رویکردهای نوین در مهندسی عمران
ISSN PRINT: 2588-6886 ISSN ONLINE: 2588-7122، دوره سوم، شماره ۱، ۱۳۹۸، صفحه: ۷۰-۸۳

بکار بردن شش روش مقاوم سازی در افزایش سطح عملکرد لرزه‌ای ساختمان پنج طبقه قاب خمشی بتنی

علی خیرالدین*[۱]، عبدا... جعفری[۲]

[۱*] استاد، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه سمنان، سمنان، ایران (kheyrodin@semnan.ac.ir)

[۲] دانشجوی دکتری مهندسی سازه، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه سمنان، سمنان، ایران

(تاریخ دریافت مقاله: ۹۷/۰۹/۳۰، تاریخ پذیرش مقاله: ۹۸/۰۲/۲۵)

چکیده

مساله کاهش آسیب پذیری ساختمان ها و شریان های حیاتی در برابر زلزله را می توان یکی از چالش های دهه اخیر در کشور دانست. در حقیقت امروزه تنها در صورت بروز فجایعی مهیب و ویرانگر همچون زلزله در کلان شهرها می توان ابعاد ارزشمند این مساله را درک کرد. از آنجائیکه اکثر سازه های موجود در کشور ایران در برابر زلزله مقاوم نیستند و بیشتر این سازه ها زلزله مهمی را تجربه نکرده اند نیازمند مقاوم سازی هستند. همچنین اکثر ساختمان های بنا شده در کشورمان به علت ضعف های اجرایی، طراحی و تغییر در آئین نامه های بارگذاری خصوصا استاندارد ۲۸۰۰ ، آسیب پذیر تشخیص داده می شوند. در این تحقیق یک مدل سازه ای بتنی ۵ طبقه با سیستم قاب خمشی، با ویرایش دوم استاندارد ۲۸۰۰ طراحی شده است و تحت ویرایش چهارم استاندارد ۲۸۰۰ مورد ارزیابی قرار گرفته و سطح عملکرد آن بر مبنای دستورالعمل بهسازی لرزه ای محاسبه شده است. با توجه به نتایج، ساختمان ضعیف بوده و با شش روش مقاوم سازی می شود. روش های مقاوم سازی عبارتند از: استفاده از دیوار برشی بتنی، مهاربند هم محور فولادی ،میانقاب بنایی مسلح، مهاربند فولادی کمانش تاب، میراگر ویسکوز و میراگر جرمی. طبق نتایج در مدل های مقاوم سازی شده تغییرمکان بام کاهش یافته و سطح عملکرد به ایمنی جانی رسیده است.

کلمات کلیدی

روش های مقاوم سازی، ساختمان قاب خمشی بتنی، سطح عملکرد لرزه ای، تحلیل استاتیکی غیرخطی، تحلیل دینامیکی غیرخطی.

Archive of SID
www.SID.ir

رویکردهای نوین در مهندسی عمران
ISSN PRINT: 2588-6886 ISSN ONLINE: 2588-7122، دوره سوم، شماره ۱، ۱۳۹۸، صفحه: ۷۰-۸۳

Applying Six Retroffiting Methods for Increasing the Seismic Performance Level in Five-Story Flextural Concrete Frame

Ali Kheyrodin [1], Abdollah Jafari [2]*

[1] Professor, Faculty of Civil Engineering, Semnan University, Semnan, Iran (kheyrodin@semnan.ac.ir)*

[2] Ph.D. Candidate, Faculty of Civil Engineering, Semnan University, Semnan, Iran

Archive of SID

(Date of received: 21/12/2018, Date of accepted: 15/05/2019)

ABSTRACT

In last decade, decreasing vulnerability of buildings and life lines due to earthquake is one of the main problem and challenge in Iran. Indeed, when a huge disaster as earthquake happens in metropolitan cities, importance of reducing vulnerability and retrofitting subject bolded. Whereas, most of structures and buildings in Iran are vulnerable and have not evaluated versus major earthquakes, it is necessary that retrofit operations to be performed. Also, majority of constructed buildings in Iran in terms of defect in performance, design and changes in loading codes, especially in Code No.2800 are detected vulnerable. In this research, a five-story reinforced concrete structure with flexural frame according to Code No.2800-Ver.2 designed and with applying Code No.2800-Ver.4 evaluated and performance level based on seismic rehabilitation guidelines calculated. Results showed that structure is weak and with using six method retrofitted. Reinforcement methods are: concrete shear wall, steel centrically brace, reinforced masonry infilled frame, steel buckling restrained brace, viscous damper, and mass damper. Obtained outcomes illustrated that in retrofitted models drift value of roof decreased and performance level closed to safety structural reliability.

Keywords:

Retroffiting methods, Flextural concrete frame, Seismic performace level, Non linear statical analysis, Non linear dynamical analysis.

www.SID.ir

رویکردهای نوین در مهندسی عمران
ISSN PRINT: 2588-6886 ISSN ONLINE: 2588-7122، دوره سوم، شماره ۱، ۱۳۹۸، صفحه: ۷۰-۸۳

