

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 و ساز پرهزینه شوند. در زلزله های شدید، بیشتر سازه های 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 لرزه ای ساختمانی با اسکلت فلزی و کاربری آموزشی دارای پنج سقف سازه ای با استفاده از تحلیل غیرخطی و سیستم با شکل پذیری بالا ارایه شده و با طراحی با استفاده از تحلیل خطی و سیستم با صلبیت بالا مقایسه گردید. نتایج نشان می دهند که در سیستم با شکل پذیری بالا ستون ها و مهاربندها قبل از رسیدن به تغییر مکان 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 ثقیل، ضعف چندان در تیرها و ستونها موجود نمی باشد و مقاومت و سختی سازه تامین می گردد.

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

۱- مقدمه

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) ارزیابی برای تأیید برآورده شدن اهداف عملکرد. طراحی سازه بر اساس سطح عملکردی آن، امکان طراحی 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 می باشد. بنابراین ضروری است تا از ظرفیت شکل پذیری مقاطع به صورت کامل استفاده گردیده و طراحی با در نظرگیری رفتار غیر خطی اجزا باشد.

ابوال 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 است که عبارتند از تحلیل استاتیکی/دینامیکی خطی و غیرخطی. UBC 97 شامل دو روش تحلیل استاتیکی/دینامیکی خطی می باشد. در این مطالعه، آسیب

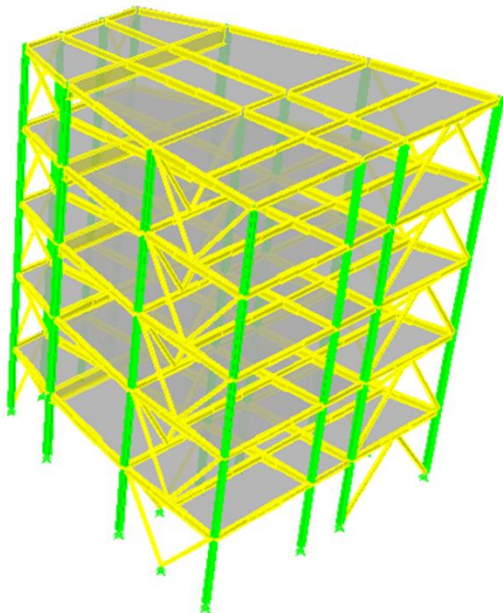
روشهای معمول طراحی لرزه ای ساختمان های بتن مسلح که در کدها و دستورالعمل های مختلف ارائه شده است، به ساخت ساختمان هایی با ایمنی قابل قبول کمک می نماید. با این حال، این روش ها ممکن است منجر به ساخت وساز ناکارآمد و پرهزینه شوند. در زلزله های شدید، بیشتر سازه های موجود رفتار غیرخطی خواهند داشت. پس از شروع 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 می تواند دچار تخریب شود. در آیین نامه های طراحی، استفاده از تحلیل های خطی برای سازه های بلند و نامنظم فرض رفتار خطی مجاز نمی باشد. با این وجود به علت دشواری انجام تحلیل های غیرخطی، طراحان عموماً با تغییر مشخصات المان های سازه ای و افزودن سختی این المان ها، شکل پذیری و پریود اساسی 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 ارائه دستورالعملی 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 برای ارزیابی آسیب پذیری اجزا و قسمتهای مختلف سازه ای پرداخته است. اصول کلی ضوابط دستورالعمل بهسازی لرزه ای، طراحی بر

۲- مواد و روش ها

برای بررسی تاثیر تحلیل غیرخطی بر طرح بهسازی لرزه ای سازه ها ساختمانی با اسکلت فلزی و کاربری آموزشی دارای پنج سقف سازه ای ارزیابی شده است. سیستم سقف طبقات تیرچه بلوک می باشد. سیستم باربر جانبی در جهت طولی، قاب ساده ساختمانی به علاوه مهاربند هم محور فولادی و همچنین سیستم باربر جانبی در جهت عرضی، قاب ساده ساختمانی همراه با مهاربند هم محور فولادی است. مراکز آموزشی مطابق ضوابط استاندارد ۲۸۰۰ در گروه ساختمان های با اهمیت زیاد طبقه بندی می شوند و در حالت کلی هدف بهسازی مطلوب برای آنها پیشنهاد می شود. وضعیت موجود سازه ای در نمای ساختمان، در شکل (۱) نشان داده است.



