بهسازی لرزه‌ای سازه آموزشی با در نظرگیری تاثیر رفتار غیر خطی

حمیدرضا عزیزی پسته بگلو
استادیار، گروه مهندسی عمران، موسسه آموزش عالی غیرانتفاعی- غیردولتی رشدیه ، تبریز، ایران
dr.h.azizi@roshdiyeh.ac.ir
نگار صالحی علمداری
استادیار، گروه مهندسی عمران، موسسه آموزش عالی غیرانتفاعی- غیردولتی رشدیه ، تبریز، ایران
Salehi.ngr@gmail.com

چکیده

روشهای معمول طراحی لرزه ای ساختمان های بتنی که در دستورالعمل های مختلف ارایه شده است، به ساخت ساختمان هایی با ایمنی قابل قبول کمک می نماید. با این حال، این روش ها ممکن است منجر به ساخت وساز پرهزینه شوند. در زلزله‌های شدید، بیشتر سازه‌های موجود رفتار غیرخطی خواهند داشت. در حال حاضر، جامعه مهندسی بر روی رویکرد طراحی در حال توسعه ای به نام طراحی لرزه ای مبتنی بر عملکرد تمرکز کرده است. در این مقاله یک طرح بهسازی لرزه‌ای ساختمانی با اسکلت فلزی و کاربری آموزشی دارای پنج سقف سازه‌ای با استفاده از تحلیل غیرخطی و سیستم با شکل پذیری بالا ارایه شده و با طرحی با استفاده از تحلیل خطی و سیستم با صلبیت بالا مقایسه گردید. نتایج نشان می‌دهند که در سیستم با شکل پذیری بالا ستون‌ها و مهاربندها قبل از رسیدن به تغییرمکان هدف، دچار خرابی می گردد و نیاز به افزایش سختی سازه وجود دارد. به علاوه در طرح بهسازی با استفاده از تحلیل خطی و سیستم با صلبیت بالا تحت بارهای ثقلی، ضعف چندانی در تیرها و ستونها موجود نمی‌باشد و مقاومت و سختی سازه تامین می گردد.

واژه‌های کلیدی: بهسازی لرزه ای،تحلیل غیر خطی، تحلیل خطی، تحلیل بار افزون.

www.SID.ir

۱- مقدمه

رو شهای معمول طراحی لرزه ای ساختمان های بتن مسلح که در کدها و دستورالعمل های مختلف ارایه شده است، به ساخت ساختمان هایی با ایمنی قابل قبول کمک می نماید. با این حال، این روش ها ممکن است منجر به ساخت وساز ناکارآمد و پرهزینه شوند. در زلزله‌های شدید، بیشتر سازه‌های موجود رفتار غیرخطی خواهند داشت. پس از شروع رفتار غیرخطی، تسلیم از تارهای اولیه گسترش پیدا کرده و در سطح مقطع توسعه خواهد یافت. مفصل پلاستیک در اولین مقطعی که در آن کل مقطع به تنش تسلیم رسیده باشد، تشکیل خواهد شد. با گسترش نواحی بحرانی سازه می‌تواند دچار تخریب شود. در آیین نامه‌های طراحی، استفاده از تحلیل‌های خطی برای سازه‌های بلند و نامنظم فرض رفتار خطی مجاز نمی باشد. با این وجود به علت دشواری انجام تحلیل های غیرخطی، طراحان عموما با تغییر مشخصات المان‌های سازه‌ای و افزودن سختی این المان‌ها، شکل پذیری و پریود ا سا سی سازه را به نحوی تغییر می دهند که انجام تحلیل خطی در آنها مجاز باشد.

در حال حاضر، جامعه مهندسی بر روی رویکرد طراحی در حال توسعه ای به نام طراحی لرزه ای مبتنی بر عملکرد (*PBSD*) تمرکز کرده است. مطالعات متعددی در جهت توسعه روش های مبتنی بر عملکرد انجام شده اند و منجر به ارایه دستورالعملهلی راهنما در این زمینه گردیده اند (*FEMA 273,1996; FEMA 356,2000; FEMA 440,2005; FEMA 445 ,2006 ; ASCE41,2006*)

نشریه ۳۶۰ ایران به ارائه رویکردهایی بر ای ارزیابی آسیب پذیری اجزا و قسمتهای مختلف سازه ای پرداخته است. اصول کلی ضوابط دستورالعمل بهسازی لرزه ای، طراحی بر مبنای عملکرد است (دستورالعمل بهسازی لرزه ای ساختمان های موجود،۱۳۸۵).

تمامی روش های مبتنی بر عملکرد بر اساس مبانی مشترکی می باشند: (۱) تعریف سطح عملکرد مرتبط با یک خطر لرزه ای مشخص، (۲) تخمین نیازهای لرزه ای در سیستم و اجزای آن از طریق تحلیل سازه ای دقیق(ترجیحا غیرخطی، (۳) ارز یابی برای تأیید براورده شدن ا هداف عملکرد. طراحی سازه براساس سطح عملکردی آن، امکان طراحی و ساخت سازه ها را با درک صحیحی از تلفات (شامل خسارات فیزیکی و اقتصادی) مقدور می نماید(*Ghobarah, 2001*). از جمله مهمترین اهداف طراحی سازه بر اساس عملکرد، اجتناب از افزایش زیاد سختی سازه می‌باشد. بنابراین ضروری است تا از ظرفیت شکل پذیری مقاطع به صورت کامل استفاده گردیده و طراحی با درنظرگیری رفتار غیر خطی اجزا باشد.