۱- مقدمه

در سال‌های اخیر تحقیقات گسترده‌ای درخصوص مهندسی زلزله صورت گرفته و آئین نامه‌ها و دستورالعمل‌هایی در این رابطه تدوین شده است. به مرور زمان اشکالات آئین نامه‌ها و دستورالعمل‌ها برطرف گردیده، و روش‌های گوناگونی در خصوص بهسازی لرزه‌ای به معیار این آئین نامه‌ها افزوده شده است. ساختمان‌های بسیاری وجود دارند که به سبب استفاده از آئین نامه‌های قدیمی یا اشتباه در محاسبات، احتیاج به بهسازی لرزه‌ای دارند. از این رو مهندسان همیشه علاوه بر طراحی و ساخت ساختمان های جدید، توجه بسیاری به امر بهسازی لرزه‌ای و تعمیر ساختمان‌های آسیب دیده و ابداع روش‌های آسانتر و موثرتر برای اینکار دارند. در اثر وقوع زلزله های شدید خسارت های قابل توجهی به سبب رفتار غیرالاستیک سازه ها به آنها وارد می‌شود، چرا که بعد از محدوده الاستیک تغییرات مقاومت ناچیز بوده و تغییر شکل‌های خمیری که ارتباط نزدیکتری با خسارت دارند، حاکم می‌شوند. در روش طراحی بر اساس عملکرد، چون عملکرد غیرخطی اجزای سازه مورد بررسی قرار می‌گیرد، رفتار واقعی‌تری از سازه ها به دست می‌آید. در روش طراحی براساس عملکرد دو اصل مهم اهداف عملکردی و روش های ارزیابی همواره مدنظر است. از جمله تحقیقات صورت گرفته در امر بهسازی لرزه‌ای می‌توان به ارزیابی عملکرد لرزه‌ای ساختمان‌های بتنی قاب خمشی [۱]، مقاوم سازی توسط افزودن میانقاب ها و FRP [۲]، مقایسه مقاوم سازی توسط افزودن دیوار برشی و میانقاب [۳-۴]، مقاوم سازی ساختمان‌های بتنی توسط افزودن مهاربند فولادی [۵] و بررسی مقاوم سازی ساختمانهای بتنی توسط افزودن مهاربندهای فولادی ضربدری و زانویی [۶-۷] اشاره کرد .

در خصوص ساختمانهای بتن مسلح، روشهای گوناگونی برای بهسازی وجود دارد. کاربرد هر روش متفاوت بوده و قابلیت استفاده از آن درموارد خاص خود می‌باشد. بهسازی می‌تواند بصورت محلی و یا عمومی بر روی اعضای ساختمان اجرا گردد. از روش‌های رایج بهسازی لرزه‌ای بصورت محلی می توان به استفاده از ورق‌های فولادی که معمولاً توسط چسب‌های قوی اپوکسی به سطح عضو بتنی چسبانیده می‌شوند، اشاره نمود. همچنین استفاده از ورقهای FRP برای این منظور اخیراً رواج بسیاری یافته است. از روشهای دیگر تقویت محلی اعضا می توان به استفاده از غلافهای بتن مسلح اشاره نمود. همچنین بهسازی می تواند بصورت عمومی بر روی کل ساختمان و قسمتهایی از آن با استفاده از سیستمهای برشگیر مانند: دیوارهای برشی بتنی، آجری، فولادی و یا قابها و مهاربندهای فولادی اجرا گردد. درمورد مهاربندهای فولادی، مهاربند می‌تواند هم بصورت خارج از صفحه قاب (مهاربند خارجی) و هم بصورت منفرد در داخل قابهای بتنی (مهاربند داخلی) اجرا گردند. انتخاب روش و یا روشهای مورد نظر برای تقویت ساختمانهای بتن مسلح و یا اعضای آن به عوامل متعددی بستگی دارد [۸]. ازجمله این عوامل می توان به میزان افزایش مقاومت، وضعیت ساختمان و اعضای آن و ملاحظات اقتصادی اشاره کرد. روشهای زیادی برای مقاوم سازی ارائه شده اند که در اینجا به مهمترین آنها اشاره می‌گردد: ۱- افزودن مهاربندهای هم محور یا برون محور فولادی، ۲- افزودن دیوار برشی بتنی یا فولادی، ۳- افزودن میانقاب با مصالح بنایی، ۴- استفاده از پوشش و غلاف فولادی، ۵- استفاده از لایه پوشش بتنی با ملات مسلح (زره پوش بتنی)، ۶- استفاده از ورقهای پوششی یا غلاف FRP، ۷- ستفاده از جداگرهای پایه و پی‌های لغزشی، ۸- استفاده از میراگرهای اصطکاکی، هیسترزیس و ویسکوالاستیک، ۹- سبک سازی و کاهش وزن ساختمان، ۱۰- افزودن قابهای پیرامونی، ۱۱- استفاده از کابلهای پستنیده و استفاده از باز توزیع نیروها، ۱۲- محدود نمودن در استفاده از سازه یا تغییر کاربری آن، ۱۳- استفاده از روش های ترکیبی فوق. در این تحقیق، هدف اصلی بررسی روشهای مختلف مقاوم سازی لرزهای ساختمان های بتنی با سیستم لرزه ای قاب خمشی متوسط می باشد. روشهایی که برای مقاوم سازی مورد استفاده قرار گرفته اند عبارتند از: استفاده از دیوار برشی بتنی، مهاربند هم محور فولادی، میانقاب بنایی مسلح، مهاربند فولادی کمانش تاب، میراگر ویسکوز و میراگر جرمی.