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

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 پاسخ های 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 1893, 2016* است. بنابراین نتایج طراحی براساس تحلیل طیفی از نتایج طراحی به روش آیین نامه ذکر شده محافظه کارانه تر خواهد بود. به منظور در نظر گرفتن اثرات بار جانبی زلزله در تحلیل های بار افزون آیین نامه های مختلف استفاده از چند توزیع بار مختلف را پیشنهاد می نمایند تا حد بالا و پایین نتایج بدست آید. با بررسی های 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 استفاده از تحلیل خطی و سیستم با صلیبیت بالا نیز مورد بررسی قرار می گیرد.

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

(۳)

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

$C1$ ضریب تصحیح برای اعمال تغییر مکان های 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 سازه ای را بر تغییر مکان ها 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 برآورد بارهای مرده و زنده مطابق با جدول (۱) و (۲)، ترکیبات بارگذاری مطابق نشریه ۳۶۰ انتخاب گردیده اند. در روش های غیرخطی، نیروهای داخلی اعضا با در نظر گرفتن رفتار غیرخطی آنها برآورد می شود. در روش استاتیکی غیرخطی، بار جانبی ناشی از زلزله، استاتیکی و به تدریج به صورت فزاینده به سازه اعمال می شود تا آنجا که تغییر مکان در نقطه کنترل تحت اثر بار جانبی، به مقداری برابر با تغییر مکان هدف برسد و یا سازه فرو بریزد.

فولاد مصرفی در تیرها و ستون ها 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.

۱-۲- 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 تحلیل های غیرخطی ضروری می باشد. در ادامه، ضریب زلزله برای انجام تحلیل استاتیکی خطی محاسبه می گردد. زمان تناوب اصلی نوسان بر اساس رابطه (۱) تعیین می گردد.

(۱)

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

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

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

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

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

۳- نتایج و بحث

تحلیل خطی و غیر خطی سازه

۳-۱- طرح بهسازی با استفاده از تحلیل غیر خطی 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 ۱-۱۱ و ۱۱-۲ نشریه ۳۶۰ انجام شده است. مفصل پلاستیک در تیرهای محل برخورد مهاربند شورون به شرح بند ۱۱-۳ تعریف می شود.

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

آمنی تئاتر	۵۰۰
اداری	۲۵۰
کلاس‌های درس	۲۵۰
پشت بام	۱۵۰
برف	۱۲۶
راه پله	۵۰۰
راهروی همکف	۵۰۰
راهروی سایر طبقات	۴۰۰
بالکن	۱/۵ برابر بار زنده کف مجاور
سربار تیغه بندی	۱۰۰

