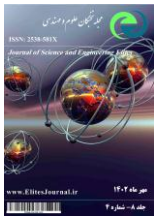
مجله نخبگان علوم و مهندسی
Journal of Science and Engineering Elites
جلد ۸- شماره ۴ - سال ۱۴۰۲
www.ElitesJournal.ir



بررسی تاثیر نوع خاک، ارتفاع و نوع سیستم سازه ای برروی ساختمانهای بتنی واقع درشهر سمنان

علی نادری

کارشناس ارشد عمران، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم تحقیقات تهران، تهران، ایران

A.naderi63@yahoo.com

ارسال: مرداد ماه ۱۴۰۲ پذیرش: مهر ماه ۱۴۰۲

چکیده

در سالهای اخیر راهکارهای نوینی برای افزایش ایمنی ساختمانها در برابر زلزله ارائه شده است. روشهای تحلیلی که در طراحی بر اساس عملکرد و بهسازی لرزه ای سازه ها مطرح می شوند، عمدتا بر مبنای انالیز استاتیکی غیر خطی می باشند. با استفاده از تحلیل های انجام شده سعی بر بررسی تاثیر ارتفاع، اثرگذاری نوع خاک و نوع سیستم سازه ای بر پاسخ ها است. برای بررسی این اثرات ۱۲ سازه ی مختلف با ارتفاع و سیستم سازه ای مختلف برای دو نوع خاک مختلف طراحی شده و اثرات این تغییرات با استفاده از تحلیل‌های مختلف مورد بررسی قرار گرفته است.

واژه‌های کلیدی: بهسازی لرزه ای، تحلیل غیرخطی، زلزله سمنان، تاثیر ارتفاع، اثر نوع خاک، نوع سیستم سازه ای.

۱– مقدمه

پدیده‌های خطر آفرین طبیعی نظیر زلزله، سیل، طوفان و لغزش لایه های زمین می‌توانند خطر جدی برای جان و مال انسان ها به دنبال داشته باشند. در این میان رویداد زلزله در طول تاریخ آثار غیر قابل جبرانی را به همراه داشته است. خوشبختانه در حال حاضر با توجه به پیشرفت های علم مهندسی زلزله، در صورت به کارگیری اصول و ضوابط پیشگیری، خسارات ناشی از زلزله می‌تواند به حداقل ممکن برسد. زلزله، از آزاد شدن ناگهانی انرژی انباشته شده در سنگ های پوسته ی زمین ایجاد می‌شود. این آزاد شدن انرژی به صورت امواج زلزله از نقطه ای به نام کانون زلزله آغاز و باعث لرزش سطح زمین می‌گردد. موقعیت هدف در این تحقیق شهر سمنان است. سمنان یکی از شهرهای ایران، مرکز استان سمنان و شهرستان سمنان است. این شهر در جنوب رشته کوه البرز و شمال دشت کویر در راه تهران به خراسان قرار گرفته است. آب و هوای آن خشک و معتدل می‌باشد. این شهر از سوی شرق با شهرهای دامغان شاهرود، از شمال به درجزین، مهدیشهر و شهمیرزاد و از غرب با سرخه همسایه است. در طول جغرافیایی ۵۳ درجه و ۲۳ دقیقه و عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ۳۴ دقیقه واقع شده و ارتفاع متوسط آن از سطح دریا ۱۱۳۰ متر است. مطالعات زمین شناختی نشان می‌دهد که قدیمی‌ترین تشکیلات از سنگ های پالئوزوییک تا آبرفت های کوارترنری در این منطقه وجود دارد.در پژوهش های انجام شده در مقالات مختلف، ساختمان ها به گروه های مختلف دسته بندی شده اند [۱]. در بررسی های انجام شده ساختمان ها بر حسب نوع مصالح ساخت به چهار گروه تقسیم می‌شوند [۲]. در ایران مطالعات مربوط به ارزیابی آسیب پذیری لرزه ای ساختمانها آنچنان که باید مورد توجه قرارنگرفته است . این موضوع با توجه به لرزه خیز بودن کشور حائز اهمیت می‌باشد. پس از واقعه زلزله رودبار – منجیل (۱۳۶۹) با تلاش بیشتری به تحلیل لرزه خیزی ایران و بحث ارزیابی آسیب پذیری