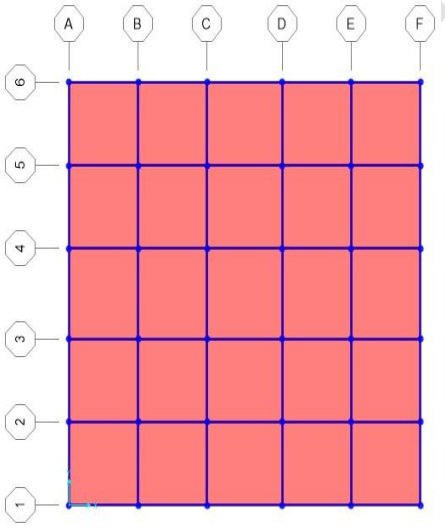
Archive of SID
www.SID.ir

رویکردهای نوین در مهندسی عمران
ISSN PRINT: 2588-6886 ISSN ONLINE: 2588-7122، دوره سوم، شماره ۱، ۱۳۹۸، صفحه: ۷۰-۸۳

گامهای تحقیق عبارتند از: ۱- طراحی یک ساختمان بتنی ۵ طبقه با سیستم قاب خمشی، بر اساس ویرایش دوم استاندارد ۲۸۰۰ در نرم افزار SAP 2000 [۹]، ۲- ارزیابی عملکرد لرزه ای مدل بر اساس ویرایش چهارم استاندارد ۲۸۰۰ و دستورالعمل بهسازی لرزه ای نشریه ۳۶۰ [۱۰-۱۱]، ۳- ایجاد مدلهای مقاوم سازی شده با استفاده از روشهای فوق در نرم افزار SAP 2000 ۴- انجام تحلیل استاتیکی غیرخطی و تحلیل دینامیکی غیرخطی بر روی مدلها و ارزیابی مجدد مدل‌های مقاوم سازی شده.

۲- روش تحقیق و مدل‌سازی

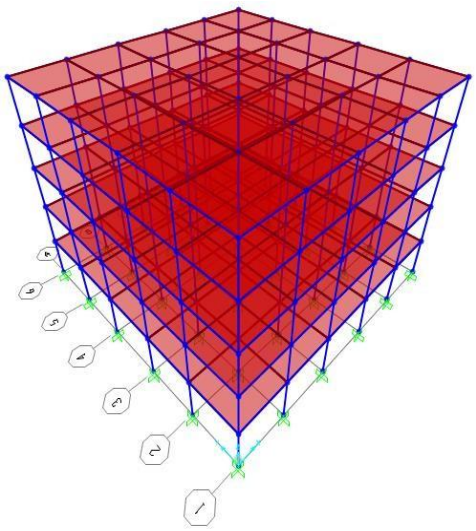
در این تحقیق یک ساختمان بتنی ۵ طبقه با سیستم قاب خمشی، براساس زلزله طرح ویرایش دوم استاندارد ۲۸۰۰ طراحی شده است [۹]. سپس توسط ویرایش چهارم استاندارد ۲۸۰۰ و دستورالعمل بهسازی لرزه ای نشریه ۳۶۰ مورد بررسی قرار گرفته است [۱۱]. نوع کاربری ساختمان، مسکونی و با اهمیت متوسط فرض گردیده است. براساس استاندارد ۲۸۰۰، این ساختمان در منطقه با خطر لرزه‌ای زیاد و خاک نوع ۲ در نظر گرفته شده است. ارتفاع طبقات ۴ متر در نظر گرفته شده است و طول دهانه ها و فاصله قاب ها از هم ۵ متر می باشد. بارگذاری ثقلی، مطابق با مبحث ششم مقررات ملی ساختمان، صورت گرفته است که در جدول(۱) آورده شده است. پلان مدل و تصویر سه بعدی آن در شکل های(۱) و (۲) آورده شده است. همچنین در ادامه شش روش مقاوم سازی استفاده شده به طور کامل شرح داده شده است .در جدول(۲) مقاطع تیرها و ستون های بدست آمده از طراحی (با ضریب زلزله ۰/۰۹۴) نشان داده شده است.



شکل ۱: پلان مدل ساختمانی.

www.SID.ir

رویکردهای نوین در مهندسی عمران
ISSN PRINT: 2588-6886 ISSN ONLINE: 2588-7122، دوره سوم، شماره ۱، ۱۳۹۸، صفحه: ۷۰-۸۳



شکل ۲: تصویر سه بعدی مدل ۵ طبقه.

جدول ۱: مقادیر بارهای ثقلی مدل های ساختمانی.

بار مرده	۶۰۰ kg/m^2
بار زنده	۲۰۰ kg/m^2
بار تیغه بندی داخلی	۱۰۰ kg/m^2
بار دیوار پیرامونی	۹۰۰ kg/m
بار جانپناه بام	۳۰۰ kg/m

جدول ۲: مقاطع تیرها و ستون های ساختمان ۵ طبقه.

مقاطع تیرها				
طبقه اول	طبقه دوم	طبقه سوم	طبقه چهارم	طبقه پنجم
۴۰×۵۰	۴۰×۴۵	۴۰×۴۵	۴۰×۴۰	۳۵×۳۵
مقاطع ستون ها				
طبقه اول	طبقه دوم	طبقه سوم	طبقه چهارم	طبقه پنجم
۵۰×۵۰-۲۴ϕ۲۰	۴۵×۴۵-۲۰ϕ۲۰	۴۵×۴۵-۱۶ϕ۱۶	۴۰×۴۰-۱۶ϕ۱۶	۳۵×۳۵-۱۲ϕ۱۶

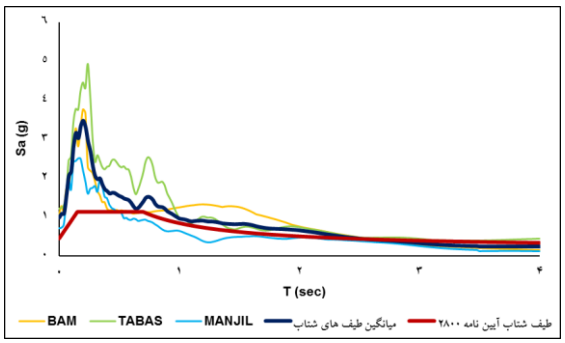
۳- تحلیل‌های خطی و غیر خطی

در این بخش از تحلیل های استاتیکی و دینامیکی غیرخطی برای ارزیابی مدل های ساختمانی استفاده شده است. برای تحلیل استاتیکی غیرخطی از دستورالعمل بهسازی لرزه ای استفاده گردیده و برای تحلیل دینامیکی غیرخطی از سه زلزله نزدیک گسل معروف ایران به نامهای بم، طبس و منجیل استفاده شده است. برای همپایه کردن زلزله ها، مطالب آورده شده در ویرایش چهارم

