

## بررسی پاسخ لرزه ای سازه های بلند با دیوار برشی کوپل نامتقارن تحت زلزله های مختلف در شرایط مختلف ساختگاهی

شهلا نعمتی دیزگاه

دانشجوی کارشناسی ارشد سازه، دانشگاه آزاد واحد تاکستان

Shahla.nemati72@gmail.com

وحید حبیب زاده مریان

habibzadeh.vahid375@gmail.com

کارشناسی معماری، دانشگاه آزاد واحد بندر انزلی

حسن آقابرانی

استاد دانشکده مهندسی عمران، دکتری عمران، دانشگاه آزاد واحد قزوین

haghabarati@gmail.com

### چکیده

در این مقاله پاسخ لرزه ای سازه های بلند با دیوار برشی کوپل (دارای بازشو) نامتقارن تحت زلزله های مختلف در شرایط مختلف ساختگاهی مورد ارزیابی قرار گرفته است. به منظور مطالعه تاثیر نوع خاک بستر بر پاسخ لرزه ای سازه های بلند، سه نوع موقعیت مختلف برای قرارگیری دیوار در پلان در نظر گرفته شده است و مدلها در سه حالت ۲۰ و ۸، ۱۶ و ۲۰ طبقه روی سه نوع خاک مختلف بر اساس آیین نامه ۲۸۰۰ بررسی شد. جهت بدست آوردن پاسخ های سازه اعم از جابجایی، ضریب رفتار و... از نرم افزار CSI Perform 3D V5 برای تحلیل استاتیکی غیرخطی و تحلیل دینامیکی تاریخچه زمانی غیر خطی استفاده شده است. با مقایسه کردن زلزله های مذکور و همچنین تاثیر مولفه های افقی آنها بر مدلهای مورد نظر، پاسخ ها برای مدل های مورد نظر تحت تاثیر خاک های مختلف در سطح عملکرد LS (جلوگیری از تلفات جانی) تعیین شد. نتایج بدست آمده حاکی از آن است پاسخ های بدست آمده از تحلیل سازه ها (دریافت، برش پایه) در خاک نوع ۴ بیشتر از خاک نوع ۲ و ۳ میباشد.

**واژگان کلیدی:** دیوار برشی کوپله، تیر کوپله، ساختمانهای بلند، ضریب رفتار

### ۱-۱- مقدمه

دیوار برشی بتن مسلح، المانی صفحه ای است که برای مقابله با نیروهای جانبی در ساختمانها مورد استفاده قرار میگیرد. در غالب موارد دیوارهای برشی قادرند بیشترین سهم نیروی برش پایه را تحمل کنند که موجب افزایش چشمگیر سختی ساختمان و کاهش قابل ملاحظه خسارت به عناصر غیرسازه ای می گردند و همچنین دیوارهای برشی قادرند حتی پس از پذیرش ترکهای زیاد، بارهای ثقلی ساختمان را تحمل کنند که در مقابل ستونها فاقد چنین خاصیتی هستند و در کل چنین عواملی دیوارهای برشی را قابل اطمینان تر از قابهای خمشی ساخته است. [۳]

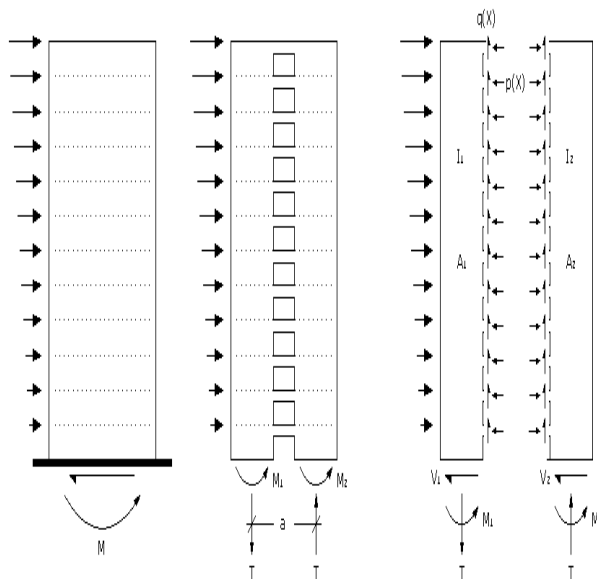
### ۳-۳-۴- دیوارهای برشی دارای بازشو

در اغلب موارد تعبیه بازشوهای منظم برای پنجره ها یا درب ها در دیوارهای برشی اجتناب ناپذیر است. تعیین محل بازشوها باید به نحوی باشد که رفتار سازه ای دیوار برای تحمل بارهای وارده مطلوب باشد. لازم است طراح مطمئن شود که رفتار کلی و خمشی دیوار با کاهش قابل توجه در سطح مقطع آن دچار مشکل نمی شود. همچنین با تعبیه بازشوها نباید به هیچ وجه از مقاومت برشی و مورد نیاز دیوار کاسته شود زیرا در این صورت رفتار دیوار ترد شده و قبل از آن که دیوار به حداکثر ظرفیت خمشی خود برسد تحت اثر شکست برشی فرو می ریزد.

### ۳-۴- مقاومت خمشی دیوار دارای بازشو

در دیوارهای برشی بلند و یا دیوارهایی که عرض پایه های آنها کم باشد، رفتار خمشی، رفتار حاکم بر دیوار خواهد بود و ممان ایجاد شده در دیوار ناشی از بارهای جانبی، توسط یک کوپل نیرو یا یک لنگر تحمل می شود. در شکل (۳-۱۰) اثر بار جانبی متمرکز در بالای دیوار را به همراه عکس العمل های آن نشان می دهد. در مورد دیواری که بازشو دارد، این نیروی جانبی موجب می شود تا لنگر واژگونی  $M_{ot}$  توسط دو دیوار (۱) و (۲) مقاومت گردد. فرض می کنیم که قسمت بازشو نقشه در تحمل این لنگر ندارد و دو دیوار (۱) و (۲) باید در مقابل این لنگر ایستادگی کامل داشته باشند. بنابراین مقدار لنگر واژگونی برابر است با: (۳-۱)

$$M_{ot} = M_1 + M_2 + T.a$$



شکل (۳-۱۰) نحوه مقاومت خمشی دیوار دارای بازشو

نیروی  $T$  در این دو دیوار یکی به صورت فشاری و دیگری به صورت کششی ایجاد می شود و به تناسب سختی و ابعاد این دو دیوار که به فاصله  $a$  از یکدیگر قرار دارند، بستگی دارد. در هر ترازوی مقدار نیروی محوری برابر است با مجموع برش تیرهای رابط بالاتر از آن تراز که به سختی و مقاومت تیرهای رابط بستگی دارد. از طرفی دیگر سهم نیروی محوری  $T$  در مقابله با لنگر خمشی یا لنگر واژگونی  $M_{ot}$  را با نسبت  $T.a$  به  $M_{ot}$  بیان می کنند. که آن را با  $\eta_w$  نشان می دهیم

بنابراین سهم نیروی محوری در تحمل لنگر واژگونی برابر است با [۲]:

$$\eta_w = \frac{T.a}{M_{ot}} \quad (۲-۳)$$

لذا هرچه عرض بازشو بزرگتر باشد و در نتیجه عرض پایه ها کوچکتر باشد، تاثیر نیروی محوری در دیوار و در پایه ها بیشتر خواهد بود که موجب افزایش تنش کششی و فشاری و در نتیجه شکست کششی پایه ها می شود و برای جلوگیری از چنین پدیده ای باید به میزان کافی پایه ها آرماتورگذاری شوند.