ساختمانها و بررسی روشهای مقاوم سازی در برابر زلزله پرداخته شد. مخصوصاً در تهران به دلیل احتمال زلزله بزرگ قریب الوقوع، در مراکز تحقیقاتی از جمله مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن، پژوهشگاه بین المللی زلزله شناسی و مهندسی زلزله و مرکز مطالعات مقابله با سوانح طبیعی بر روی موضوع ارزیابی آسیب پذیری ساختمانها و بررسی روشهای مقاوم سازی آنها تحقیقاتی صورت گرفت. در این مورد می‌توان به تهیه شناسنامه فنی ساختمانها در مرکز مقابله با سوانح طبیعی ایران اشاره کرد که در راستای ارزیابی آسیب پذیری لرزه ای ساختمانها و روشهای مقاوم سازی آنها صورت گرفته است. برکچیان و همکارانش در تحقیقی آسیب پذیری متعارف در کشور را بررسی کرده است. ساختمانهای مورد بررسی عبارت بودند از چهارگونه: فولادی، بتنی، بنایی غیر مسلح و مختلط که در صد قابل توجهی ازساختمانهای کشور را تشکیل می‌دهند. در این مطالعه با استفاده از بازدیدهای عینی از شش منطقه مختلف کشور و تکمیل فرمهای تفصیلی شناسنامه فنی ساختمان ها و همچنین با ارزیابی عملکرد ساختمانهای متعارف در زلزله های اخیر، میزان آسیب پذیری برای چهار گونه ساختمانهای متعارف ارائه گردیده است [۳-۴]. ناطق الهی و معتمدی به ارزیابی آسیب پذیری ساختمانهای بتن مسلح با استفاده از تحلیل دینامیکی غیر خطی پرداختند. با تعمیم نتایج ارزیابی نمونه های طرح شده، ظرفیت لرزه ای ساختمانهای بتن مسلح به صورت کمی‌مورد مطالعه قرارگرفته و در نهایت با تحلیل نتایج آسیب پذیری لرزه ای آنها بررسی گردیده است. برکچیان کار پژوهشی با عنوان ارزیابی کمی‌آسیب پذیری ساختمان های مهم فولادی در برابر زلزله را با استفاده از تحلیل های غیر ارتجاعی ارائه کرده است [۵]. شکیب و همکارانش جهت دستیابی به شناخت وضعیت موجود ساخت و ساز در شهرهای مختلف استان ایلام از دیدگاه مقاومت لرزه ای مطالعاتی با عنوان ارزیابی آسیب پذیری ساختمانهای متداول شهری انجام داده اند. ادامه چنین مطالعاتی با توجه به شرایط لرزه خیزی اکثر نقاط کشور، برای شهرهای مختلف ضروری است [۶].

۲- معرفی سازه های مورد بررسی

در این مطالعه سه ساختمان ۵، ۸ و ۱۲ طبقه با سیستم قاب خمشی بتنی متوسط طراحی شده اند.