ابو ال از با بررسی نتایج تحلیل به روشهای دو آیین نامه مختلف و مقایسه آن با نتایج آزمایش میز لرزه نشان داده است که این روشها به تغییرشکلی بزرگتر از تغییرشکل بدست آمده در آزمایشگاه منجر می شوند و روش آیین نامه *FEMA 440* از روش ارائه شده در آیین نامه *ASCE* نتایج نزدیکتری به مشاهدات آزمایشگاهی داشته است (*ABO-EL-EZZ. 2014*). کیوانی به ارزیابی رویکردهای مبتنی بر عملکرد بر اساس *FEMA356* که برای ارزیابی آسیب پذیری ساختمان های موجود استفاده می شود و مقایسه آن با سایر روشها پرداخت . *FEMA 356* شامل چهار روش تحلیل ا ست که عبارتند از تحلیل ا ستاتیکی/دینامیکی خطی و غیرخطی. *UBC 97* شامل دو روش تحلیل استاتیکی/دینامیکی خطی می باشد. در این مطالعه، آسیب

www.SID.ir

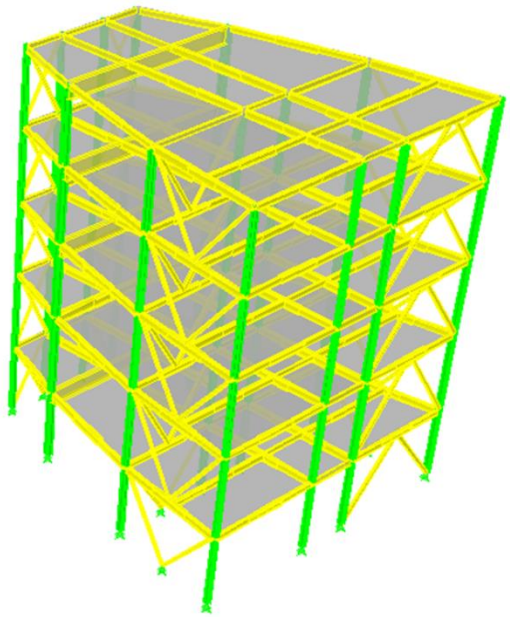
پذیری چندین ساختمان قاب خمشی فولادی ویژه ۱ تا ۲۰ طبقه طراحی شده بر اساس *UBC97* ارزیابی گردید. نتایج نشان داد که برخی از ستون ها الزامات ایمنی جانی را در سطح خطر طراحی برآورده نمی کنند. علاوه بر این جابجایی هدف تخمین زده شده توسط روش ضریب جابجایی بزرگتر از حداکثر جابجایی محاسبه شده توسط تحلیل دینامیکی غیرخطی است (*Keyvani Boroujeni. 2013*).

ضمیرالدین و سانگلی با بررسی چندین سیستم قاب خمشی شامل تعداد طبقات مختلف و نحوه توزیع بار جانبی مختلف (برای تحلیل بار افزون) به مقایسه پاسخ‌های دریافتی پرداخته است. در این بررسی نشان داده شده است که پریود اساسی حاصل از تحلیل طیفی ۱۵ تا ۴۰ درصد بیش از مقدار حاصل از استاندارد *IS* (*IS1893, 2016*) است. بنابراین نتایج طراحی برا ساس تحلیل طیفی از نتایج طراحی به روش آیین نامه ذکر شده محافظه کارانه‌تر خواهد بود. به منظور در نظر گرفتن اثرات بارجانبی زلزله در تحلیل‌های بار افزون آیین نامه‌های مختلف استفاده از چند توزیع بار مختلف را پیشنهاد می‌نمایند تا حد بالا و پایین نتایج بد ست آید. با برر سی‌های انجام شده در این پژوهش دیده می شود که نتایج حاصل از توزیع بار استاندارد ***IS*** حد پایین و نتایج حاصل از توزیع بار یکنواخت حد بالای نتایج را نشان می دهند (*Zameeruddin , sangle,2021*)

در این مقاله یک طرح بهسازی با استفاده از تحلیل غیرخطی و سیستم با شکل پذیری بالا ارایه شده و ستون و مهاربندها ارزیابی و تقویت میگردند. جهت مقایسه یک طرح بهسازی با ا ستفاده از تحلیل خطی و سیستم با صلبیت بالا نیز مورد بررسی قرار می گیرد.

۲- مواد و روش ها

برای بررسی تاثیر تحلیل غیرخطی بر طرح بهسازی لرزه‌ای سازه‌ها ساختمانی با اسکلت فلزی و کاربری آموزشی دارای پنج سقف سازه‌ای ارزیابی شده است. سیستم سقف طبقات تیرچه بلوک می با شد. سیستم باربر جانبی در جهت طولی، قاب ساده ساختمانی به علاوه مهاربند هم‌محور فولادی و همچنین سیستم باربر جانبی در جهت عرضی، قاب ساده ساختمانی همراه با مهاربند هم‌محور فولادی است. مراکز آموزشی مطابق ضوابط استاندارد ۲۸۰۰ در گروه ساختمان‌های با اهمیت زیاد طبقه‌بندی می‌شوند و در حالت کلی هدف بهسازی مطلوب برای آنها پیشنهاد می‌شود. و ضعیت موجود سازه ای در نمای ساختمان، در شکل (۱) نشان داده است.