### ۹-۳- تغییر مکان جانبی نسبی (دریفت) طبقات

تغییر مکان جانبی نسبی واقعی طرح  $\Delta m$  (تغییر مکان جانبی نسبی غیر ارتجاعی طرح)، در محل مرکز جرم هر طبقه نباید از مقادیر زیر بیشتر شود. در رعایت این محدودیت آثار ناشی از اثر  $\Delta p$  باید در محاسبه تغییر مکانها منظور شود [۴].

$$\Delta m \leq 0.025 \text{ برابر ارتفاع طبقه} \quad (5)$$

$$\Delta m \leq 0.020 \text{ برابر ارتفاع طبقه} \quad (۶)$$

در مرحله طراحی تغییر مکان جانبی نسبی طرح در طبقه ( $\Delta w$  با فرض رفتار خطی سازه) توسط رابطه زیر محدود می شود:

$$\Delta m = 0.7R\Delta w \quad (۷)$$

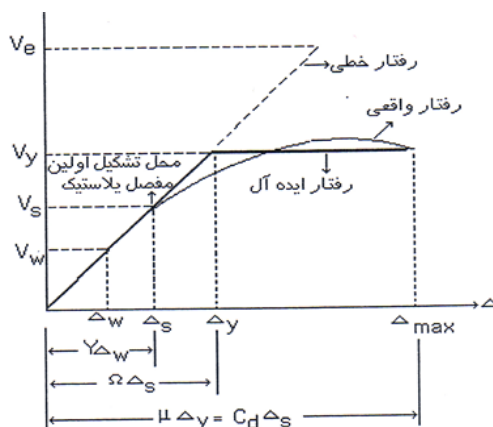
برای رعایت محدودیتهای فوق، مقدار برش پایه را می توان بدون منظور کردن  $\Delta w$  در محاسبه تغییر مکان نسبی هر طبقه محدودیت مربوط به زمان تناوب اصلی ساختمان T تعیین کرد.

### ۹-۳- ضریب رفتار

امروزه بخش عمده ای از طراحی لرزه ای ساختمان ها بر اساس روش استاتیکی معادل و محاسبه نیروی زلزله طراحی از طیف خطی زلزله با اعمال ضریب کاهش به نام ضریب رفتار سازه صورت می گیرد. ضریب رفتار سازه، ضریبی است که در برگزیده فلسفه طراحی است و عملکرد غیرالاستیک سازه را در بردارد و نشانگر مقاومت و شکل پذیری پنهان سازه در مرحله غیرالاستیکی است. ظرفیت تغییر شکل غیرالاستیکی سازه ها به کمک ضریب شکل پذیری بیان می شود، که عبارت است از تغییر شکل نهایی سازه به تغییر شکل لحظه تسلیم آن. بدین ترتیب ضریب رفتار سازه مستقیماً به ضریب شکل پذیری آن بستگی پیدا می کند. هر چه ضریب شکل پذیری یک سازه بیشتر باشد، میزان جذب انرژی سازه بالاتر بوده و در نتیجه مقدار ضریب رفتار آن بزرگتر خواهد بود. هر چه این ضریب بیشتر باشد، قابلیت اطمینان به جذب انرژی توسط سازه بیشتر بوده و انرژی زیادی توسط المان های سازه به دلیل تغییر شکل های پلاستیک جذب می شود و هر چه این انرژی بیشتر باشد، اجازه تشکیل مفصل های پلاستیک بیشتری به سازه داده می شود. این عمل باعث اقتصادی شدن طرح و افزایش شکل پذیری سیستم می شود. بنابراین دیده می شود که با مشخص شدن ضریب رفتار برای یک سیستم سازه ای تا چه حد رفتار سازه معلوم و شناخته شده تر می شود. [۵]

تاکنون روابط متعددی برای تعیین ضریب رفتار در سیستمهای یک درجه آزادی پیشنهاد شده که میتوان براساس آنها با داشتن ظرفیت شکل پذیری سیستم، ضریب رفتار آن را محاسبه کرد. ضریب رفتار سیستمهای چند درجه آزادی از رابطه (۳-۷) محاسبه شده و از سه قسمت زیر تشکیل می شود.

$$R = R\mu \times R_s \times Y \quad (۷-۳)$$



قسمت اول آن مشابه سیستمهای یک درجه آزادی است و معمولاً با  $R\mu$  نشان داده می شود.

قسمت دوم آن تأثیر عوامل مخصوص سیستمهای چنددرجه آزادی را در بر میگیرد و با  $R_s$  نشان داده می شود. این عامل که ضریب اضافه مقاومت نام دارد، عامل اصلی در جلوگیری از خرابی سازه ها با زمان تناوب کوتاه، در مقابل نیروهای حاصل از زمین لرزه است. در اینگونه سازه ها، شکل پذیری تأثیر چندانی در مقابل نیروهای زمین لرزه ندارد. قسمت سوم مربوط به ضریب تنش مجاز  $Y$  است، که برای کاهش برش پایه به هنگام تشکیل اولین مفصل پلاستیک در سازه به نیروی طراحی، برسیستم اعمال می شود [۶]. به وسیله تحلیل استاتیکی غیرخطی یک سازه میتوان نمودار پاسخ کلی آن را به دست آورد. این نمودار بیانگر میزان جابه جایی بالاترین تراز سازه در مقابل افزایش تدریجی نیروی برشی پایه است. در شکل (۱) نمونه ای از منحنی پاسخ کل سازه در اثر تحلیل به روش نیروهای فزاینده استاتیکی غیرخطی رسم شده است [۷]. همانگونه که در شکل دیده می شود رفتار واقعی غیرخطی یک سازه را میتوان با یک رابطه دوخطی مدل کرد. در این مدل دوخطی، نیروی حد جاری شدن سازه با  $V_y$  و تغییر مکان حد جاری شدن با  $\Delta y$  نشان داده شده است. در صورت فرض رفتار خطی سازه در هنگام زلزله، ماکزیمم برش پایه در آن برابر  $V_e$  خواهد بود. این نیرو به دلیل رفتار غیرخطی سازه به نیروی  $V_y$  کاهش می یابد. حداکثر جابه جایی سازه قبل از خرابی سازه برابر  $\Delta_{max}$  است.