جدول۱- نحوه نامگذاری ساختمانهای مورد مطالعه بر اساس مشخصات آنها

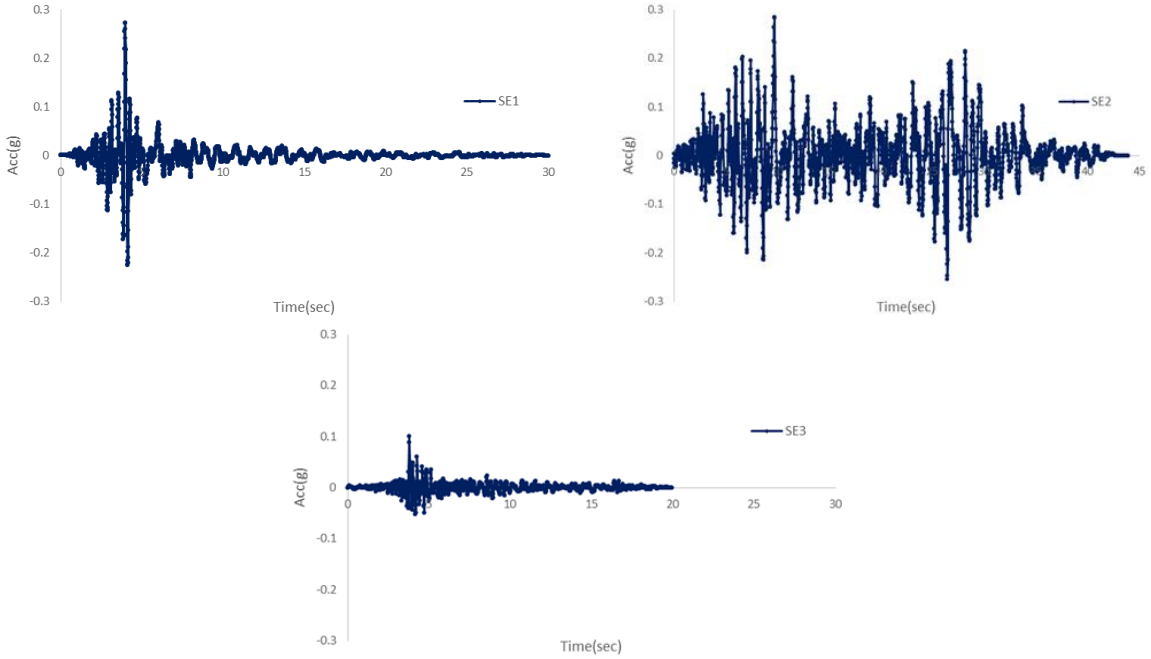
عنوان ساختمانها	تعداد طبقات	سیستم مقاوم جانبی	تیپ خاک محل احداث
S5FT1	۵	قاب خمشی بتنی متوسط	یک
S5FT2	۵	قاب خمشی بتنی متوسط	دو
S5WT1	۵	قاب خمشی بتنی متوسط و دیوار برشی بتنی	یک
S5WT2	۵	قاب خمشی بتنی متوسط و دیوار برشی بتنی	دو
S8FT1	۸	قاب خمشی بتنی متوسط	یک
S8FT2	۸	قاب خمشی بتنی متوسط	**دو**
S8FT1	۸	قاب خمشی بتنی متوسط و دیوار برشی بتنی	یک
S8FT2	۸	قاب خمشی بتنی متوسط و دیوار برشی بتنی	دو
S12FT1	۱۲	قاب خمشی بتنی متوسط	یک
S12FT2	۱۲	قاب خمشی بتنی متوسط	دو
S12WT1	۱۲	قاب خمشی بتنی متوسط و دیوار برشی بتنی	یک
S12WT2	۱۲	قاب خمشی بتنی متوسط و دیوار برشی بتنی	دو

برای طراحی سازه ها از نرم افزار ETABS 13 استفاده شده است. ساختمانها در دو دسته با دیوار برشی و بدون دیوار برشی دسته بندی شده اند. همچنین گروه بندی ساختمانها بر اساس نوع خاک محل احداث نیز بوده است. با توجه به اینکه خاک سمنان دو تیپ ۱ و ۲ می باشد مطابق جدول (۱) به طور کلی ۱۲ ساختمان جهت مدلسازی و تحلیل ایجاد شده است. مثلا عبارت S5FT1 یعنی ساختمان ۵ طبقه بدون دیوار برشی که در خاک تیپ یک احداث شده است. حرف W در سایر سازه ها معرف دیوار برشی (Shear Wall) می باشد.