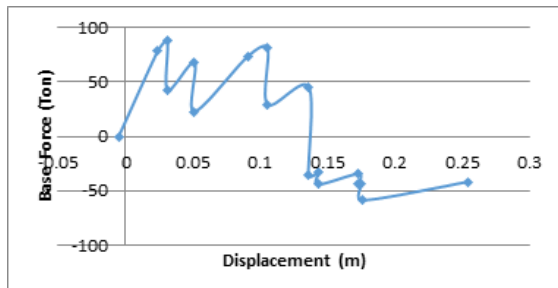
۳-۱-۱- ارزیابی و تقویت تیرها

در قابهای مهاربندی شده، کشش و فشار محوری در مهاربندها باید با رفتار کنترل شونده توسط تغییر شکل در نظر گرفته شوند. در این قابها، تیرها و ستون‌ها کنترل شونده توسط نیرو می باشند. مقاومت خمشی و برشی تیرها بر اساس ضوابط مندرج در مبحث دهم مقررات ملی ساختمان و با منظور نمودن $\phi=1$ 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 تغییر مکان هدف مطابق با روش ارائه شده در دستورالعمل بهسازی لرزه‌ای ساختمان‌های موجود (نشریه شماره ۳۶۰) مبتنی بر سعی و خطا است. برای تعیین مقدار تغییر مکان هدف، انجام یک تحلیل بار افزون اولیه ضروری می باشد. بر اساس این تحلیل اولیه، منحنی برش پایه در مقابل



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

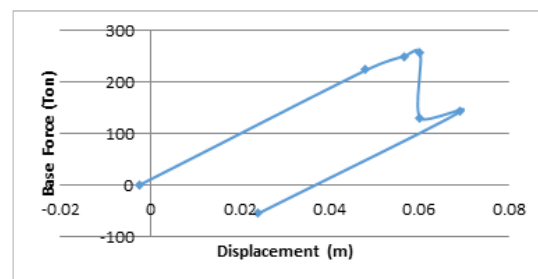
۳-۱-۲- محاسبه تغییر مکان هدف

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

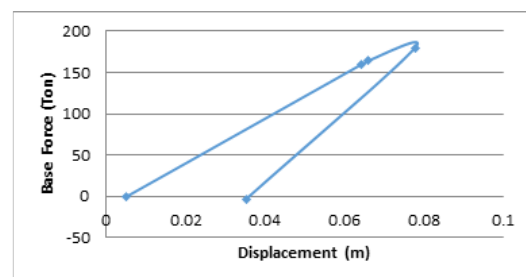
جدول (۳). تغییر مکان هدف سازه در جهت‌های مختلف / وضعیت موجود سازه (متر)

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

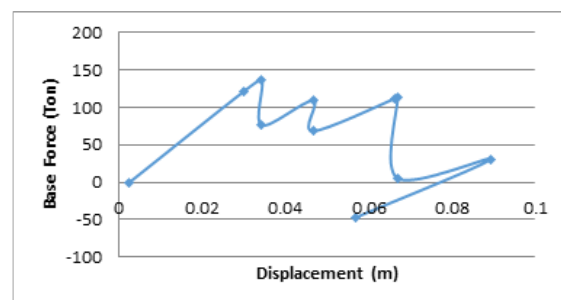
جابجایی جانبی نقطه کنترل (منحنی بار افزون) بدست می‌آید. از روی منحنی مذکور و ضرایب دیگری که در دستورالعمل به سازی لرزه‌ای ساختمان‌ها ارائه شده است، می‌توان تغییر مکان هدف ساختمان را برآورد نمود. در ادامه، منحنی‌های بار افزون حاصل از تحلیل استاتیکی غیرخطی انجام شده بر روی سازه موجود ارائه شده است.



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.

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 تغییر مکان 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، تغییر مکان هدف کوچکتر شده و ظرفیت سازه افزایش می‌یابد. لذا سازه تحت بار جانبی افزون به تغییر مکان 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، مجدداً 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 تغییر مکان هدف خود نمی‌رسد.

جدول (۴). تغییر مکان هدف سازه در جهت‌های مختلف

برای زلزله سطح خطر ۱ پس از تقویت سازه

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

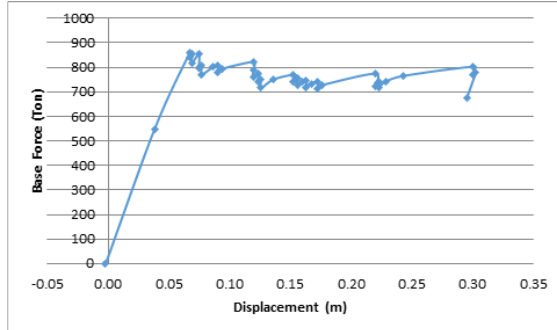
بهسازی لرزه‌ای سازه مورد نظر با رعایت ضوابط نشریه شماره ۳۶۰، مستلزم تغییرات و تقویت‌های قابل توجهی در اعضای ساختمان و به شرح ذیل می‌باشد:

- در مهاربندها، ابتدا مهاربندهای دهانه شورون به مهاربند ضربداری 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.