رابطه (۳-۸) به دست می آید [۷]

$$\mu = \frac{\Delta_{max}}{\Delta y} \quad (3-8)$$

به دلیل شکل پذیری و رفتار غیرخطی سازه، نیروی خطی سازه  $V_e$  میتواند به نیروی  $V_y$  کاهش یابد. بنابراین میتوان ضریب کاهش نیرو را مطابق رابطه (۳-۹) تعریف کرد:

$$R\mu = \frac{V_e}{V_y} \quad (9-3)$$

بدیهی است که مساحت زیر خط مستقیم تغییر مکان خطی سازه که مقدار آن در انتها  $V_e$  را مشخص می کند، با انرژی کلی سازه برابر است. مقاومت ذخیره شده در سازه از حد اولین جاری شدن سازه  $V_s$  تا حد جاری شدن نهایی و ایجاد مکانیزم خرابی واقعی سازه  $V_y$ ، اضافه مقاومت نامیده می شود. نسبت این دو نیرو ضریب اضافه مقاومت است که با  $R_s$  نشان داده می شود و طبق رابطه (۳-۱۰) تعریف می شود:

$$R_s = \frac{V_y}{V_s} \quad (10-3)$$

اضافه مقاومت در سازه ها به دلایل زیادی از جمله بازتوزیع داخلی نیروها، مقاومت بالاتر مصالح مورد استفاده از مقدار مشخص شده در طراحی، جاری شدن اعضا و ایجاد لولاهای پلاستیک متعدد تا حد تبدیل شدن سازه به یک مکانیزم، بزرگتر بودن مقطع اعضا نسبت به مقدار مورد نیاز و سایر عوامل است. برای طراحی بر اساس تنش مجاز، آیین نامه های طراحی نیروی  $V_s$  را به نیروی طراحی  $V_w$  کاهش می دهند. این کاهش توسط ضریب تنش مجاز که طبق رابطه (۳-۱۱) تعریف می شود صورت می گیرد

$$Y = \frac{V_s}{V_w} \quad (3-11)$$

مقدار  $Y$  برای طراحی به روش مقاومت نهایی برابر ۱ خواهد بود و برای طراحی به روش تنش های مجاز معمولاً مقداری برابر با ۱،۴ دارد (مطابق آیین نامه های ACI و AISC در صورتی که تنش های حاصله در ساختمان در اثر بارهای باد و زلزله و یا ترکیبی از بارهای زنده و مرده و باد و زلزله ایجاد شوند تنش های مجاز داده شده را میتوان به اندازه ۳۳/۳۳ درصد افزایش داد.

### ۳-۱۰- مشخصات نرم افزار

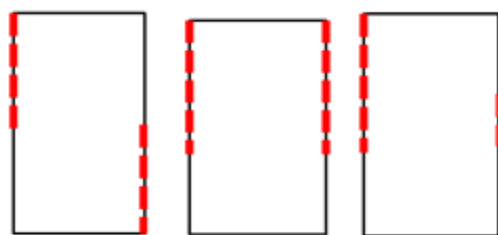
CSI Perform 3D V5 نرم افزاری خاص با تمرکز ویژه روی طراحی مقاوم لرزه ای است. با استفاده از آن میتوان سازه های پیچیده شامل سازه های با دیوار باربر را بصورت غیرخطی و بر اساس حالت های حدی مختلف مقاومت و تغییر شکل تحلیل کرد. در این نرم افزار از انواع مختلفی از المانها شامل: تیر، مهاربند، دیوار (با قابلیت مدلسازی بازشو)، دال کف، میراگر و جداساز می توان استفاده کرد. تحلیل های غیرخطی میتوانند به صورت استاتیکی و یا دینامیکی روی یک مدل انجام شوند. بارها قابلیت اعمال بر سازه در مراحل متفاوت را دارا هستند. این برنامه قابلیت های قدرتمندی برای طراحی بر اساس عملکرد داشته و می تواند نسبت های ظرفیت نیاز را برای تمام اجزا و در تمام حالت های حدی محاسبه کند. ارزیابی عملکرد بر اساس FEMA-440، ATC-40 و FEMA-356 به صورت خودکار انجام می شود. خروجی های برنامه شامل نسبت ظرفیت به نیاز، نمودارهای غیرخطی استاتیکی، نمایش های بالانس انرژی، اشکال مودی، هندسه تغییر شکل یافته و پاسخ های نیرو و تغییر مکان تاریخچه زمانی هستند.

### ۳-۱- بارگذاری، تحلیل و طراحی

بارگذاری ثقلی سازه مطابق با آیین نامه بارگذاری ایران می باشد. بارگذاری جانبی زلزله مطابق با آیین نامه ۲۸۰۰ [۵] ایران صورت گرفته است. برای تعیین پارامترهای موثر در تعیین ضریب برش پایه مطابق آیین نامه زمین ساختگاه تمام مدل های سازه ای مورد مطالعه از نوع II، III و IV می باشد. منطقه با پهنه بندی با خطر نسبی خیلی زیاد و ساختمان با اهمیت متوسط در نظر گرفته شده است. با توجه به قابلیت های پیشرفته نرم افزار ETABS در طراحی سازه های ساختمانی تمام مدل ها در این نرم افزار به صورت سه بعدی مدل سازی، بارگذاری و طراحی شده اند و پس از مشخص شدن بهینه ترین مقاطع، قاب های مورد مطالعه با استفاده از خروجی های نرم افزار ETABS جهت تحلیل استاتیکی غیرخطی و تحلیل دینامیکی تاریخچه زمانی غیرخطی در نرم افزار "CSI perform - 3D" مدل گردید. برای مدلسازی دیوار از نرم افزار "CSI perform - 3D" استفاده شده است و در مدلسازی سختی و مقاومت مصالح، منحنی سه خطی با کاهش مقاومت نهایی بکار گرفته شده اس

### ۳-۲- فرضیات

پلان دیوار برشی بصورت شماتیک بصورت زیر فرض می شود:



مدل ۱

مدل ۲

مدل ۳

شکل بازشوها مستطیلی به عرض ۱ متر و ارتفاع ۲ متر می باشد. پلان ساختمانها منظم است ساختمانها بصورت ۸ طبقه، ۱۶ طبقه و ۲۰ طبقه مدل می شوند. نوع ساختمانها بتنی و مشخصات مصالح بتن؛ وزن مخصوص بتن  $2500 \text{ kg/m}^3$  و مقاومت ۲۸ روزه بتن  $f_c = 250 \text{ kg/cm}^2$  و ضریب پواسون  $\nu = 0.15$  پارامترهای مدلسازی خطی و غیر خطی توسط روابط آیین نامه آبا و دستورالعمل بهسازی لرزه ای ایران در نظر گرفته شده است. مشخصات مصالح فولاد؛ مقدار مقاومت جاری شدن فولاد  $f_y = 400 \text{ kg/cm}^2$  و مدول الاستیسیته فولاد  $E = 1.2 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$  در نظر گرفته شده است. سه رکورد از پایگاه داده های زلزله های قوی PEER به عنوان ورودی تحلیل های تاریخچه زمانی به گونه ای انتخاب شده اند که طیف پاسخ شتاب میانگین (میرایی ۰.۵٪) با طیف طراحی خاک های مورد استفاده در تحقیق از استاندارد ۲۸۰۰ تطابق داشته باشد. جدول (۳-۱) خلاصه اطلاعات مربوط به رکوردهای مذکور را شامل می شود. برای سازگاری بیشتر زمین لرزه های انتخابی با طیف طرح آیین نامه، زمین لرزه ها مقیاس شده اند. این عمل به گونه ای انجام می شود که میانگین طیف های پاسخ خطی ۰.۵٪ میرا شده ی رکوردهای مورد نظر با  $PGA=g$  در محدوده ی پریودهای  $0.2T_i$  تا  $1/5T_i$  در هیچ حالتی کمتر از مقدار متناظر طیف طرح استاندارد ۲۸۰۰ نباشد که  $T_i$  پریود اصلی ساختمان است که در سازه های بتن مسلح از رابطه  $T_i = 0.05H^{3/4}$  به دست می آید (استاندارد ۲۸۰۰). در این رابطه  $H$  ارتفاع کل سازه است. از مولفه های افقی زلزله استفاده شده است. پارامترهای خاک بر اساس سه نوع ساختگاه متداول در آیین نامه ۲۸۰۰، خاک نوع II، III و IV مدل میشود. رفتار غیرخطی دیوار بر اساس منحنی تنش- کرنش غیر خطی مصالح مدل می شود.