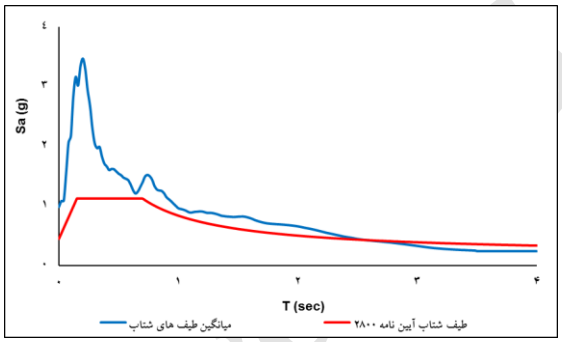
Archive of SID
www.SID.ir

رویکردهای نوین در مهندسی عمران
ISSN PRINT: 2588-6886 ISSN ONLINE: 2588-7122، دوره سوم، شماره ۱، ۱۳۹۸، صفحه: ۷۰-۸۳

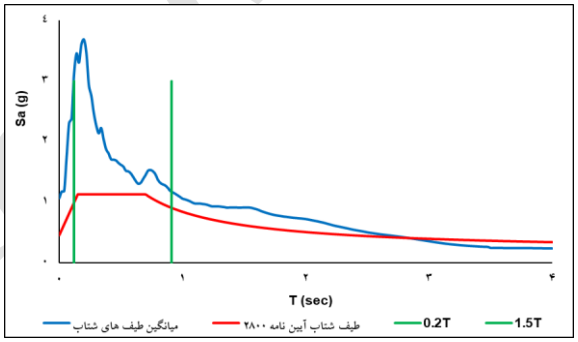
استاندارد ۲۸۰۰ بکار گرفته شده است. در نمودارهای شکلهای(۳) تا (۵) مراحل مقیاس کردن زلزله ها نشان داده شده است .همچنین برای تحلیل استاتیکی غیرخطی توزیع بارهای نوع اول و دوم با ضریب زلزله معادل ۰/۲۹ بکار گرفته شده است .



شکل ۳: طیف های سه زلزله و ۱/۳ برابر طیف ۲۸۰۰.



شکل ۴: میانگین طیف های سه زلزله و ۱/۳ برابر طیف ۲۸۰۰.

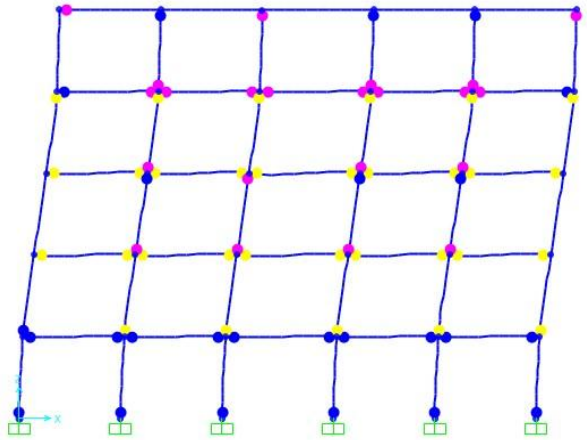


شکل ۵: همپایه کردن زلزله ها برای ساختمان ۵ طبقه.

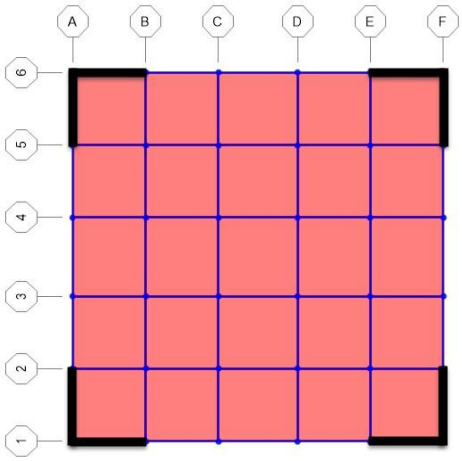
همانطور که در شکل(۶) ملاحظه می شود، بعد از انجام تحلیل غیرخطی مشخص شد ساختمان ۵ طبقه بتنی طراحی شده با ویرایش دوم استاندارد ۲۸۰۰، سطح عملکرد ایمنی جانی را ندارد و تغییرمکان بام آن مقدار ۱۷ سانتی متر می باشد .در شکل(۴) محل قرار گرفتن طرح های مقاوم سازی در پلان ساختمان نشان داده شده است .همچنین در جدول ۳ ضرایب همپایه کردن زلزلهها آورده شده است .

www.SID.ir

رویکردهای نوین در مهندسی عمران
ISSN PRINT: 2588-6886 ISSN ONLINE: 2588-7122، دوره سوم، شماره ۱، ۱۳۹۸، صفحه: ۷۰-۸۳



شکل ۶: سطح عملکرد لرزه ای ساختمان بتنی ۵ طبقه.



شکل ۷: محل قرارگیری طرح های مقاوم سازی در پلان.