ساختمانهای مورد نظر دارای ۶ دهانه ی ۶ متری در راستای X و ۵ دهانه ی ۶ متری در راستای Y می باشند. با توجه به اینکه ساختمانهای مورد نظر در شهر سمنان واقع شده اند ضریب خطر زلزله A=0.3 لحاظ شده است. بر اساس استاندارد ۲۸۰۰ ویرایش سوم ضریب رفتار ساختمانهای بدون دیوار برشی ۷ و با دیوار برشی ۸ لحاظ شده است. برای ساختمانهایی که پریود مود اول آنها بیش از ۰.۷ ثانیه است، نحوه ی اعمال نیروی جانبی زلزله بر اساس آئین نامه UBC94 می باشد.

۳- معرفی زلزله های مورد استفاده

در این مطالعه به منظور انجام تحلیل های تاریخچه زمانی و بررسی پریود محتوی فرکانسی زلزله های رخ داده در شهر سمنان، از سه شتابنگاشت استفاده شده است. زلزله های مورد نظر با نام های SE1، SE2 و SE3 بیان خواهند شد. شکل(۱) شتابنگاشت غیر مقیاس شده ی سه زلزله ی مورد نظر را نشان می دهند. مطابق این شکل مدت زمان زلزله SE1، 30.27 ثانیه و بیشینه شتاب زمین تحت این زلزله $0.27g$ و در ۳.۹۶ ثانیه پس از وقوع زلزله می باشد. همچنین مدت زمان زلزله SE2، 43.88ثانیه و بیشینه شتاب زمین تحت این زلزله $0.28g$ و در ۹.۷۲ ثانیه پس از وقوع زلزله می باشد.



شکل۱- شتاب نگاشت های زلزله های مورد استفاده

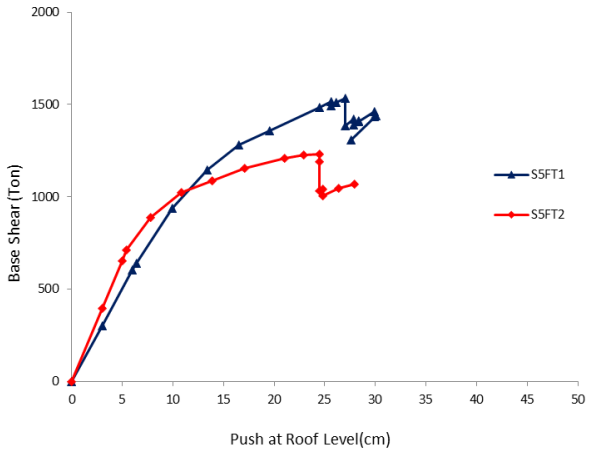
۴- نحوه تعریف مفاصل پلاستیک و مدلسازی دیوار برشی برای تحلیل های غیرخطی

در مدلسازی برای تحلیل غیرخطی باید به نقاط بحرانی تسلیم شونده توجه کرد. مدلسازی رفتاری ممکن است به صورت اندرکنش نیروهای محوری- خمشی- برشی باشد. در مدل سازی می توان ساده سازی نیز کرد. معمولاً در مدل‌های غیرخطی طول مفصل پلاستیک صفر فرض می‌شود. بنابراین اغلب مدل‌ها به صورت پلاستیسته متمرکز هستند. توجه شود که مفاصل پلاستیک اندکی از لبه‌های تیر فاصله دارد. برای تعریف دیوار برشی در نرم افزار از روش ستون معادل بهره گیری شده است. روش ستون معادل، روشی برای بررسی رفتار غیرخطی دیوار برشی در سازه ها است. برای این منظور، در قسمت تعریف مشخصات سازه، یک مقطع با ابعاد بزرگ (برابر با ابعاد دیوار برشی) تعریف میگردد. سپس مقطع تعریف شده، به صورت یک عضو قائم در سازه قرار داده می-شود.