### ۳-۳- جزئیات پلان مورد استفاده

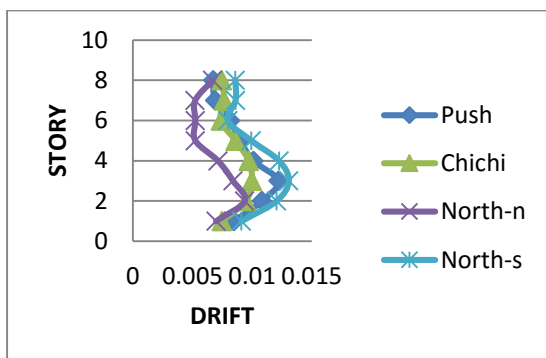
به منظور بررسی پاسخ لرزه ای تعداد ۲۷ مدل سازه در تعداد طبقات ۸ و ۱۶ و ۲۰ انتخاب شدند. ارتفاع طبقات در تمامی مدل ها ۳ متر و تعداد دهانه ها ۳ عدد و طول دهانه ها ۶ و ۵ متر میباشد.

### ۳-۴- شتاب نگاشت های مورد استفاده: (ضریب مقیاس ۰.۵۳ می باشد)

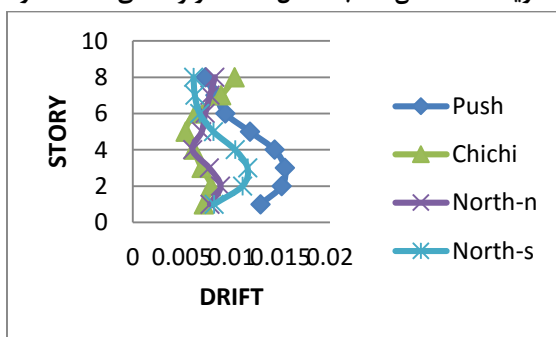
جدول (۳-۱): مشخصات زلزله های مورد استفاده

### ۳-۴- تحلیل استاتیکی غیرخطی و تحلیل دینامیکی تاریخچه زمانی

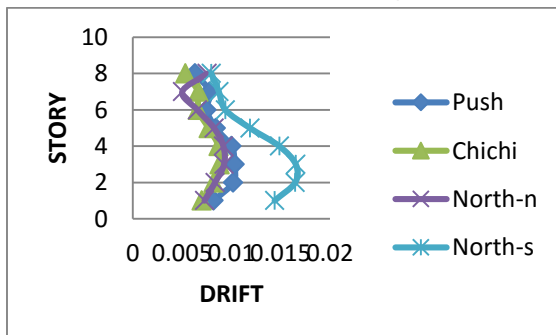
در تحلیل دینامیکی تاریخچه زمانی ابتدا بارگذاری ثقلی به صورت ترکیب بار مرده و ۲۵٪ بار زنده ضرب در ضریب ۱.۱ اعمال شده و تحلیل می شود در ادامه بارگذاری جانبی به صورت شتابنگاشت زلزله به سازه وارد می شود. تحلیل استاتیکی غیر خطی و تحلیل دینامیکی تاریخچه زمانی غیرخطی با استفاده از زلزله های انتخابی برای مدلها در خاکهای مختلف انجام شد. هدف از انجام تحلیل، نشان دادن پاسخ سازه ها شامل دریافت ماکزیمم طبقات، برش های پایه ماکزیمم، ضریب رفتار می باشد.



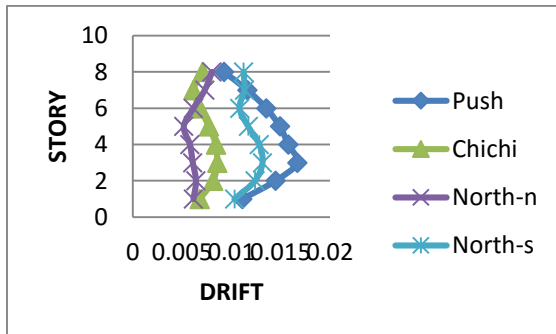
شکل (۴-۱): دریفت ساختمان ۸ طبقه مدل ۱ تحت زلزله های مختلف در خاک نوع ۲



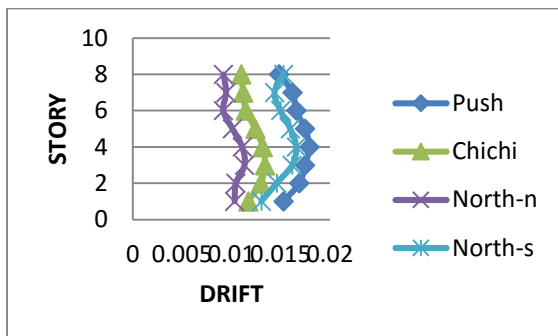
شکل (۴-۲): دریفت ساختمان ۸ طبقه مدل ۱ تحت زلزله های مختلف در خاک نوع ۳



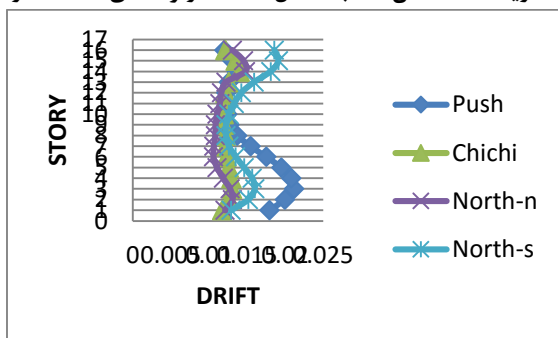
شکل (۴-۳): دریفت ساختمان ۸ طبقه مدل ۱ تحت زلزله های مختلف در خاک نوع ۴



