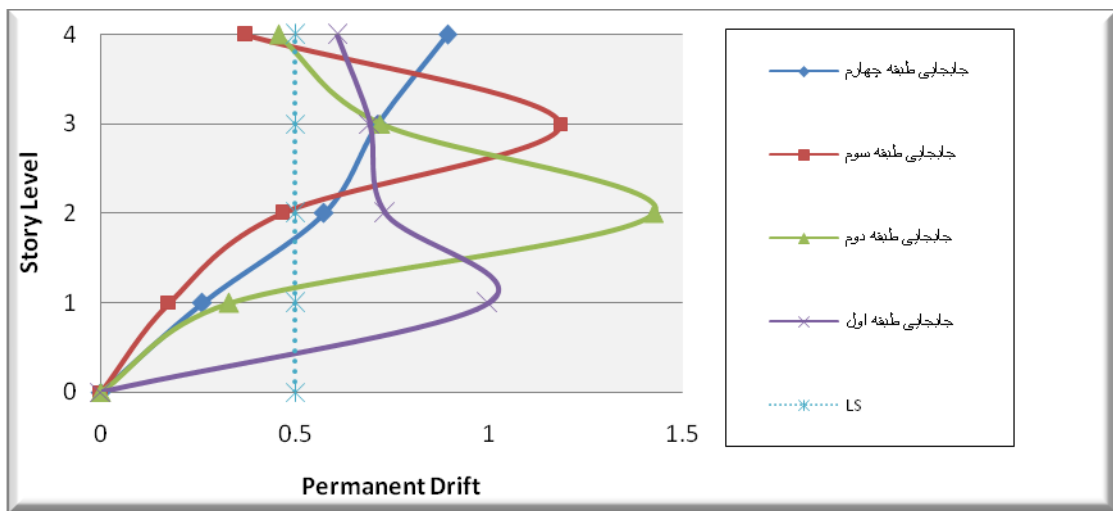
شکل 2- پلان تیب سازه ها ونحوه آرایش بادبندها

5. ارزیابی عملکرد با معیارهای پذیرش

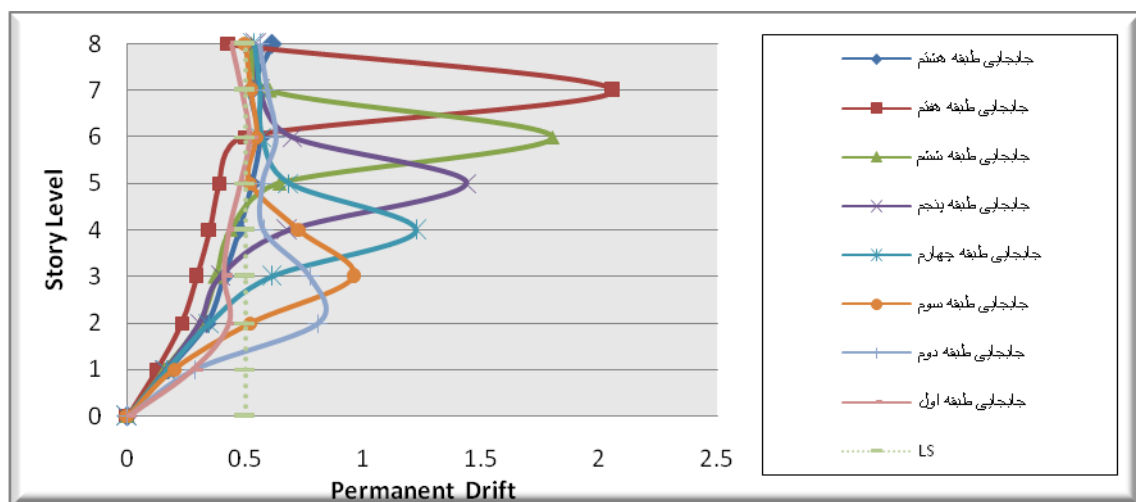
آئین نامه ها معیارهای پذیرش را به دو بخش معیارهای پذیرش تغییر مکان و معیارهای پذیرش رفتار اعضا تقسیم می کنند. و توصیه شده که برای تعیین سطح عملکرد کلی نتایج هر دو را با هم در نظر بگیریم. در بررسی سازه های مورد مطالعه ابتدا به تک تک معیار پرداخته میشود و در نهایت نتیجه گیری نهایی خواهد شد