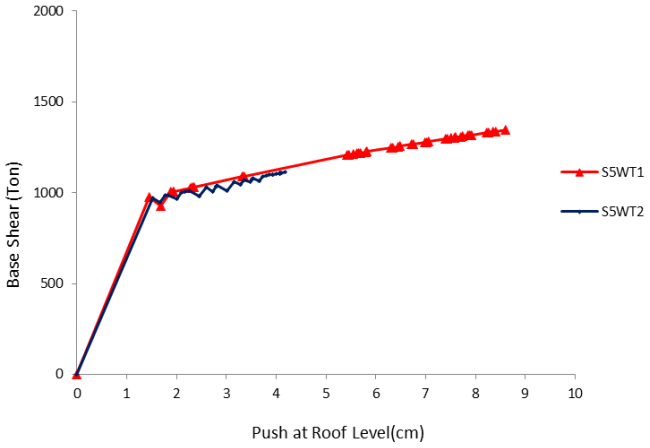
۵- نتایج تحلیل های پوش اور

در اینجا نتایج تحلیل پوش اور سازه های ۵ طبقه دارای دیوار برشی و بدون دیوار برشی ارائه آورده شده است. اشکال (۲) و (۳) نتایج تحلیل استاتیکی غیر خطی (پوش آور) را برای سازه های ۵ طبقه نشان می دهد.در این اشکال تغییر مکان طبقه بام تحت

تحلیل استاتیکی غیر خطی در مقابل برش پایه سازه نشان داده شده است. همانطور که ملاحظه می شود سازه‌های دارای دیوار برشی برش پایه‌ی بزرگتری در مقابل پوش جانبی ساختمان نیاز دارند که این امر به دلیل سختی زیاد آنها است.



شکل۲- نمودار پوش آور ساختمان S5FT1 و S5FT2 با الگوی بار مثلثی



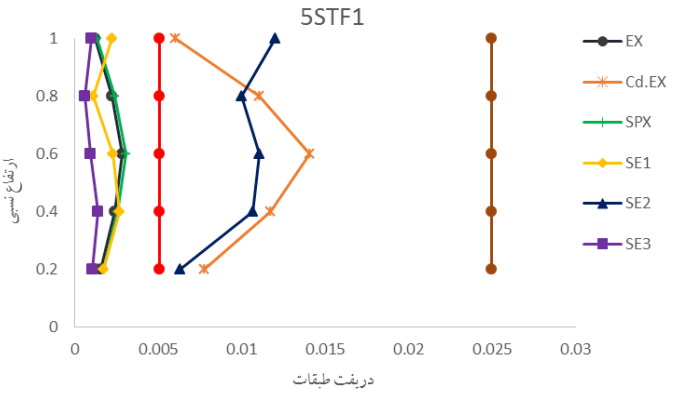
شکل ۳- نمودار پوش آور ساختمان ۵ طبقه با دیوار برشی

۶- نتایج سایر تحلیل ها

به منظور انجام تحلیل طیفی بر اساس طیف طرح آئین نامه ۲۸۰۰ در دو نوع خاک تیپ یک و دو، ابتدا طیف مذکور به نرم افزار معرفی شده است. لازم است با استفاده از ضریبی (SF) که نشان دهنده نسبت برش پایه ی تحلیل استاتیکی خطی به برش پایه ی تحلیل طیفی می باشد بازتابهای تحلیل طیفی اصلاح گردد. در این شکل، منظور از EX و EY تحلیل استاتیکی خطی در جهت-های X و Y و منظور از SPX و SPY تحلیل دینامیکی طیفی در جهت‌های X و Y است.