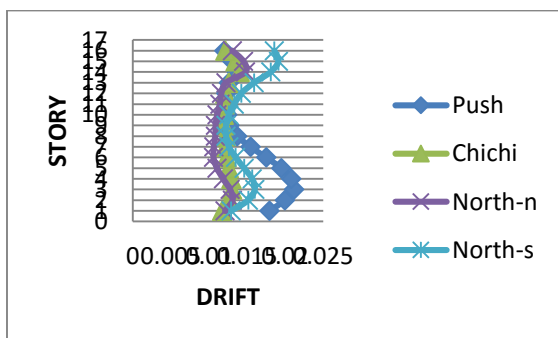
شکل (۴-۴): دریفت ساختمان ۸ طبقه مدل ۲ تحت زلزله های مختلف در خاک نوع ۴



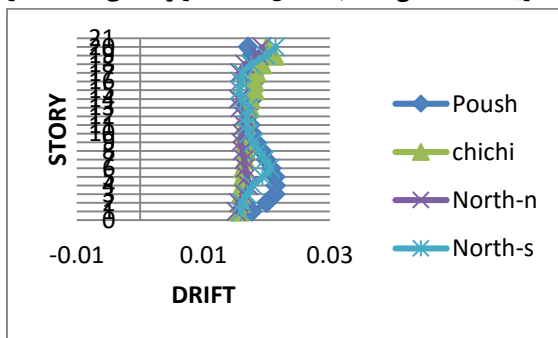
شکل (۴-۵): دریفت ساختمان ۸ طبقه مدل ۳ تحت زلزله های مختلف در خاک نوع ۴



شکل (۴-۶): دریفت ساختمان ۱۶ طبقه مدل ۲ تحت زلزله های مختلف در خاک نوع ۴

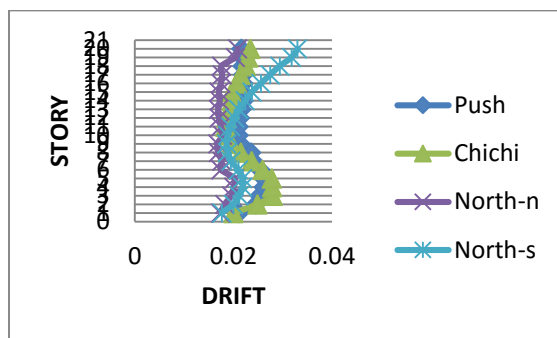


شکل (۴-۷): دریفت ساختمان ۱۶ طبقه مدل ۳ تحت زلزله های مختلف در خاک نوع ۲

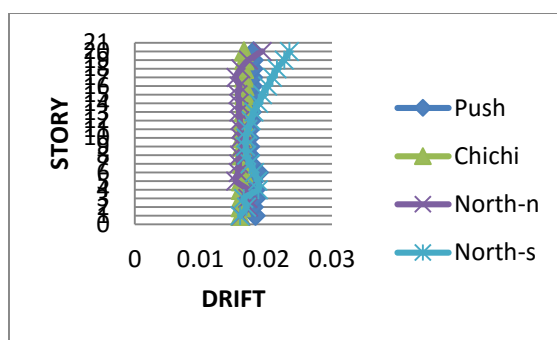


شکل (۴-۸): دریفت ساختمان ۲۰ طبقه مدل ۱ تحت زلزله های مختلف در خاک نوع ۲

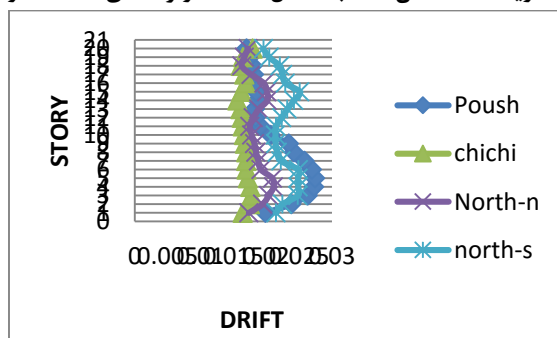




شکل (۹-۴): دریفت ساختمان ۲۰ طبقه مدل ۱ تحت زلزله های مختلف در خاک نوع ۴

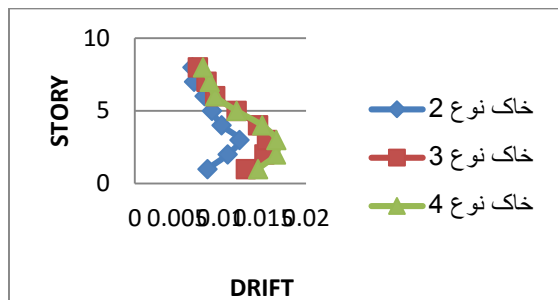


شکل (۱۰-۴): دریفت ساختمان ۲۰ طبقه مدل ۳ تحت زلزله های مختلف در خاک نوع ۲

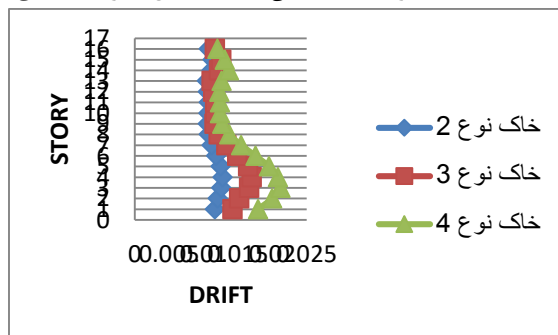


شکل (۱۱-۴): دریفت ساختمان ۲۰ طبقه مدل ۳ تحت زلزله های مختلف در خاک نوع ۴

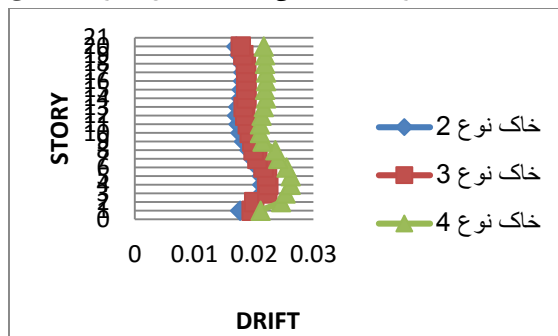
شدت ارتعاش زلزله بر پاسخ سازه ای تاثیر گذار میباشد. بعلاوه وجود اثرات میرایی و رفتار غیرخطی وابسته به کرنش برشی خاک زیرین سازه ها سطح شتاب ورودی می تواند اثر قابل توجهی بر پاسخ سازه ای داشته باشد. با افزایش سطح شتاب ورودی سختی ساختگاه کاهش می یابد. کاهش سختی ساختگاه و همچنین تغییر محتوای فرکانسی حرکت ورودی، پاسخ سازه را بطور کلی تحت تاثیر قرار می دهد. برخی از خصوصیات حرکات زمین مانند الف) حداکثر حرکات زمین (حداکثر شتاب، حداکثر سرعت و حداکثر تغییر مکان زمین) ب) مدت دوام حرکات شدید ج) محتوای فرکانسی تاثیر عمده ای بر پاسخ سازه در زمین لرزه دارند، بطوریکه حداکثر حرکات زمین عمدتاً روی دامنه ارتعاشات اثر می گذارد. مدت دوام حرکات شدید تاثیر قابل توجهی بر شدت جنبش و تکان سازه دارد، بنحوی که زمین لرزه ای که دارای حداکثر شتاب متوسط و مدت دوام طولانی باشد خسارات بیشتری از زمین لرزه ای با شتاب بزرگتر اما مدت دوام کوتاهتر بر جای می گذارد. محتوای فرکانسی و شکل طیفی به پیوند ارتعاش سازه مربوط می شوند. در صورتی که محتوای فرکانسی حرکات و فرکانسهای ارتعاش سازه نزدیک به هم باشند، حرکات زمین موجب ایجاد بیشترین تشدید در سازه خواهد شد.