شکل(۱). نمای کلی مدل سه بعدی ساختمان - شرایط موجود سازه‌ای.

www.SID.ir

فولاد مصرفی در تیرها و ستون‌ها و کلیه اتصالات ST-37 با مقاومت نظیر حد تسلیم ۲۴۰۰ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع می باشد. تنش مجاز خاک در زیر فونداسیون، برای پی گسترده و با محدود کردن نشست به ۳ اینچ، برابر با ۱/۱۸ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع و ضریب واکنش بستر خاک ۰/۳۴ کیلوگرم بر سانتیمتر مکعب در نظر گرفته شده است.

۲-۱-محاسبه ضریب زلزله در تحلیل استاتیکی خطی

بر اساس فصل سوم دستورالعمل بهسازی، برای انتخاب روش تحلیل، موضوع بند ۳-۳ دستورالعمل، انجام یک تحلیل استاتیکی (یا دینامیکی) خطی اولیه ضروری است. در صورت برقراری شرایطی (مندرج در دستورالعمل مذکور) استفاده از تحلیل های خطی مجاز خواهد بود و در غیر این صورت انجام تحلیل‌های غیرخطی ضروری می‌باشد. در ادامه، ضریب زلزله برای انجام تحلیل استاتیکی خطی محاسبه می‌گردد. زمان تناوب اصلی نوسان بر اساس رابطه (۱) تعیین می گردد.

(۱)

$$T = \alpha H^{\frac{3}{4}} = 0.05 \times 20.87^{\frac{3}{4}} = 0.488\ Sec.$$

در روش تحلیل استاتیکی خطی، نیروی جانبی ناشی از زلزله (V) به صورت ضریبی از وزن ساختمان (W) مطابق با رابطه (۲) محاسبه می‌شود:

$$V = C_s W = C_1 C_2 C_m S_a W = 1.177 \times 1 \times 0.9 \times 0.9625 \times W = 1.0196W \qquad (۲)$$

Sa شتاب طیفی به ازای زمان تناوب اصلی T است و به صورت رابطه (۳) تعیین می گردد.

(۳)

$$T = 0.488\ Sec. \rightarrow B1 = 2.75\ , N = 1\ , \quad A = 0.35 \rightarrow Sa = 0.35 \times 1 \times 2.75 = 0.9625$$

$C1$ ضریب تصحیح برای اعمال تغییرمکان‌های غیر ارتجاعی سیستم است و از رابطه (۴) تعیین می گردد.

(۴)

$$C_1 = 1 + \frac{T_s - T}{2T_s - 0.2} = 1 + \frac{0.7 - 0.488}{2 \times 0.7 - 0.2} = 1.177$$

$C2$ اثرات کاهش سختی و مقاومت اعضای سازه‌ای را بر تغییرمکان‌ها به دلیل رفتار چرخشی آنها وارد می کند و مقدار آن برای تحلیل خطی، یک فرض می شود. Cm برای اعمال اثر مودهای بالاتر است و برای قاب فولادی مهاربندی شده با محورهای متقارب یا غیرمتقارب برابر با ۰/۹ می باشد.

پس از براورد بارهای مرده و زنده مطابق با جدول (۱) و (۲)، ترکیبات بارگذاری مطابق نشریه ۳۶۰ انتخاب گردیده‌اند. در روش‌های غیرخطی، نیروهای داخلی اعضا با در نظر گرفتن رفتار غیرخطی آنها برآورد می‌شود. در روش استاتیکی غیرخطی، بار جانبی ناشی از زلزله، استاتیکی و به تدریج به صورت فزاینده به سازه اعمال می شود تا آنجا که تغییرمکان در نقطه کنترل تحت اثر بار جانبی، به مقداری برابر با تغییرمکان هدف برسد و یا سازه فرو بریزد.

www.SID.ir

جدول (۱). براورد بارهای مرده (کیلوگرم بر متر مربع)

بار مرده همکف	۶۸۲
بار مرده طبقه اول	۶۹۶
بار رده طبقه دوم	۶۱۹
بار مرده طبقه سوم	۶۸۲/۵
بار مرده بام و خرپشته	۹۵۴
وزن دیوار با نما	۳۱۴
وزن دیوار زیرزمین	۴۳۶

جدول (۲). براورد بارهای زنده (کیلوگرم بر متر مربع)

آمفی تئاتر	۵۰۰
اداری	۲۵۰
کلاس‌های درس	۲۵۰
پشت‌بام	۱۵۰
برف	۱۲۶
راه‌پله	۵۰۰
راهروی همکف	۵۰۰
راهروی سایر طبقات	۴۰۰
بالکن	۱/۵ برابر بار زنده کف مجاور
سربار تیغه‌بندی	۱۰۰

۳- نتایج و بحث

تحلیل خطی وغیرخطی سازه

۳-۱- طرح بهسازی با استفاده از تحلیل غیرخطی و سیستم با شکل پذیری بالا

در این بخش سیستم سازه‌ای، قاب ساده به همراه مهاربند هم محور فولادی مورد استفاده قرار می گیرد. تعریف مفصل‌های پلاستیک در مهاربندها و ستون‌های مجاور آنها به شرح بندهای ۱۱-۱ و ۱۱-۲ نشریه ۳۶۰ انجام شده است. مفصل پلاستیک در تیرهای محل برخورد مهاربند شورون به شرح بند ۱۱-۳ تعریف می‌شود.