5-1- ارزیابی بر اساس تغییر مکان

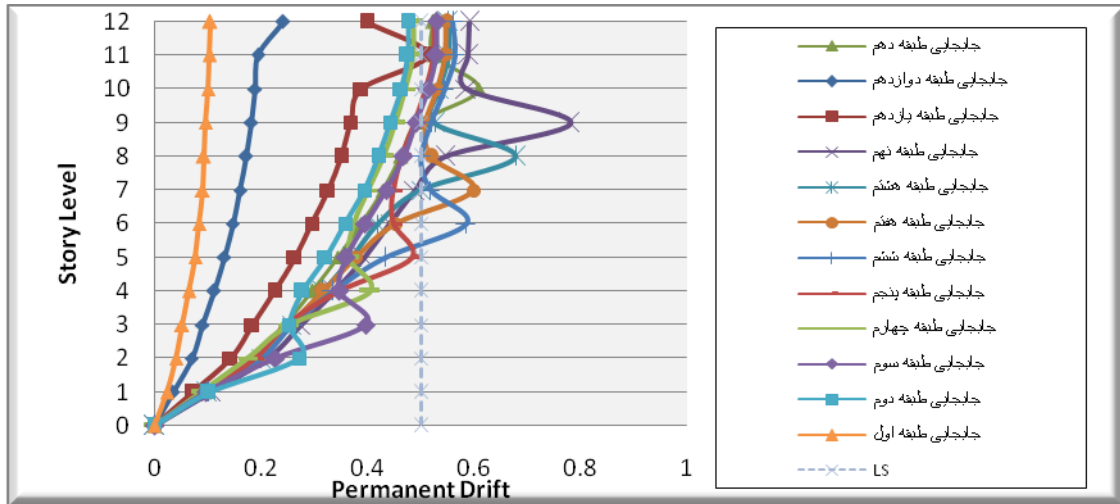
در جدول (FEMA -356, Table C1-3) محدودیت هایی برای کنترل تغییر مکانهای نسبی جانبی گذرا و ماندگار آورده شده است. هر چند که این جدول به عنوان معیار پذیرش نباید استفاده کرد اما برای ارزیابی کیفی رفتار تقریبی سازه ها از استفاده شده است. نمودارهای زیر با استفاده از محدودیتهای قید شده در جدول مذکور تنظیم شده است



شکل 3- تغییر مکان جانبی ماندگار 4 طبقه در مقابل تراز طبقات



شکل 4- تغییر مکان جانبی ماندگار 8 طبقه در مقابل تراز طبقات



شکل 5- تغییر مکان جانبی ماندگار 12 طبقه در مقابل تراز طبقات

بامشاهده نمودارهای شکلهای 3-4-5 تغییر مکانهای جانبی ماندگار نتایج زیر بدست می آید
-در ساختمان 4 طبقه با داشتن طبقه نرم در کلیه طبقات سطح عملکردی LS را تامین نمی کند
-در ساختمان 8 طبقه با داشتن طبقه نرم در کلیه طبقات سطح عملکردی LS را تامین نمی کند
-در ساختمان 12 طبقه، طبقات اول، دوم، سوم، چهارم، یازدهم و دوازدهم سطح عملکردی LS را تامین و سایر طبقات تامین نمی کنند

5-2- ارزیابی رفتار اعضا

همانطور که در دستورالعملهای بهسازی اشاره شده است، مهمترین معیار برای بررسی سطح عملکرد، میزان مفاصل پلاستیک تولید شده در المانهای سازه و محدوده رفتار پلاستیک آنها بر اساس محدودیت های اشاره شده در جدول مدل سازی هر کدام از المانها می باشد. تعیین محل تشکیل مفاصل جهت تعیین محل خسارت مفید و از آن میتوان جهت توزیع مناسب سختی (بهبود عملکرد) استفاده کرد.
بر اساس تعریف کنونی آیین نامه ها که همه اعضا باید یک سطح عملکرد را دارا باشند تا آن سطح عملکرد به دست آید، وجود حتی یک عضو با سطح عملکرد پایین تر سبب خروج سازه از عملکرد مورد نظر است می توان نتایج زیر با توجه بررسی مفاصل تشکیل شده و مقایسه با معیار های پذیرش را عنوان کرد:

جدول 1- نحوه توزیع مفاصل در ساختمان 4 طبقه

	اعضایی از قاب ها که از سطح عملکرد LS گذشته اند
طبقه اول نرم	ستونهای طبقه اول و دوم- بادبندهای طبقه اول
طبقه دوم نرم	ستونهای طبقه اول و دوم- بادبندهای طبقه دوم
طبقه سوم نرم	ستونهای طبقه اول و دوم- بادبندهای طبقه سوم
طبقه چهارم نرم	ستونهای طبقه اول و دوم- بادبندهای طبقه چهارم