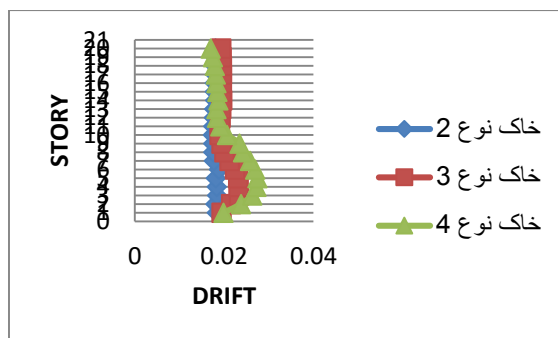
شکل (۴-۱۲): مقایسه دریفت ساختمان ۸ طبقه مدل ۱ در خاک های مختلف



شکل (۴-۱۳): مقایسه دریفت ساختمان ۱۶ طبقه مدل ۲ در خاک های مختلف



شکل (۴-۱۴): مقایسه دریفت ساختمان ۲۰ طبقه مدل ۱ در خاک های مختلف



شکل (۴-۱۵): مقایسه دریفت ساختمان ۲۰ طبقه مدل ۳ در خاک های مختلف

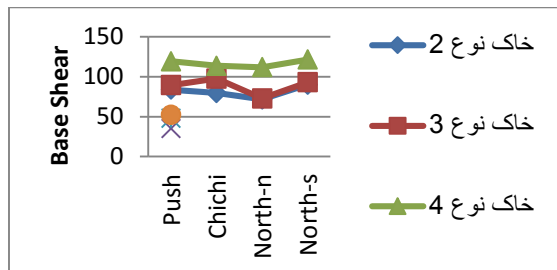
حداکثر دریفت طبقات در تمامی مدلها مقادیری در حد مجاز آیین نامه (۰,۰۲) را شامل می شود. در مدل ۲۰ طبقه در خاک نوع ۳ و ۴ مقدار ماکزیمم دریفت از مقدار مجاز آیین نامه ای تجاوز نموده است. زلزله حوزه نزدیک تقاضای تغییر شکل سازه را افزایش می دهد. استفاده از سیستم های دوگانه، با افزایش سختی سازه، میزان این تقاضا را کاهش می دهد اما از طرف دیگر با سخت تر شدن سازه، دوره تناوب آن کاهش می یابد و روی طیف پاسخ زلزله به سمت ناحیه شتاب حساس (که در طیف پاسخ زلزله های حوزه نزدیک پهنای بیشتری دارد و این امر در سازه های بلند حائز اهمیت است) جابجا می گردد. واقع

شدن سازه در محدوده شتاب های طیفی بیشتر، نیروی بیشتری را بر سازه تحمیل می کند و ارائه یک طرح مستحکم تر را اجتناب ناپذیر می سازد. مقایسه نمودارها نشان می دهد در تمامی مدل های ۸،۱۶ و ۲۰ طبقه ماکزیمم دریفت طبقات در خاک نوع ۴ بیشترین مقدار، سپس در خاک نوع ۳ و در خاک نوع ۲ دارای کمترین مقدار می باشد. محیط خاکی زیرین سازه و پدیده اندرکنش خاک و سازه در هنگام وقوع زلزله نیروهای لرزه ای وارد به سازه را به میزان قابل توجهی افزایش داده بطوری که این افزایش در موارد زیادی به خرابی و فروریزش سازه ها منجر شده است. خصوصیات مکانیکی محیط خاک نرم اثرات بارزی بر دامنه محتوای فرکانسی و شکل طیف های مولفه های لرزه ای در سطح ساختگاه می گذارد. برای سنگ و خاک سخت، ارتعاش زمین مقادیر فرکانسهای محدودی را شامل می شود، به همین دلیل محتوای فرکانسی باند باریک بوده و در حول فرکانس مرکزی تمرکز دارد. اما برای خاک سست مقداری بزرگ بوده و ارتعاش زمین فرکانسهای زیادی را شامل می شود و فرآیند تقریباً "به صورت باند پهن است. پیروود نسبی ساختگاه نیز بر پاسخ سازه ای تاثیرگذار میباشد. با افزایش پیروود نسبی ساختگاه مقدار پاسخ سازه ای افزایش می یابد.

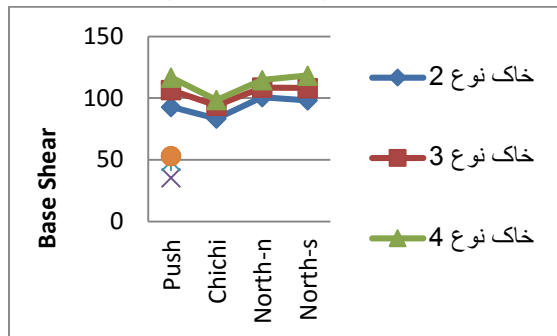
۴-۵- مقایسه برش پایه در مدل های مختلف و خاک های مختلف

تعداد طبقات	نوع خاک	C	V(ton) مدل ۱	V(ton) مدل ۲	V(ton) مدل ۳
۸	خاک نوع ۲	۰,۰۹۲	۳۴,۹۸	۳۵,۱۶	۳۵,۵۳
	خاک نوع ۳	۰,۱۲۶	۴۷,۹	۴۸,۱۵	۴۸,۶۶
	خاک نوع ۴	۰,۱۳۷۵	۵۲,۲۸	۵۲,۵۵	۵۳,۱۱
۱۶	خاک نوع ۲	۰,۰۶۴۵	۴۱,۸۹	۴۱,۵۴	۴۱,۵۶
	خاک نوع ۳	۰,۰۸۹	۵۷,۸۱	۵۷,۳۲	۵۷,۶۵
	خاک نوع ۴	۰,۱۱۳	۷۳,۳۹	۷۲,۷۸	۷۳,۱۹
۲۰	خاک نوع ۲	۰,۰۵۸	۶۰,۴۳	۶۰,۶۷	۶۰,۷۷
	خاک نوع ۳	۰,۰۷۹۵	۸۲,۸۴	۸۳,۱۶	۸۳,۲۹
	خاک نوع ۴	۰,۱۰۱	۱۰۵,۲۴	۱۰۵,۶۵	۱۰۵,۸۲