۳-۱-۱- ارزیابی و تقویت تیرها

در قابهای مهاربندی شده، کشش و فشار محوری در مهاربندها باید با رفتار کنترل شونده توسط تغییرشکل در نظر گرفته شوند. در این قابها، تیرها و ستون‌ها کنترل شونده توسط نیرو می‌باشند. مقاومت خمشی و برشی تیرها بر اساس ضوابط مندرج در مبحث دهم مقررات ملی ساختمان و با منظور نمودن Ø=۱ محاسبه شده است. نمونه‌ای از نتیجه بررسی تیرها در پیوست (۱) ارائه شده است.

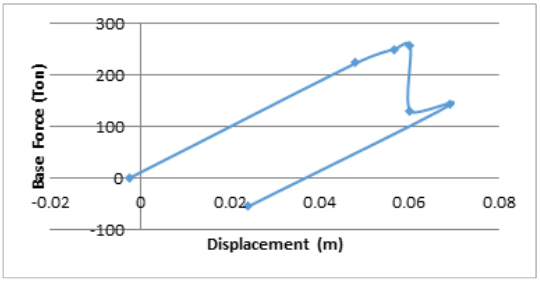
۳-۱-۲-ارزیابی ستون و مهاربندها

۳-۱-۲-۱- تحلیل بار افزون

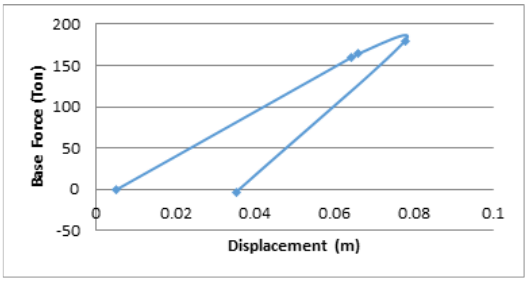
تعیین تغییرمکان هدف مطابق با روش ارائه شده در دستورالعمل بهسازی لرزه‌ای ساختمان های موجود (نشریه شماره ۳۶۰) مبتنی بر سعی و خطا است. برای تعیین مقدار تغییرمکان هدف، انجام یک تحلیل بار افزون اولیه ضروری می‌باشد. بر اساس این تحلیل اولیه، منحنی برش پایه در مقابل

www.SID.ir

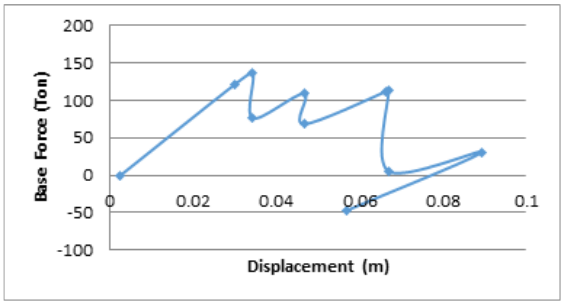
جابجایی جانبی نقطه کنترل (منحنی بار افزون) بدست می‌آید. از روی منحنی مذکور و ضرایب دیگری که در دستورالعمل بهسازی لرزه‌ای ساختمان‌ها ارائه شده است، می‌توان تغییرمکان هدف ساختمان را برآورد نمود. در ادامه، منحنی‌های بار افزون حاصل از تحلیل استاتیکی غیرخطی انجام شده بر روی سازه موجود ارائه شده است.



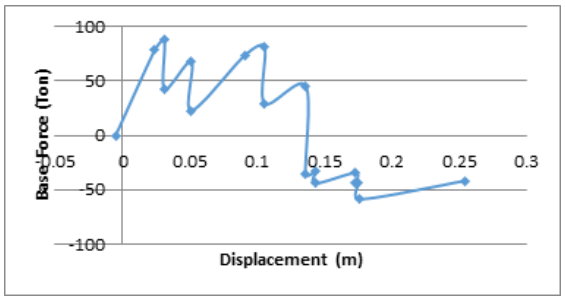
شکل(۲). منحنی بار افزون سازه موجود در امتداد مثبت محور *X*.



شکل(۳). منحنی بار افزون سازه موجود در امتداد مثبت محور *Y*.



شکل(۴). منحنی بار افزون سازه موجود در امتداد منفی محور *X*.



شکل(۵). منحنی بار افزون سازه موجود در امتداد منفی محور *Y*.

۳-۱-۲-۲- محاسبه تغییرمکان هدف

در این مرحله با توجه به نمودارهای بار افزون حاصل از تحلیل استاتیکی غیرخطی سازه، تغییرمکان هدف ساختمان با شرایط موجود برای زلزله سطح خطر یک، در جهت‌های مختلف محاسبه می شود. خلاصه نتایج بر اساس محاسبات انجام شده به شرح جدول (۳) می باشد. نتایج نشان می‌دهند به دلیل ضعف موجود در سازه، ساختمان در تمامی جهت‌ها قبل از رسیدن به تغییرمکان هدف، با تشکیل مفصل‌های پلاستیک در ستون‌ها و مهاربندها دچار خرابی شده است.