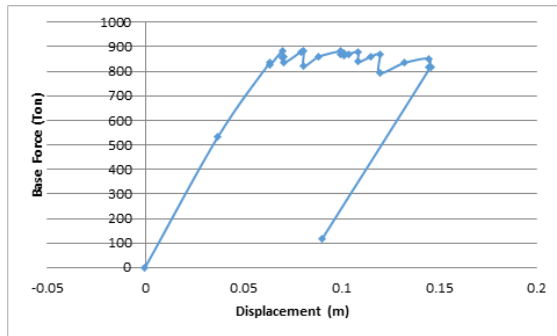
- ستون‌های مجاور مهاربندها در سه طبقه اول با ورق‌های تقویتی در بال و جان تقویت شده‌اند.

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

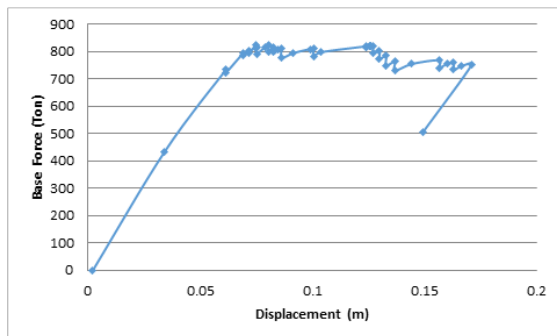
سازه بهسازی شده به صورت شکل (۶) در نظر گرفته شده است. نتایج تحلیل غیرخطی استاتیکی به روش بار افزون مطابق شکل‌های (۷) تا (۱۰) نشان می‌دهد در ستون‌های سازه، مفصل پلاستیکی در نقطه نظیر تغییر مکان هدف (در زلزله سطح خطر یک) تشکیل نخواهد شد و نیروی بوجود آمده در این شرایط از ظرفیت ستون کمتر و مورد قبول می‌باشد.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



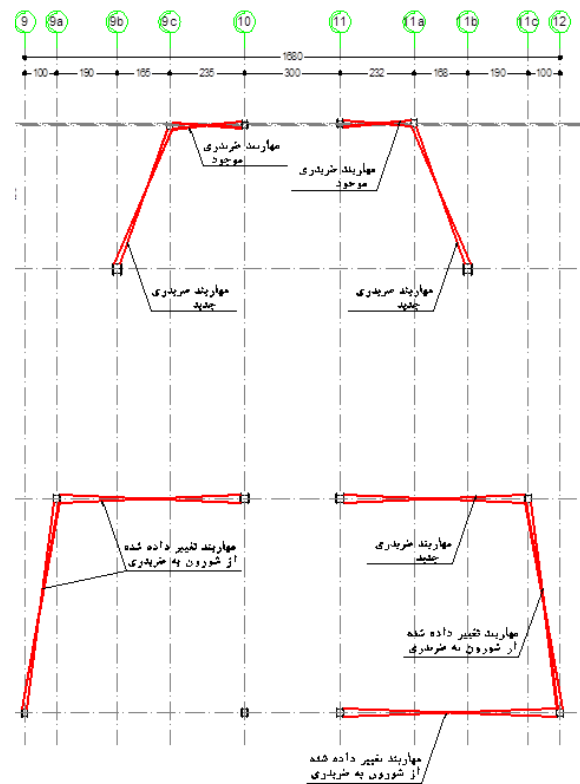
شکل (۸). منحنی بار افزون سازه پس از تقویت در امتداد مثبت محور Y