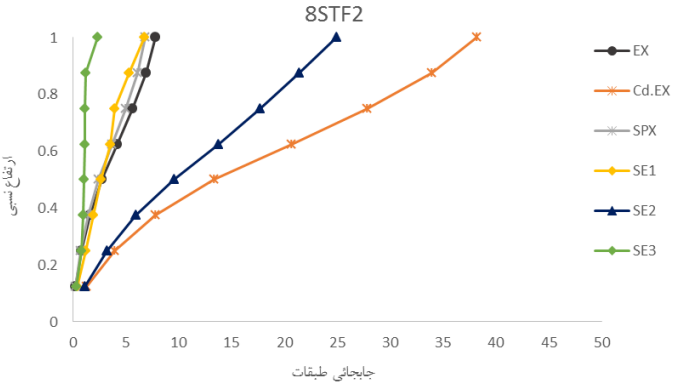
شکل ۴- جابجائی جانبی طبقات تحت انواع تحلیلهای مورد نظر در ساختمان S5FT1

در شکل (۴)، معادل رفتار غیر خطی طبقات (با اعمال ضریب Cd به تغییر مکان و دریفت طبقات) نیز ارائه شده است. در اشکال (۴) و (۵) تغییر مکان طبقات تحت تحلیل دینامیکی طیفی با احتساب ضریب همپایه سازی نیز ارائه شده است (SF*SPX , SF*SPY). ملاحظه می شود تحت تحلیل تاریخچه زمانی با زلزله SE2 رفتار سازه به مقدار پیشنهادی آیین نامه ۲۸۰۰ برای رفتار غیرخطی سازه نزدیک می باشد.



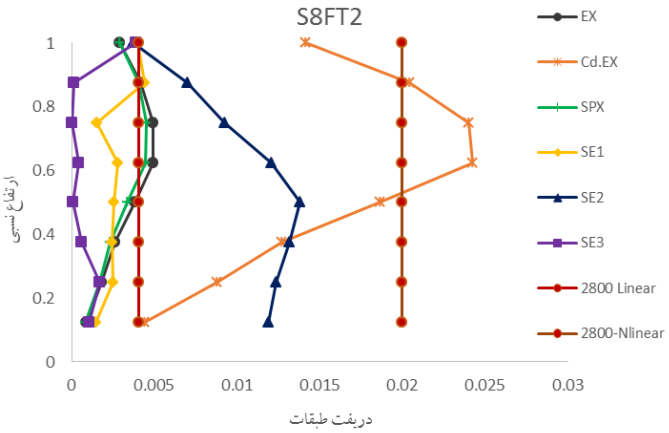
شکل ۵- دریفت طبقات تحت انواع تحلیلهای مورد نظر در ساختمان S5FT1

شکل(۶) جابجایی طبقات را در سازه بتنی برای خاک نوع دوم نشان می‌دهد. همانطور که در این شکل قابل ملاحظه است، جابجایی سازه در برابر زلزله SE2 و نتیجه بدست آمده از روش معادل غیرخطی به یکدیگر مشابهت دارند. همچنین مقادیر بدست آمده از تحلیل استاتیکی خطی و تحلیل طیفی به مقادیر حاصل از زلزله‌ی SE1 و SE3 بسیار نزدیک است.



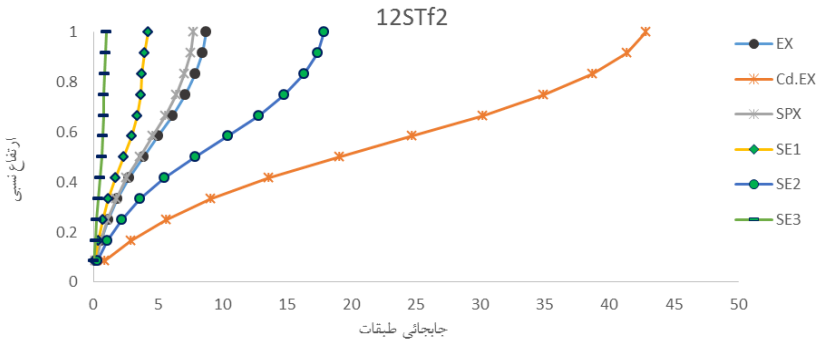
شکل ۶- جابجایی جانبی طبقات تحت انواع نیروهای جانبی مورد نظر در ساختمان S8FT2

در شکل (۷) تغییر مکان طبقات تحت تحلیل دینامیکی طیفی با احتساب ضریب همپایه سازی نیز ارائه شده است. ملاحظه می شود در زمان وقوع زلزله SE2 رفتار سازه به مقدار پیشنهادی آیین نامه ۲۸۰۰ برای رفتار غیرخطی سازه نزدیک می باشد که بیانگر ورود سازه به حوزه غیرخطی می باشد. هرچند که الگوی تغییرشکل سازه در این حالت با رفتار سازه در مقابل زلزله SE2 تفاوت بسیار دارد. اما مقدار ارائه شده مقدار مناسبی است.