جدول (۳). تغییرمکان هدف سازه در جهت‌های مختلف/ وضعیت موجود سازه (متر)

تغییرمکان هدف سازه در جهت مثبت محور X	۰/۲۵۴
تغییرمکان هدف سازه در جهت منفی محور X	۰/۲۷۰
تغییرمکان هدف سازه در جهت مثبت محور Y	۰/۲۹۷
تغییرمکان هدف سازه در جهت منفی محور Y	۰/۲۹۷

www.SID.ir

۳-۱-۳- تقویت ستون‌ها و مهاربندها

بر اساس ضعف عمده ساختمان از نظر تحمل بار جانبی، اولین قدم در جهت بهسازی، افزایش سختی و مقاومت سازه است. با افزایش سختی سازه، زمان تناوب تحلیلی آن و در نتیجه میزان تغییرمکان هدف کاهش می‌یابد. روند کلی طرح مقاوم‌سازی اعضا به این شکل بوده است که در ابتدا ستون‌های مجاور مهاربندها، با اتصال ورق‌های تقویتی به بال و جان ستون تقویت شد. نتایج حاصل از تحلیل مجدد سازه نشان داد که با تقویت ستون‌ها، تغییرمکان هدف کوچکتر شده و ظرفیت سازه افزایش می‌یابد. لذا سازه تحت بار جانبی افزون به تغییرمکان هدف نزدیک‌تر می‌شود. تقویت ستون‌ها تا حذف مفصل‌های پلاستیک در تمامی آنها ادامه داده می‌شود. در مرحله بعد جایگزینی مهاربندهای ضعیف با مقاطع بزرگتر انجام شد و مشاهده شد با تقویت مقاطع بادبندها، مجددا مفصل پلاستیک در ستون‌ها تشکیل و برای حذف آن‌ها بایستی مقاطع ستون دوباره تقویت شوند. ضمن اینکه با آرایش موجود مهاربندها، امکان حذف کامل مفصل پلاستیک ستون و تقویت کامل بادبندها وجود نداشته و سازه باز هم به تغییرمکان هدف خود نمی‌رسد.

جدول (۴). تغییرمکان هدف سازه در جهت‌های مختلف برای زلزله سطح خطر ۱ پس از تقویت سازه

تغییرمکان هدف سازه در جهت مثبت محور X	۰/۰۸
تغییرمکان هدف سازه در جهت منفی محور X	۰/۰۸
تغییرمکان هدف سازه در جهت مثبت محور Y	۰/۰۹۳
تغییرمکان هدف سازه در جهت منفی محور Y	۰/۰۹۳

بهسازی لرزه‌ای سازه مورد نظر با رعایت ضوابط نشریه شماره ۳۶۰، مستلزم تغییرات و تقویت‌های قابل توجهی در اعضای ساختمان و به شرح ذیل می‌باشد:

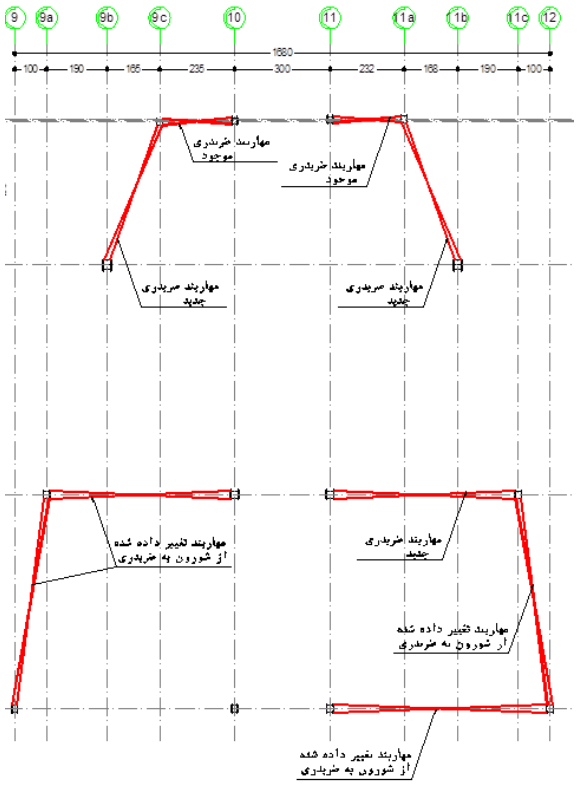
- در مهاربندها، ابتدا مهاربندهای دهانه شورون به مهاربند ضربدری تبدیل شدند. اما با توجه به تامین نشدن هدف بهسازی، استفاده از سه دهانه مهاربندی جدید اجتناب‌ناپذیر بود. لازم به ذکر است تمامی مقاطع مهاربند به جز مهاربندهای واقع بر محور L، نسبت به سازه اولیه تغییر داده شده‌اند.

- ستون‌های مجاور مهاربندها در سه طبقه اول با ورقهای تقویتی در بال و جان تقویت شده‌اند.

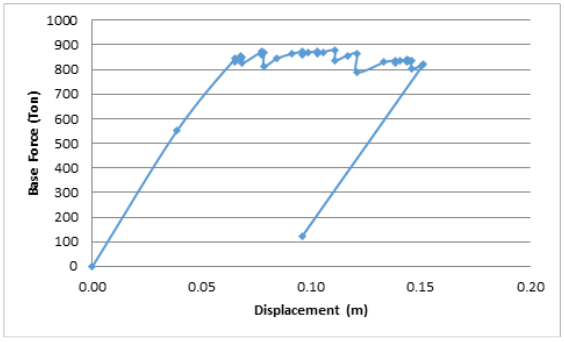
- تمامی تیرهای سازه تحت اثر ترکیب بار ثقلی جوابگو بوده و تنها یکی از تیرها در بام نیاز به تقویت دارد.