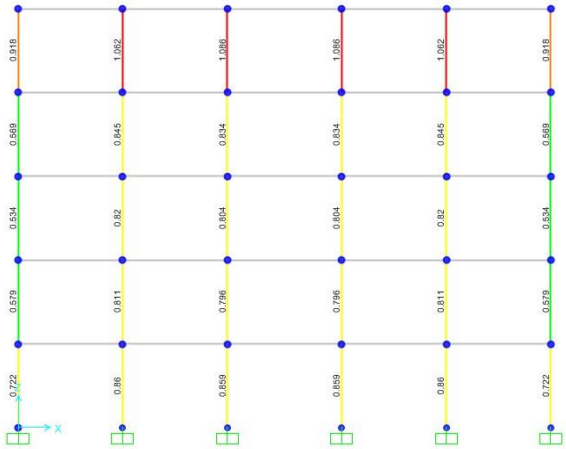
جدول ۳: ضرایب همپایه کردن رکوردهای زلزله برای ساختمان 5 طبقه

تعداد طبقات	Bam	Tabas	Manjil
ساختمان ۵ طبقه	۱/۳۴	۱/۱۸	۱/۶۲

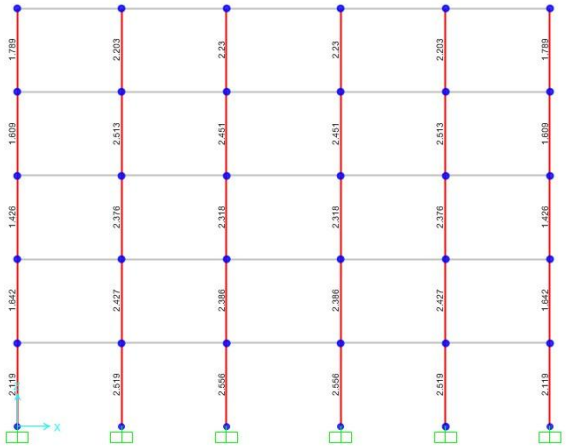
در شکل(۸) نسبت تنش اعضا طراحی شده بر مبنای زلزله ویرایش دوم استاندارد ۲۸۰۰ نشان داده شده و در شکل(۹) تنش اعضا تحت ویرایش چهارم استاندارد ۲۸۰۰ بررسی شده است. همانطور که انتظار می رود در شکل(۹) نسبت تنش بسیار بالایی را داریم که لزوم نیاز به مقاوم سازی دیده می شود. همچنین در جدول(۴) مقاطع مورد نیاز تیرها و ستون ها برای تامین سطح خطر ایمنی جانی بر مبنای زلزله ویرایش چهارم استاندارد ۲۸۰۰ آورده شده است [۱۰].

www.SID.ir

رویکردهای نوین در مهندسی عمران
ISSN PRINT: 2588-6886 ISSN ONLINE: 2588-7122، دوره سوم، شماره ۱، ۱۳۹۸، صفحه: ۷۰-۸۳



شکل ۸: نسبت تنش اعضا در ویرایش دوم استاندارد ۲۸۰۰.



شکل ۹: نسبت تنش اعضاء در ویرایش چهارم استاندارد ۲۸۰۰.

جدول ۴: مقاطع مورد نیاز تیرها و ستون های ساختمان ۵ طبقه در زلزله ویرایش چهارم استاندارد ۲۸۰۰.

مقاطع تیرها				
طبقه اول	طبقه دوم	طبقه سوم	طبقه چهارم	طبقه پنجم
۵۰×۵۵	۵۰×۵۰	۵۰×۵۰	۴۵×۴۵	۴۰×۴۰
مقاطع ستون ها				
طبقه اول	طبقه دوم	طبقه سوم	طبقه چهارم	طبقه پنجم
۵۵×۵۵-۲۸ϕ۲۰	۵۰×۵۰-۲۴ϕ۲۰	۵۰×۵۰-۲۰ϕ۲۰	۴۵×۴۵-۲۰ϕ۲۰	۴۰×۴۰-۱۶ϕ۲۰

www.SID.ir

رویکردهای نوین در مهندسی عمران
ISSN PRINT: 2588-6886 ISSN ONLINE: 2588-7122، دوره سوم، شماره ۱، ۱۳۹۸، صفحه: ۷۰-۸۳

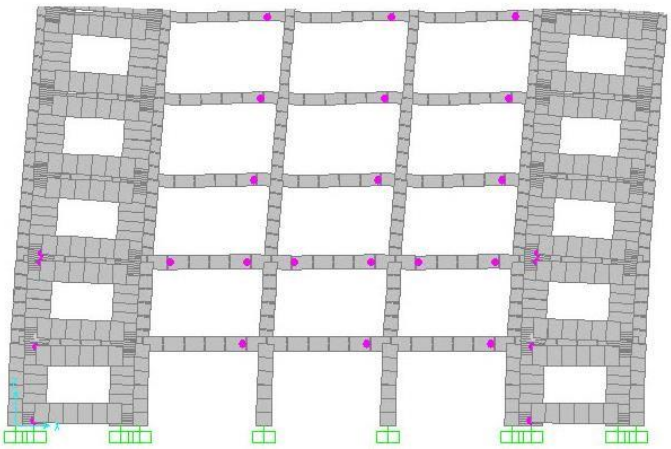
۴- طرح‌های مقاوم سازی

۴-۱- دیوار برشی بتنی

بعنوان اولین روش برای مقاوم سازی ساختمان مورد بررسی، دیوار برشی بازشودار به دهانه های مشخص شده در قسمت قبل اضافه شده. مقاطع دیوار برشی استفاده شده در جدول(۵) نشان داده شده است .همچنین در شکل(۱۰) سطح عملکرد ساختمان بعد از مقاوم سازی نشان داده شده است. با این روش تغییرمکان بام ساختمان ۱۰ سانتی متر بدست آمده است.