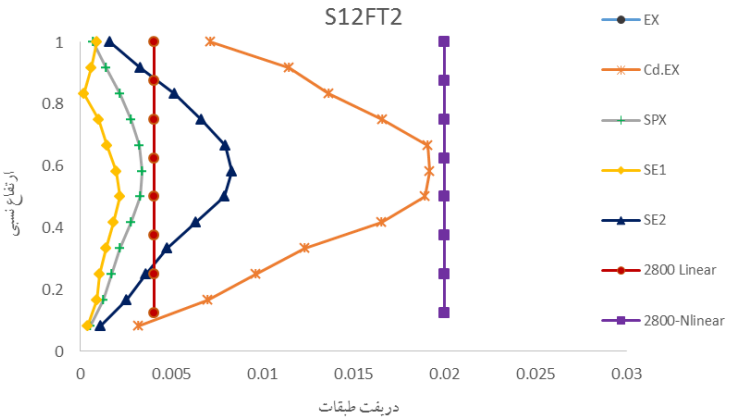
شکل ۷- دریفت طبقات تحت انواع نیروهای جانبی مورد نظر در ساختمان S8FT2

در شکل (۸) نمودار جابجای طبقات ساختمان S12FT2 به نمایش درآمده است. پاسخ غیرخطی معادل پیشنهادی آیین نامه، با پاسخ بدست آمده از سازه در برابر زلزله‌ی SE2 بسیار متفاوت می‌باشد. جابجایی سازه در برابر زلزله SE1 و SE3 بسیار کمتر جابجایی سازه در برابر زلزله SE2 است.



شکل ۸- نمودار جابجایی طبقات ساختمان S12FT2

نمودار دریفت ساختمان S12FT2 در برابر شتاب نگاشت‌های اعمالی و انواع تحلیل‌ها در شکل (۹) رسم شده است. مقادیر دریفت این ساختمان در برابر زلزله‌هایSE1 و SE3 از مقدار مجاز خطی آیین نامه کمتر است. همچنین مقدار دریفت سازه در برابر زلزله SE2 اختلاف زیادی با نتایج بدست آمده از روش معادل غیرخطی دارد.