سازه بهسازی شده به صورت شکل (۶) در نظر گرفته شده است. نتایج تحلیل غیرخطی استاتیکی به روش بار افزون مطابق شکل‌های (۷) تا (۱۰)نشان می‌دهد در ستون‌های سازه، مفصل پلاستیکی در نقطه نظیر تغییرمکان هدف (در زلزله سطح خطر یک) تشکیل نخواهد شد و نیروی بوجود آمده در این شرایط از ظرفیت ستون کمتر و مورد قبول می‌باشد. البته ذکر این نکته ضروری است که در مجموع، مساحت ورق‌های تقویتی در بال و جان ستون بیش از مساحت پروفیل ستون‌ها است.

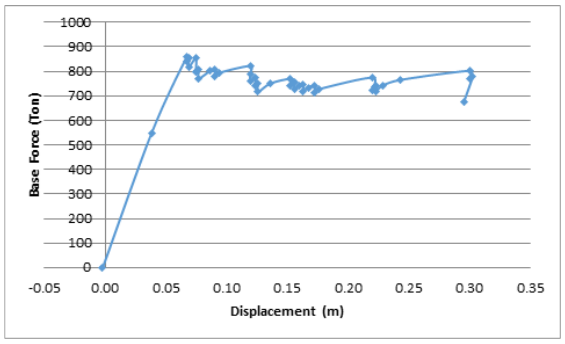
www.SID.ir



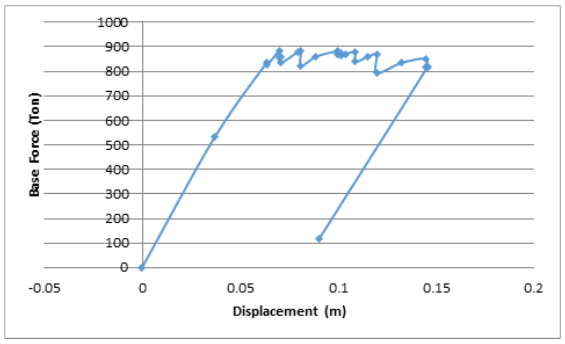
شکل(۶). موقعیت مهاربندها پس از تقویت سازه



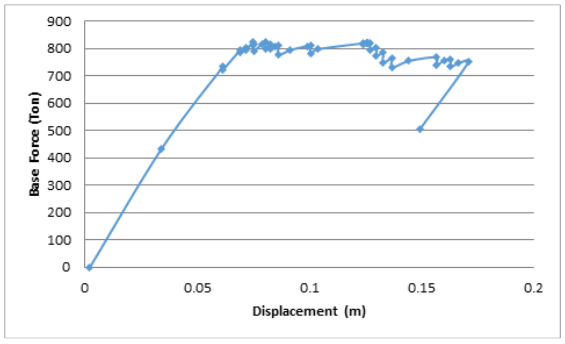
شکل(۷). منحنی بار افزون سازه پس از تقویت در امتداد مثبت محور X



شکل(۸). منحنی بار افزون سازه پس از تقویت در امتداد مثبت محور y



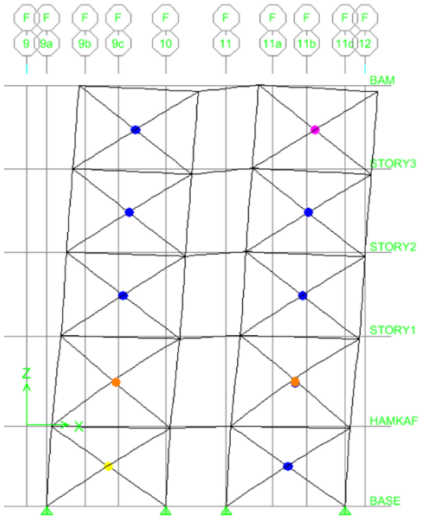
شکل(۹). منحنی بار افزون سازه پس از تقویت در امتداد منفی محور X



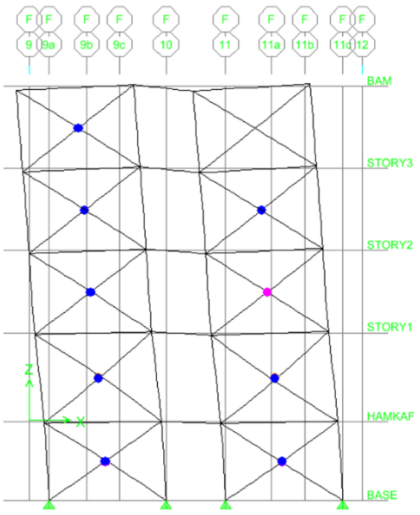
شکل(۱۰). منحنی بار افزون سازه پس از تقویت در امتداد منفی محور Y

www.SID.ir

نمونه ای از نتایج حاصل از تحلیل استاتیکی غیرخطی پس از تقویت سازه برای زلزله سطح خطر یک در شکلهای (۱۱) و (۱۲) ارائه شده است.