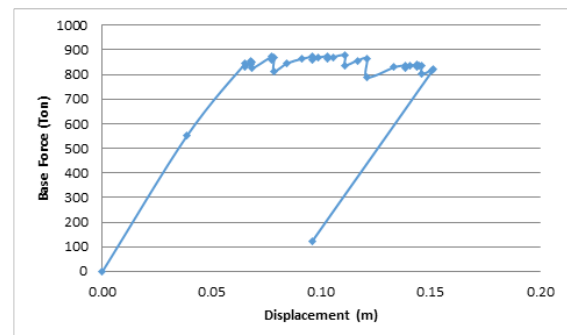
شکل (۹). منحنی بار افزون سازه پس از تقویت در امتداد منفی محور X



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



شکل (۶). موقعیت مهاربندها پس از تقویت سازه



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

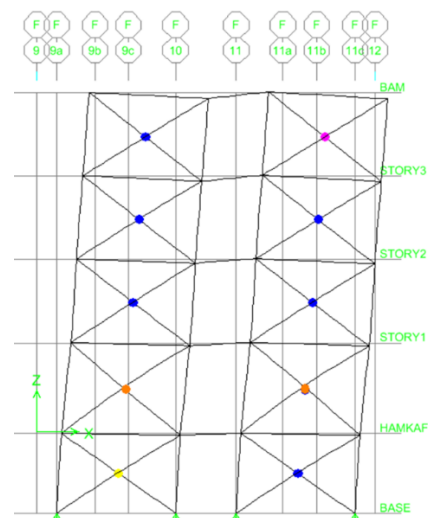
۳-۲- طرح بهسازی با استفاده از تحلیل خطی و سیستم با صلیبیت بالا

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

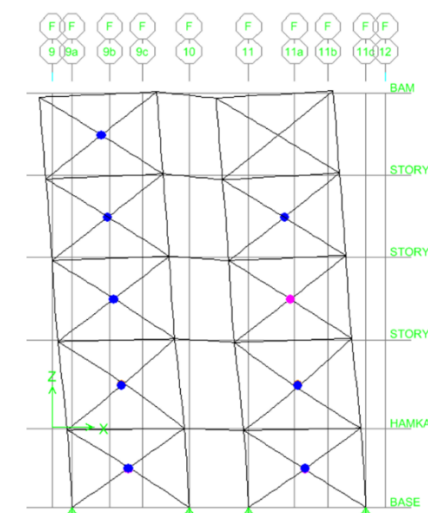
با توجه به سختی زیاد سیستم، به منظور کاهش بارهای منتقل شده به پی مطابق نشریه ۳۶۰ اندرکنش خاک و سازه با اعمال فترهایی در فونداسیون به جای تکیه گاه صلب لحاظ شده است.

فرض تکیه گاه انعطاف پذیر 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 فترهای 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.