جدول ۵ : مقاطع دیوار برشی بتنی.

طبقه اول	طبقه دوم	طبقه سوم	طبقه چهارم	طبقه پنجم
۲۰@ϕ۲۰-ضخامت ۳۰	۲۰@ϕ۲۰-ضخامت ۳۰	۲۵@ϕ۱۶-ضخامت۲۵	۲۵@ϕ۱۶-ضخامت۲۵	۳۰@ϕ۱۲-ضخامت ۲۰



شکل ۱۰: سطح عملکرد ساختمان بعد از مقاوم سازی توسط دیوار برشی بتنی.

۴-۲- مهاربند هم محور فولادی

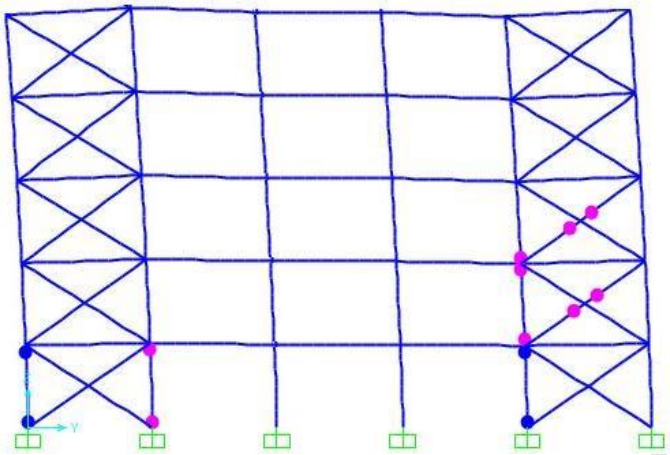
برای دومین روش مقاوم سازی ساختمان مورد بررسی، از مهاربند هم محور فولادی در دهانه های مشخص شده استفاده شده است. مقاطع مهاربند فولادی هم محور در جدول(۶)نشان داده شده است. همچنین در شکل(۱۱) سطح عملکرد ساختمان بعد از مقاوم سازی آورده شده است. با این روش تغییرمکان بام ساختمان ۱۱/۵ سانتی متر بدست آمده است.

جدول ۶: مقاطع مهاربند هم محور فولادی.

طبقه اول	طبقه دوم	طبقه سوم	طبقه چهارم	طبقه پنجم
۲UNP ۲۰۰×۲۰۰×۱۰	۲UNP ۲۰۰×۲۰۰×۱۰	۲UNP ۱۶۰×۱۶۰×۱۰	۲UNP ۱۶۰×۱۶۰×۱۰	۲UNP ۱۲۰×۱۲۰×۸

Archive of SID
www.SID.ir

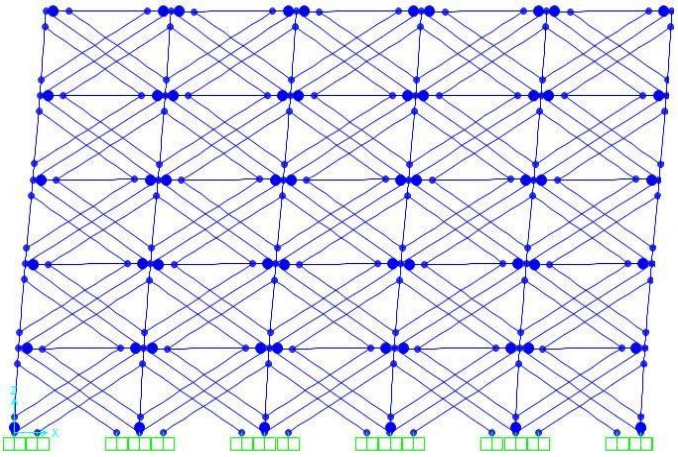
رویکردهای نوین در مهندسی عمران
ISSN PRINT: 2588-6886 ISSN ONLINE: 2588-7122، دوره سوم، شماره ۱، ۱۳۹۸، صفحه: ۷۰-۸۳



شکل ۱۱: سطح عملکرد ساختمان بعد از مقاوم سازی توسط مهاربند هم محور فولادی.

۴-۳- میانقاب بنایی مسلح

روش بعدی مقام سازی استفاده از میانقاب بنایی مسلح می باشد که در دهانه های مشخص شده قرار داده شده است. برای اینکار از میانقاب های بنایی با ضخامت ۳۰ سانتی متر که با میلگردهای به قطر ۱۲ میلیمتر به فاصله ۲۰ سانتیمتر مسلح شده اند، استفاده گردیده که به صورت سه دستکی مدل شده اند. در شکل(۱۲) سطح عملکرد ساختمان بعد از مقاوم سازی آورده شده است. با این روش تغییرمکان بام ساختمان ۱۴ سانتی متر بدست آمده است.