شکل(۱۱). جهت نیروی جانبی: جهت مثبت محور Xها– گام دهم از تحلیل استاتیکی غیرخطی



شکل(۱۲). جهت نیروی جانبی: جهت مثبت محور Xها– گام دهم از تحلیل استاتیکی غیرخطی

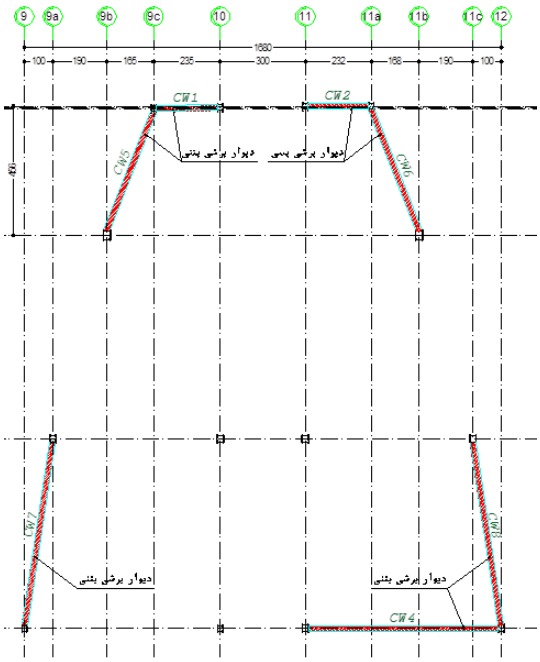
۳-۲-طرح بهسازی با استفاده از تحلیل خطی و سیستم با صلبیت بالا

استفاده از دیوار برشی بتنی، با توجه به سختی و مقاومت قابل توجه آن در مقایسه با مهاربند فولادی در این راهکار مورد توجه قرار گرفته است. با توجه به مزایای سیستم دیوار برشی بتنی، با ارزیابی اعضای سازه‌ای مشاهده شد که تحت بارهای ثقلی، ضعف چندانی در تیرها و ستونها موجود نمی‌باشد. از طرفی مقاومت و سختی سازه نیز به راحتی تامین می گردد. پلان سیستم مفروض با دیوار برشی بتنی در شکل (۱۳) مشاهده می گردد.

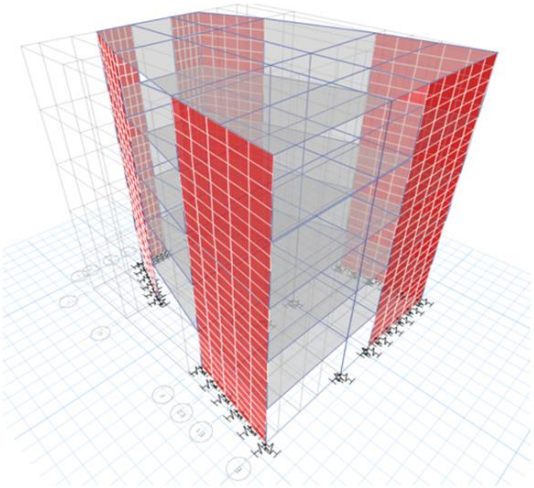
با توجه به سختی زیاد سیستم، به منظور کاهش بارهای منتقل شده به پی مطابق نشریه ۳۶۰ اندرکنش خاک و سازه با اعمال فنرهایی در فونداسیون به جای تکیه گاه صلب لحاظ شده است.

فرض تکیه‌گاه انعطاف‌پذیر بدان معنی است که سازه همراه با شالوده و پی و با در نظر گرفتن سختی و تغییرشکلهای هر یک، مدلسازی شود. در دستورالعمل بهسازی لرزه‌ای، نحوه محاسبه سختی هر یک از فنرهای معرف خاک زیر شالوده، با استفاده از مشخصات ژئوتکنیکی خاک محل مورد بررسی ارائه شده است. شکل (۱۴) نمایی از نحوه اعمال پی انعطاف پذیر (اندرکنش خاک و سازه در نرم افزار ایتبس) را نشان می‌دهد. مطابق تحلیل انجام شده در نرم افزار ایتبس سازه‌ی مدنظر با دیوارهای برشی مشکلی از بابت طراحی ندارند.

www.SID.ir



شکل(۱۳). پلان سیستم مفروض با دیوار برشی بتنی.



شکل(۱۴). سازه با پی انعطاف پذیر

۴- نتیجه گیری

بر اساس پژوهش حاضر، نتایج تحلیل غیرخطی و سیستم با شکل پذیری بالا نشان می‌دهند که به دلیل ضعف موجود در سازه، ساختمان مورد بررسی در تمامی جهت‌ها قبل از رسیدن به تغییرمکان هدف، با تشکیل مفصل‌های پلاستیک در ستون‌ها و مهاربندها دچار خرابی می گردد. افزایش سختی سازه از طریق تقویت ستون‌ها و جایگزینی مهاربندهای ضعیف با مقاطع بزرگتر و تغییر آرایش موجود مهاربندها تغییرمکان هدف کوچکتر شده و ظرفیت سازه افزایش می‌یابد.

در طرح بهسازی با استفاده از تحلیل خطی و سیستم با صلبیت بالا استفاده از دیوار برشی بتنی، با توجه به سختی و مقاومت قابل توجه آن در مقایسه با مهاربند فولادی مورد توجه قرار گرفت و مشاهده شد که تحت بارهای ثقلی، ضعف چندانی در تیرها و ستونها موجود نمی‌باشد و مقاومت و سختی سازه نیز به راحتی تامین می گردد.

۵- منابع مورد استفاده

نشریه ۳۶۰، دستورالعمل بهسازی لرزه ای ساختمان های موجود، سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور، ۱۳۸۵.