جدول 2- نحوه توزیع مفاصل در ساختمان 8 طبقه

	اعضایی از قاب ها که از سطح عملکرد LS گذشته اند
طبقه اول نرم	ستونهای طبقه اول
طبقه دوم نرم	بادبندهای طبقه دوم
طبقه سوم نرم	بادبندهای طبقه سوم
طبقه چهارم نرم	بادبندهای طبقه چهارم
طبقه پنجم نرم	ستونهای طبقه ششم - بادبندهای طبقه پنجم
طبقه ششم نرم	ستونهای طبقه ششم - بادبندهای طبقه ششم
طبقه هفتم نرم	ستونهای طبقه هفتم و هشتم - بادبندهای طبقه هفتم
طبقه هشتم نرم	ستونهای طبقه ششم هفتم - بادبندهای طبقه هشتم

جدول 3- نحوه توزیع مفاصل در ساختمان 12 طبقه

	اعضایی از قاب ها که از سطح عملکرد LS گذشته اند
طبقه اول نرم	-
طبقه دوم نرم	-
طبقه سوم نرم	-
طبقه چهارم نرم	-
طبقه پنجم نرم	-
طبقه ششم نرم	-
طبقه هفتم نرم	بادبندهای طبقه پنجم و ششم و هفتم
طبقه هشتم نرم	بادبندهای طبقه هشتم و نهم
طبقه نهم نرم	بادبندهای طبقه نهم
طبقه دهم نرم	بادبندهای طبقه دهم
طبقه یازدهم نرم	بادبندهای طبقه یازدهم
طبقه دوازدهم نرم	بادبندهای طبقه دوازدهم



با مشاهده نتایج محل تشکیل مفاصل مندرج در جداول 1-2-3 میتوان نتیجه گرفت
-در ساختمان 4 طبقه، طبقه نرم در کلیه طبقات سطح عملکردی LS را تامین نمی کنند. محل تشکیل مفصل در بادبندهای همان طبقه و ستونهای طبقه اول و دوم میباشد
- در ساختمان 8 طبقه، طبقه نرم در کلیه طبقات سطح عملکردی LS را تامین نمی کنند. محل تشکیل مفصل ها به جز طبقه اول تا طبقه میانی بادبندهای طبقه واز طبقه میانی به بالا در ستونها و بادبندهای طبقه میباشد.
در ساختمان 12 طبقه، طبقه نرم تا طبقه ششم سطح عملکردی LS را تامین می کنند و از طبقه ششم به بعد این سطح عملکردی را تامین نمی کند. محل تشکیل مفاصل در بادبندها میباشد.

6. نتیجه گیری

- 1 - با بررسی نتایج حاصل از تغییر مکانهای نسبی و نحوه توزیع مفاصل تشکیل شده میتوان گفت در ساختمانهای کوتاه با به وجود آمدن طبقه نرم با درصد کاهش سختی در نظر گرفته شده سازه سطح عملکردی ایمنی جانی را تامین نمیکند
- 2 - در ساختمانهای متوسط و بلند تشکیل مفاصل و خسارات محتمل از به وجود آمدن طبقه نرم در طبقات میانی به مراتب بیشتر از سایر طبقات است
- 3 - در ساختمانهای بلند به وجود آمدن طبقه نرم در طبقات با توجه به توزیع مفاصل (در بادبندها) دارای حاشیه امنتر نسبت به سایر ساختمانهاست که این مهم در طبقات ابتدایی چشمگیر تر می باشد.

7. مراجع

1. واحد تحقیقات ساختمان مسکن و شهر سازی، (1386)، "راهنما و تفسیر آئین نامه طرح ساختمان در برابر زلزله"، استاندارد 2800، ویرایش سوم.
 2. پژوهشگاه بین المللی زلزله شناسی و مهندسی زلزله، (1387)، "راهنمای کاربردی دستور العمل بهسازی لرزه ای ساختمان های موجود"، دفتر امور فنی و معیارها، سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور، پاییز.
 3. دفتر تدوین و ترویج مقررات ملی ساختمان، (1387)، "طرح و اجرای ساختمان های فولادی"، مبحث دهم مقررات ملی ساختمان ایران.
 4. پژوهشگاه بین المللی زلزله شناسی و مهندسی زلزله، (1385)، "دستور العمل بهسازی لرزه ای ساختمان های موجود"، دفتر امور فنی و معیارها، سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور، دی.
5. ATC-40 Report., (1996), Applied Technology Council, "Seismic Evaluation and Retrofit of Concrete Buildings," Volum 1, Redwood City, California, November.
6. Federal Emergency Management Agency., (1997), "NEHRP Guidelines for the seismic rehabilitation of buildings (FEMA-273)", Washington , D.C.