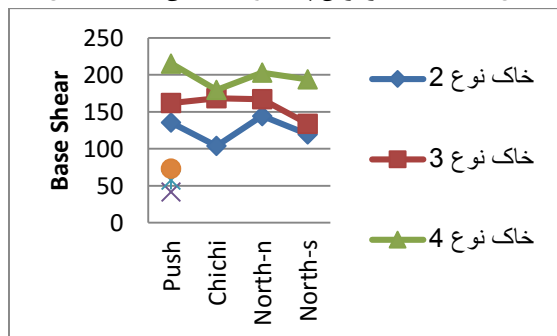
۴-۵-۱- مقادیر برش پایه در ساختمان ۸ طبقه



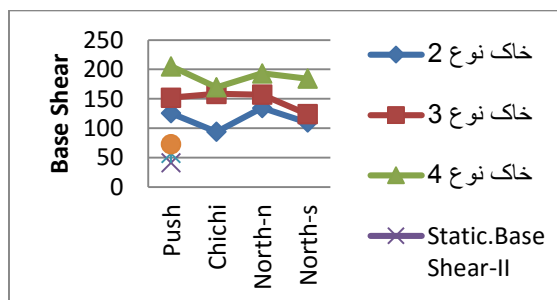
شکل(۴-۱۶):مقادیر برش پایه در ساختمان ۸ طبقه مدل ۱



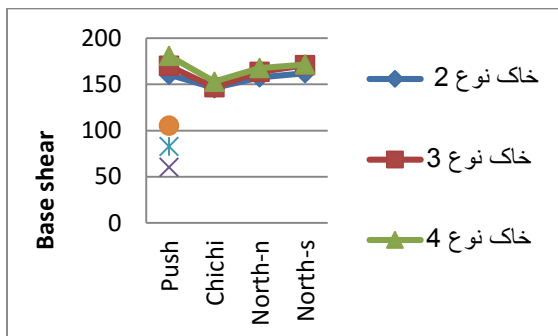
شکل(۴-۱۷):مقادیر برش پایه در ساختمان ۸ طبقه مدل ۳



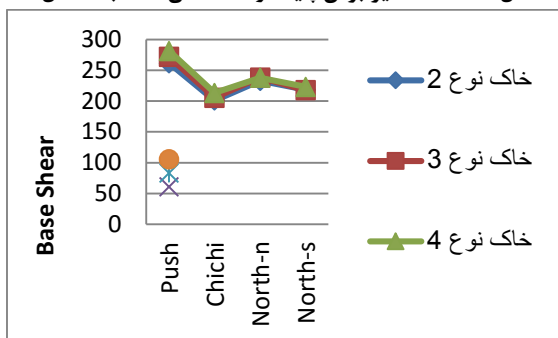
شکل(۴-۱۸):مقادیر برش پایه در ساختمان ۱۶ طبقه مدل ۱



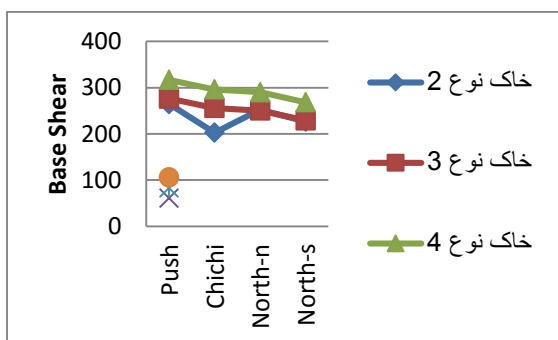
شکل(۴-۱۹):مقادیر برش پایه در ساختمان ۱۶ طبقه مدل ۲



شکل (۴-۲۰): مقادیر برش پایه در ساختمان ۲۰ طبقه مدل ۱



شکل (۴-۲۱): مقادیر برش پایه در ساختمان ۲۰ طبقه مدل ۲



شکل (۴-۲۲): مقادیر برش پایه در ساختمان ۲۰ طبقه مدل ۳

مقدار برش پایه محاسباتی تحت اثر لرزه زمین لرزه های حوزه نزدیک برای تمامی مدلها و در هر سه نوع خاک طبق استاندارد ۲۸۰۰، از مقدار برش پایه استاتیکی بیشتر است. این افزایش در خاک نوع ۴ بیشترین مقدار را نشان می دهد. اختلاف بین برش پایه محاسباتی و برش پایه استاتیکی با افزایش تعداد طبقات افزایش قابل ملاحظه ای می یابد. مقایسه برش پایه در خاکهای مختلف نشان می دهد که خاک نوع ۴ بیشترین برش پایه و خاک نوع ۲ کمترین مقدار برش پایه را دارا می باشد. مقایسه برش پایه بدست آمده در دو روش تحلیل استاتیکی غیرخطی و روش تحلیل دینامیکی غیر خطی تاریخچه زمانی نشان می دهد که در تمامی مدلها برش پایه بدست آمده در روش استاتیکی بیشتر از روش دینامیکی است چون در تحلیل پوش آور سازه به اندازه ی بیشترین ظرفیت خود بارگذاری می شود پس برش پایه بالاتری را دارد.

#### ۴-۷- مقایسه ضریب رفتار در مدل‌های مختلف و با خاک‌های مختلف

هر چه ضریب رفتار سازه بیشتر باشد، قابلیت اطمینان به جذب انرژی توسط سازه بیشتر بوده و انرژی زیادی توسط المان های سازه به دلیل تغییر شکل های پلاستیک جذب می شود و هر چه این انرژی بیشتر باشد، اجازه تشکیل مفصل های پلاستیک بیشتری به سازه داده می شود. این عمل باعث اقتصادی شدن طرح و افزایش شکل پذیری سیستم می شود هرچه تعداد مفاصل پلاستیک تشکیل شده در سازه بیشتر باشد قابلیت جذب انرژی توسط سازه بیشتر بوده، در نتیجه سازه شکل

پذیرتر خواهد بود استاندارد ۲۸۰۰ برای تطابق بیشتر با آیین نامه های مواد(بتن و فولاد) که طراحی در آنها بر اساس روش تنش مجاز می باشد مانند ACI-318 و آیین نامه بتن ایران، ضریب رفتار محاسبه شده در ضریب تنش مجاز که عدد ۱,۴ می باشد ضرب می شود.