شکل ۱۲: سطح عملکرد ساختمان بعد از مقاوم سازی توسط میانقاب بنایی مسلح.

www.SID.ir

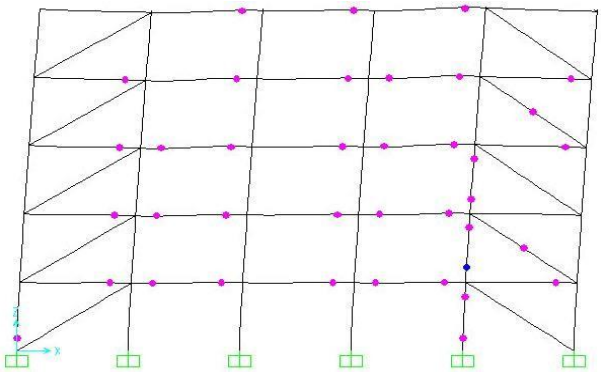
رویکردهای نوین در مهندسی عمران
ISSN PRINT: 2588-6886 ISSN ONLINE: 2588-7122، دوره سوم، شماره ۱، ۱۳۹۸، صفحه: ۷۰-۸۳

۴-۴- مهاربند کمانش تاب فولادی

در چهارمین روش مقاوم سازی از مهاربندهای فولادی کمانش تاب شرکت Star-BRB استفاده شده است. مقاطع مهاربندهای فولادی کمانش تاب در جدول(۷) نشان داده شده است. همچنین در شکل(۱۳) سطح عملکرد ساختمان بعد از مقاوم سازی نشان داده شده است. با این روش تغییرمکان بام ساختمان به ۷ سانتی متر کاهش یافته است.

جدول ۷: مقاطع مهاربند فولادی کمانش تاب.

طبقه اول	طبقه دوم	طبقه سوم	طبقه چهارم	طبقه پنجم
StarBRB-30	StarBRB-30	StarBRB-25	StarBRB-25	StarBRB-20



شکل ۱۳: سطح عملکرد ساختمان بعد از مقاوم سازی توسط مهاربند فولادی کمانش تاب.

۴-۵- میراگر ویسکوز

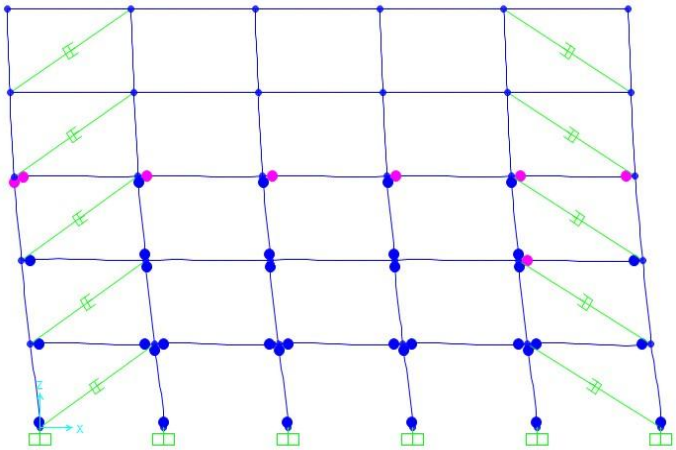
بعنوان پنجمین روش مقاوم سازی از میراگر ویسکوز استفاده گردیده. برای طراحی میراگر ویسکوز از آیین نامه بارگذاری لرزه ای آمریکا استفاده شده است [۱۲]. در شکل (۱۳) سطح عملکرد ساختمان بعد از مقاوم سازی نشان داده شده. با این روش تغییرمکان بام ساختمان به ۵,۶ سانتی متر کاهش یافته است. در جدول(۸) مشخصات طراحی میراگر ویسکوز آورده شده است.

جدول ۸: مشخصات طراحی میراگر ویسکوز.

جرم لرزهای طبقه m	۱۲۰۰۰۰۰
دوره تناوب تحلیلی مود اول T	۰/۸۷
کسینوس زاویه میراگر با افق Cos θ	۰/۸۴۲۳
نسبت میرایی میراگر ζ_d	۰/۱۵
تعداد میراگر نصب شده در هر طبقه n	۴
ضریب میرایی میراگر C	۸۸۶۸۲۲۴
سختی میراگر K	۶۲۶۰۵۶۷۵۹۰۸
مجموع حاصلضرب جرم لرزه ای در مجذور تغییرمکان طبقات $\Sigma m\times(\Delta)^2$	۲۵۰۴۱۳۲/۲۳
مجموع مجذور حاصلضرب دریفت طبقات در کسینوس زاویه میراگر با افق	۰/۱۴۹۵۰۶۱۰۲

Archive of SID
www.SID.ir

رویکردهای نوین در مهندسی عمران
ISSN PRINT: 2588-6886 ISSN ONLINE: 2588-7122، دوره سوم، شماره ۱، ۱۳۹۸، صفحه: ۷۰-۸۳



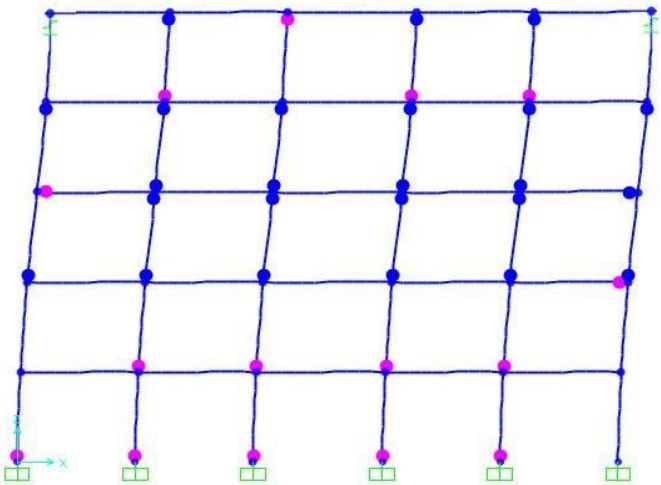
شکل ۱۳: سطح عملکرد ساختمان بعد از مقاوم سازی توسط میراگر ویسکوز.