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

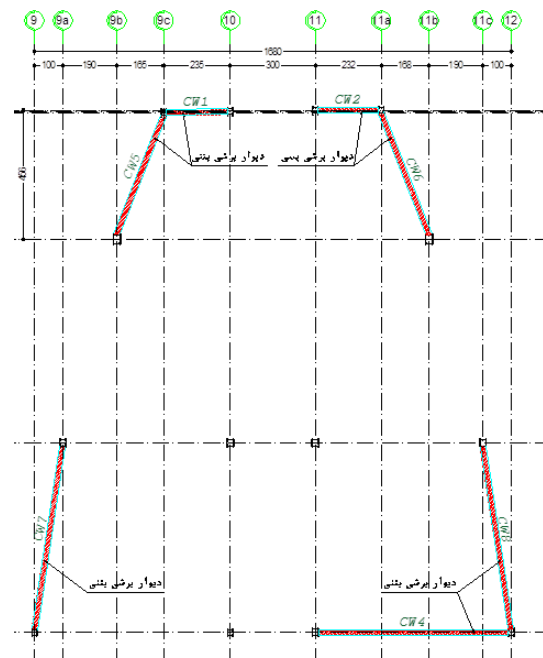


شکل (۱۲). جهت نیروی جانبی: جهت مثبت محور Xها- گام دهم از تحلیل استاتیکی غیرخطی

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 تغییر مکان هدف، با تشکیل مفصل‌های پلاستیک در ستون‌ها و مهاربندها دچار خرابی می‌گردد. افزایش سختی سازه از طریق تقویت ستون‌ها و جایگزینی مهاربندهای ضعیف با مقاطع بزرگتر و تغییر آرایش موجود مهاربندها تغییر مکان هدف کوچکتر شده و ظرفیت سازه افزایش می‌یابد.

در طرح بهسازی با استفاده از تحلیل خطی و سیستم با صلیبت 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 می‌گردد.



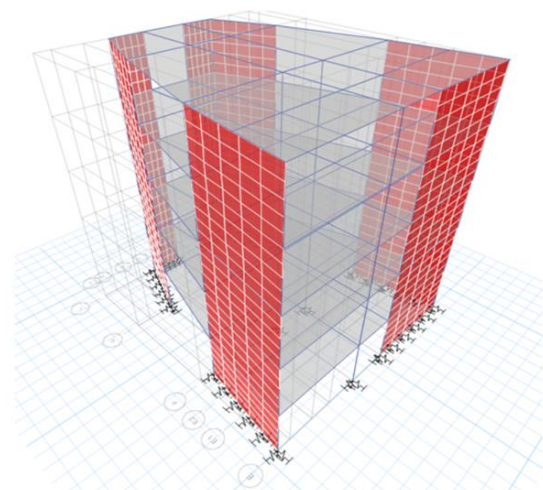
شکل (۱۳). پلان سیستم مفروض با دیوار برشی بتنی.

۵- منابع مورد استفاده

نشریه ۳۶۰، دستورالعمل بهسازی لرزه‌ای ساختمان‌های 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.



شکل (۱۴). سازه با پی انعطاف پذیر

11th International Conference on Sustainable Development & Urban Construction

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.

11th International Conference on Sustainable Development & Urban Construction

پیوست (۱) ارزیابی تیرهای طبقه همکف تحت بارهای ثقلی)

شماره تیر	مقطع تیر	M	V	ظرفیت خمشی تیر	ظرفیت برشی تیر	Ratio	Ratio	کنترل خمشی	کنترل برشی
		t.m	ton	t.m	ton	در خمشی	در برشی		
B139	PG15	10.32 3	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	13.4 2	49.81	18.69	0.07	0.72	OK	OK
B146	PG1	27.93 6	16.3 9	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	27.93 6	16.3 9	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	107.9 1	28.1 5	117.41	51.84	0.92	0.54	OK	OK
B164	PG1	30.96 7	10.5 6	49.81	18.69	0.62	0.56	OK	OK
B165	PG1	32.79 7	19.3 1	49.81	18.69	0.66	1.03	OK	###
B166	PG12	10.14 4	9.55	40.54	18.69	0.25	0.51	OK	OK
B167	PG12	10.07 8	9.52	40.54	18.69	0.25	0.51	OK	OK
B168	PG1	32.79 7	19.3 1	49.81	18.69	0.66	1.03	OK	###
B169	PG21	31.02 9	10.6 5	59.11	18.69	0.52	0.57	OK	OK
B170	PG6	20.25 3	12.5 7	34.37	18.69	0.59	0.67	OK	OK
B171	PG6	20.25 3	12.5 7	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

یازدهمین کنفرانس بین المللی توسعه پایدار و عمران شهری



11th International Conference on Sustainable Development & Urban Construction