مقادیر عددی ضریب رفتار در ساختمان ۸ طبقه

مدل خاک	مدل ۱	مدل ۲	مدل ۳
R(II)	۵,۴۶	۴,۳۶۸	۴,۶۷۶
R(III)	۶,۰۷۶	۵,۳۲	۵,۸۸
R(IV)	۶,۹۴۴	۶,۷۶۲	۷,۴۲

مقادیر عددی ضریب رفتار در ساختمان ۱۶ طبقه

مدل خاک	مدل ۱	مدل ۲	مدل ۳
R(II)	۵,۶	۴,۹	۵,۳۲
R(III)	۷	۵,۶	۶,۵۸
R(IV)	۹,۱	۷,۸۴	۸,۲۶

مقادیر عددی ضریب رفتار در ساختمان ۲۰ طبقه

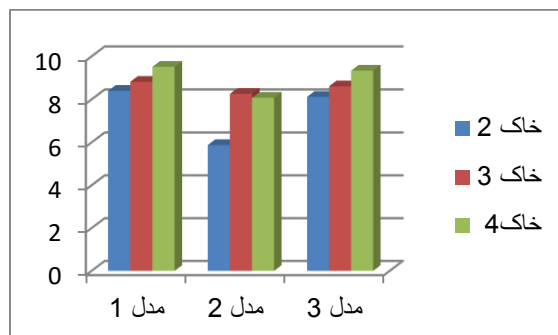
مدل خاک	مدل ۱	مدل ۲	مدل ۳
R(II)	۸,۴	۵,۸۸	۸,۱۲
R(III)	۸,۸۲	۸,۲۶	۸,۶۱
R(IV)	۹,۵۲	۸,۰۷۸	۹,۳۳۸

میانگین ضریب رفتار بدست آمده در خاکهای مختلف

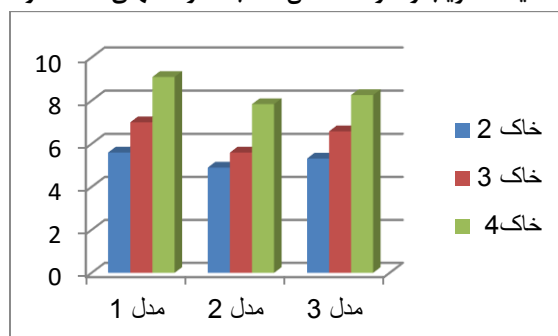
نوع خاک	خاک نوع ۲	خاک نوع ۳	خاک نوع ۴	میانگین
R	۶,۰۲	۶,۹۰۲	۸,۱۳۴	۷,۰۱

همانطور که مشاهده می شود ضریب رفتار بدست آمده برای سازه در شرایط مختلف ساختگاهی متفاوت می باشد. میانگین ضریب رفتار بدست آمده در این تحقیق با صرف نظر کردن از اختلاف در نوع خاک ساختگاه برای سازه های قاب خمشی بتنی با دیوار برشی کوپل نامتقارن مقدار ۷,۰۱ می باشد که در مقایسه با مقدار آن در استاندارد ۲۸۰۰ (R=۸) کمتر می باشد.

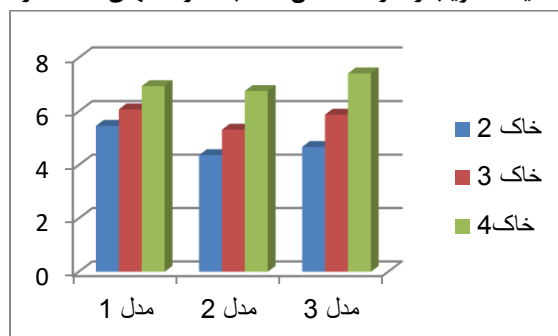
۴-۷-۱- مقایسه ضریب رفتار محاسبه شده در خاکهای مختلف (تاثیر جنس زمین بر ضریب رفتار):



شکل (۴-۵۵): مقایسه ضریب رفتار ساختمان ۸ طبقه در خاکهای مختلف ومدلهای مختلف



شکل (۴-۵۶): مقایسه ضریب رفتار ساختمان ۱۶ طبقه در خاکهای مختلف ومدلهای مختلف



شکل (۴-۵۷): مقایسه ضریب رفتار ساختمان ۲۰ طبقه در خاکهای مختلف ومدلهای مختلف

همانطور که در نمودارها مشخص است هر مقدار جنس زمین سخت تر باشد، ضریب رفتار کاهش می یابد. ضریب رفتار در زمین های نرم تر بیشتر از زمین های با جنس سخت تر است که دلیل آن می تواند مربوط به تاثیر اندرکنش خاک و سازه تلقی شود زیرا زمان تناوب غالب خاک (Ts) در زمین های نرم تر نسبت به زمین های سخت تر افزایش می یابد.

#### ۵-۱- نتیجه گیری

نتایج بست آمده از انجام تحلیل ها به صورت زیر می باشد:

۱- پاسخ های بدست آمده از تحلیل سازه ها (دریفت، برش پایه) در خاک نوع ۴ بیشتر از خاک نوع ۳ و ۲ میباشد. پاسخ سازه در خاک نرم بیشتر از خاک سخت می باشد.

۲- با افزایش پررود نسبی ساختگاه مقدار دررفت طبقات تحت اثر زمین لرزه های حوزه نزدیک افزایش قابل ملاحظه ای پیدا می کند. بطوریکه دررفت های بدست آمده از سازه ها در خاک نوع ۴ دارای بیشترین مقدار و در خاک نوع ۲ دارای کمترین مقدار می باشد.

۳- همانطور که در نمودارها مشخص است هر مقدار جنس زمین سخت تر باشد، ضریب رفتار کاهش می یابد. ضریب رفتار در زمین های نرم تر بیشتر از زمین های با جنس سخت تر است که دلیل آن می تواند مربوط به تاثیر اندرکنش خاک و سازه تلقی شود زیرا زمان تناوب غالب خاک (Ts) در زمین های نرم تر نسبت به زمین های سخت تر افزایش می یابد. همانطور که مشخص است خاک نوع ۴ دارای بیشترین ضریب رفتار و خاک نوع ۲ دارای کمترین ضریب رفتار می باشد

۵- دررفت ساختمان ۲۰ طبقه بر روی خاک ۳ و ۴ (نرم و نسبتاً نرم) از حد مجاز آیین نامه ای بیشتر است. لذا هنگام احداث ساختمان بلند بر روی خاک نرم در شرایط زلزله نزدیک گسل باید دارای شکل پذیری کافی باشد استفاده از میراگرها برای استهلاک انرژی بسیار زیاد وارد بر سازه با کاهش تغییرمکان جانبی سازه باعث بهبود عملکرد آن می گردد.

### مراجع

- 1- مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن، "آیین نامه طراحی ساختمان ها در برابر زلزله (استاندارد ۲۸۰۰)"، ویرایش سوم، ۱۳۸۴.
- 2- عربزاده، ا. و سینافر، م. (۱۳۸۷)، "ضریب رفتار دیوارهای برشی دارای بازشو"، مجله فنی و مهندسی مدرس، پاییز ۱۳۸۷
3. Paulay, T. 1969: Reinforced Concrete Shear Walls. *New Zealand Engineering*, Vol. 24, No. 10:315-321.
4. Zalka, K.A. Buckling analysis of buildings braced by frameworks, shear walls and cores, the structural desing of tall buildings, 2002, 11, 197-219
5. C. Kurama, Yahya, Shen, Qiang, Seismic design and response evaluation of unbounded post-tensioned hybrid coupled wall structures, earthquake engineerin an dstructural dynamics, 2008, 37, 1677-1702
6. Kuang, J.S., Chau, C.K., free vibration sofstiffened coupled shear walls, the structural design of tall buildings, 1998, 7, 135-145
7. Assadi Zeidabadi, Navab, Mirtalae, Kamal, Mobasher, Barzin, optimize duse of the out rigger system to stiffen the coupled shea walls in tall buildings, the structural design of tall and special buildings, 2004, 13, 9-27