شکل۹- نمودار دریفت طبقات در ساختمان S12FT2

۷- نتیجه گیری

با مطالعه و بررسی نتایج حاصل از تحلیل‌های انجام گرفته بر روی سازه‌های مختلف، می‌توان به نتایج مهمی دست یافت. مقدار برش پایه اعمالی از زلزله به سازه، برای سازه قاب خمشی در خاک نوع ۱ با افزایش تعداد طبقات از ۵ به ۸ افزایش چشمگیری دارد. اما نکته قابل توجه اینکه با افزایش تعداد طبقات از ۸ به دوازده تغییری در این مقدار مشاهده نمی گردد. این مساله برای سازه‌های بدون دیوار برشی در خاک نوع ۲ نیز مشاهده شد. اما با اضافه شدن دیوار برشی، مقدار برش پایه اعمالی به سازه در قاب ۸ طبقه مقدار قابل توجهی کاهش یافته است. علت تمامی موارد بالا را در تغییر سختی و زمان تناوب سازه یافت. با دقت در مقادیر جابجایی در سازه‌های پنج طبقه، میتوان متوجه شد، تغییر در نوع خاک بر روی سازه دارای سیستم قاب خمشی، تغییر چندانی در نتایج ایجاد نمی‌کند. اما مقدار جابجایی حداکثر در سازه پنج طبقه با دیوار برشی در دو خاک مختلف، نتایج متفاوتی ایجاد می-نماید. البته با توجه به کوچک بودن تغییرشکل‌ها، انتخاب نوع خاک تاثیر چندانی در نتایج ایجاد نمی‌کند. با توجه به مقادیر جابجایی در سازه‌های هشت طبقه، مشهود است که تغییر در نوع خاک برای سازه قاب خمشی، تغییرات قابل توجهی در میزان جابجایی و دریفت ایجاد می‌کند. بنابراین تشخیص اشتباه در نوع خاک برای این سازه موجب بروز خطای بسیار زیاد در تخمی جابجایی حداکثر می‌گردد. مقدار اختلاف این دو مقدار چیزی در حدود دو برابر مقدار کوچکتر است. اما مقدار اختلاف در میزان جابجایی حداکثر در سازه‌های دارای دیوار برشی بروی خاک‌های مختلف، بسیار کم است. بنابراین نوع خاک تاثیر چندانی بر جابجایی‌ها نداشته است. براساس تحلیل‌های انجام شده در سازه‌های دوازده طبقه، مشاهده می‌شود که جابجایی حداکثر در قاب خمشی در خاک نوع اول و دوم، به یکدیگر نزدیک است. اما برای سازه‌های دارای دیوار برشی، مساله انتخاب نوع خاک اهمیت بسیاری دارد. چراکه، جابجایی حداکثر برای سازه دارای دیوار برشی در خاک نوع دوم تقریبا نصف مقدار جابجایی حداکثر همین سازه در خاک نوع ۱ است. نکته قابل توجه در تمامی سازه‌ها این است که، با اضافه شدن دیوار برشی به آن‌ها مقادیر جابجایی و دریفت، کاهش قابل توجهی دارد. در سازه پنج طبقه در خاک نوع ۱ این کاهش چیزی در حدود یک هشتم و در خاک نوع دوم در حدود یک پنجم است. استفاده از دیوار برشی در سازه‌های هشت طبقه نیز تاثیر مثبتی دارا است و مقادیر جابجایی و دریفت را تا حدود ۸۰ درصد کاهش می‌یابد. اما بهره گیری از دیوار برشی در سازه‌های ۱۲ طبقه برای خاک نوع ۱، تاثیر در کاهش جابجایی و دریفت ندارد. البته در سازه‌ی ساخته شده در خاک نوع ۲ مقدار ۴۰ درصد کاهش در جابجایی حداکثر مشاهده می‌شود.

۸- منابع

۱. وات، ف. پوراحمد، احمد. مبانی جغرافیایی زلزله و آتشفشان، انتشارات جهاد دانشگاهی، ۳۵

۲. آیین نامه طراحی ساختمان ها در برابر زلزله استاندارد ۲۸۰۰ (ویرایش ۴)، مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی، ۱۳۹۳

۳. برکچیان، م. شکیب، ح، ارزیابی کمی آسیب پذیری ساختمانهای مهم فولادی در برابر زلزله با استفاده از تحلیل‌های غیر ارتجاعی، *پژوهشکده ساختمان*، ۳، ۱۳۸۰، ۷۴

۴. شکیب، حمزه، عظیمی، مهدی و برکچیان، مجید، تحقیقات لرزه خیزی و طرح مقاوم سازی ساختمانهای ایلام، ارزیابی آسیب پذیری ساختمان های متداول شهری، تهران، ۱۳۷۹

5. Riahi, M. A. et al Seismic refraction and downhole survey for characterization of shallow depth materials of Bam city Southeast of Iran, Journal of the Earth and Space Physics. Volume: 37 Issue 4, 2011

6. Asprone, D. et al, Proposal of a probabilistic model for multi-hazard risk assessment of structures in seismic zones subjected to blast for the limit state of collapse, Structural Safety, Vol. 32, No. 1, pages 25–34, 2010