ABO-EL-EZZ, A., 2014. Nonlinear Static Based Seismic Performance Assessment of Masonry Buildings: Comparison with Shake Table. Journal of Japan Association for Earthquake Engineering, 14(1), pp.1_14-1_24.

ASCE 41, 2006. Seismic rehabilitation of existing buildings. American society of civil engineers, Reston, Virginia.

www.SID.ir

The usual seismic design procedures for concrete buildings, as outlined in various guidelines, might help to construct buildings with acceptable safety. Although, these procedures may lead to inefficient and costly construction. Strong earthquakes induce nonlinear behaviors in concrete buildings.Nowadays , the engineering community has focused on the developing design approach known as performance-based seismic design. In this paper, a seismic improvement plan of a building with a metal frame and educational use with five structural roofs using nonlinear analysis and a high flexibility system is presented and compared with a design using linear analysis and a high rigidity system. The results show that in a system with high flexibility, columns and braces fail before reaching the target displacement and there is a need to increase the stiffness of the structure. In addition, in the improvement plan, using linear analysis and a system with high rigidity under gravity loads, there is not much weakness in the beams and columns and the strength and rigidity of the structure is provided..

Keywords :Seismic retrofitting, Nonlinear analysis, Linear analysis, pushover.

Boroujeni, A.R.K., 2013. Evaluation of various methods of FEMA356 compare to FEMA440. Journal of civil engineering and construction technology, 4(2), pp.51-55.

FEMA 273, 1996. NEHRP guidelines for the seismic rehabilitation of buildings.Federal Emergency Management Agency, Washington (DC).

FEMA 356, 2000. Pre-standard and commentary for seismic rehabilitation of buildings. Federal Emergency Management Agency, Washington (DC).

FEMA 440, 2005. Improvement in nonlinear static seismic analysis procedures.Federal Emergency Management Agency, Washington (DC).

FEMA 445, 2006. Next-generation performance-based seismic design guideline program for new and existing buildings. Federal Emergency Management Agency, Washington (DC).

Ghobarah, A., 2001. Performance-based design in earthquake engineering: state of development. Engineering structures, 23(8), pp.878-884.00036-0.

IS1893, B.I.S., 2016. Indian Standard criteria for earthquake resistant design of structures (part 1): General provisions and buildings (sixth revision). Bureau of Indian Standards, New Delhi.

UBC97 ,2000. Uniform building code. pp. 150-350.

Zameeruddin, M., & Sangle, K. K. (2021). Performance-based Seismic Assessment of Reinforced Concrete Moment Resisting Frame. Journal of King Saud University-Engineering Sciences, 33(3), 153-165.

۶- چکیده انگلیسی

www.SID.ir

پیوست (۱ ارزیابی تیرهای طبقه همکف تحت بارهای ثقلی)

شماره تیر	مقطع تیر	M	V	ظرفیت خمشی تیر	ظرفیت برشی تیر	Ratio	Ratio	کنترل خمش	کنترل برش
		t.m	ton	t.m	ton	در خمش	در برش		
B139	PG15	10.323	6.13	26.04	13.74	0.40	0.45	OK	OK
B140	PG15	3.785	4.2	26.04	13.74	0.15	0.31	OK	OK
B141	PG15	0.632	3.24	26.04	13.74	0.02	0.24	OK	OK
B142	PG15	8.511	5.99	26.04	13.74	0.33	0.44	OK	OK
B143	PG16	2.243	3.28	8.98	9.35	0.25	0.35	OK	OK
B144	PG16	1.997	2.87	8.98	9.35	0.22	0.31	OK	OK
B145	PG1	3.504	13.42	49.81	18.69	0.07	0.72	OK	OK
B146	PG1	27.936	16.39	49.81	18.69	0.56	0.88	OK	OK
B147	PG1	2.903	13.6	49.81	18.69	0.06	0.73	OK	OK
B148	PG1	27.936	16.39	49.81	18.69	0.56	0.88	OK	OK
B158	PG15	8.999	8.31	26.04	13.74	0.35	0.60	OK	OK
B159	PG15	9.007	8.3	26.04	13.74	0.35	0.60	OK	OK
B160	PG18	1.505	2.15	6.87	8.06	0.22	0.27	OK	OK
B161	PG20	0.885	1.64	3.89	5.76	0.23	0.28	OK	OK
B162	PG20	0.86	1.62	3.89	5.76	0.22	0.28	OK	OK
B163	PG22	107.91	28.15	117.41	51.84	0.92	0.54	OK	OK
B164	PG1	30.967	10.56	49.81	18.69	0.62	0.56	OK	OK
B165	PG1	32.797	19.31	49.81	18.69	0.66	1.03	OK	###
B166	PG12	10.144	9.55	40.54	18.69	0.25	0.51	OK	OK
B167	PG12	10.078	9.52	40.54	18.69	0.25	0.51	OK	OK
B168	PG1	32.797	19.31	49.81	18.69	0.66	1.03	OK	###
B169	PG21	31.029	10.65	59.11	18.69	0.52	0.57	OK	OK
B170	PG6	20.253	12.57	34.37	18.69	0.59	0.67	OK	OK
B171	PG6	20.253	12.57	34.37	18.69	0.59	0.67	OK	OK
B172	PG18	4.98	6.64	6.87	8.06	0.72	0.82	OK	OK

www.SID.ir

www.SID.ir