۴-۶- میراگر جرمی

در روش بعدی مقاوم سازی از میراگر های جرمی قرار گرفته در چهار کنج طبقه بام ساختمان به تعداد مجموعه چهار عدد استفاده شد. در شکل(۱۴) سطح عملکرد ساختمان بعد از مقاوم سازی نشان داده شده است. با این روش تغییرمکان بام ساختمان به ۸ سانتی متر کاهش یافته است. همچنین در جدول(۹) مشخصات طراحی میراگر جرمی آورده شده است. برای طراحی میراگر ویسکوز از آیین نامه بارگذاری لرزه ای آمریکا استفاده شده است [۱۲].

جدول ۹: مشخصات طراحی میراگر جرمی.

تعداد طبقات	ζ_d-TMD	μ-TMD	m-TMD (kg)	k-TMD	c-TMD
ساختمان ۵ طبقه	٪ ۲۰	٪۱	۵۰۰۰۰	۲۰۰۰۰۰۰	۱۵۰۰۰۰



شکل ۱۴: سطح عملکرد ساختمان بعد از مقاوم سازی توسط میراگر جرمی.

Archive of SID
www.SID.ir

در جدول(۱۰) خلاصه نتایج روش های استفاده شده برای مقاوم سازی ساختمان بتنی ۵ طبقه از نظر کاهش در تغییرمکان بام آورده شده است. همانطور که مشاهده می شود، میراگر ویسکوز بهترین عملکرد را دارا می باشد.

جدول ۱۰: مقایسه تغییرمکان بام همه روش های مقاوم سازی.

روش مقاوم سازی	تغییرمکان بام	درصد کاهش
مدل اولیه	۱۷	-
دیوار برشی بتنی	۱۰	۷۰ درصد
مهاربند هم محور فولادی	۱۱/۵	۴۸ درصد
میانقاب بنایی مسلح	۱۴	۲۱ درصد
مهاربند کمانش فولادی کمانش تاب	۷	۲۴۳ درصد
میراگر ویسکوز	۶/۵	۲۶۲ درصد
میراگر جرمی	۸	۲۱۲ درصد

۵- جمع بندی و نتیجه گیری

با بررسی شش روش مقاوم سازی استفاده شده برای افزایش و بهبود سطح عملکرد لرزه ای ساختمان بتنی ۵ طبقه به نتایج زیر بدست آمده است:

الف- تمامی روشهای استفاده شده توانستند سطح عملکرد ساختمان را به سطح ایمنی جانی افزایش داده تا سازه بتواند در زلزلههای با شتاب بیشینه ۰/۳ g (سطح خطر زیاد) ایمن بماند .

ب- روش های مقاوم سازی توسط افزودن میراگر ویسکوز و مهاربند فولادی کمانش تاب، بهترین عملکرد را دارا می باشند و توانستند تا ۲,۵ برابر از تغییرمکان بام کم کنند .

ج- از لحاظ راحتی اجرا و هزینه های انجام مقاوم سازی، روش های دیوار برشی بتنی و مهاربند هم محور فولادی از کاربری بیشتری برخوردارند که توانستند مقدار قابل توجهی از تغییرمکان بام را کاهش دهند و به دلیل مزایای ذکر شده، نسبت به روش های کنترل لرزه ای، از کاربری بیشتری برخوردارند.

۶- مراجع

[۱]- خیرالدین، ع.، ۱۳۹۷، **مقاوم سازی سازه های بتن آرمه به کمک ورق و پروفیل فولادی و کامپوزیت های FRP**، کتاب، دانشگاه سمنان.

[2]- Sadjadi, R. and Kianoush, M., 2007, **Seismic performance of reinforced concerete moment resisting frames**. International Journal of Earthquake Engineering and Structural Dynamics, 132, 1, 46-53.

[3]- Sokkary, E., and Galal, K., 2009, **Analytical investigation of the seismic performance of RC frames rehabilitated using different rehabilitation techniques**. International Journal of Earthquake Engineering, 25, 4, 408-415.

Archive of SID
www.SID.ir

[4]-Warburton, G. B., 1992, **Optimum absorber parameters for various combinations of response and excitation parameters**, Journal of Earthquake Engineering and Structural Dynamics, 10, 3, 381-401.

[6]- Mahmoudi, R. and Ghaffarzadeh, H., 2008, **Connection overstrength in steel-braced RC frames**, International Journal of Engineering Structures, 26, 6, 617-636.

[7]- Maheri, M., and Kousari, R., 2003, **Poushover tests on steel x-braced and knee-braced RC frames**, International Journal of Earthquake Engineering, 10, 10, 833-854.

[8]-Erdem, I., and Akyuz, U., 2006, **An experimental study on two different strengthening techniques for RC frames**, International Journal of Engineering Structures, 22, 3, 381-401.

[9]-ASCE 41-13, Seismic Evaluation and Retrofit of Existing Buildings, American Society of Civil Engineers.

[۹]-آیین نامه طراحی ساختمانها در برابر زلزله(استاندارد ۲۸۰۰)،۱۳۷۸، ویرایش دوم، مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن، وزارت مسکن و شهرسازی.

[۱۰]-آیین نامه طراحی ساختمانها در برابر زلزله(استاندارد ۲۸۰۰)، ۱۳۹۲، ویرایش چهارم، مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن، وزارت مسکن و شهرسازی.

[۱۱]- پژوهشگاه بین المللی زلزله شناسی و مهندسی زلزله ،۱۳۹۲، **دستورالعمل بهسازی لرزه ای ساختمان های موجود**، نشریه شماره ۳۶۰، ویرایش اول، سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور، تهران.

[12]-NEHRP, 2014, **Recommended provisions for seismic regulations for new buildings and other structures**, Federal Emergency Management Agency, Washington, D.C.

Archive of SID

www.SID.ir