

بررسی اثر اندرکنش خاک و سازه بر پاسخ سازه‌های با میراگر ویسکوالاستیک تحت میرایی‌های مختلف

سعید جواهرزاده

عضو هیأت علمی، گروه عمران، دانشگاه آزاد اسلامی شبستر، شبستر، ایران

مسعود پوربابا

عضو هیأت علمی، گروه عمران، دانشگاه آزاد اسلامی مراغه، مراغه، ایران

فریبا سیدی محمدی

کارشناسی‌ارشد سازه، مؤسسه غیرانتفاعی سراج، تبریز، ایران

Sjavaherzade@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۹۵/۰۳/۰۵ تاریخ پذیرش نهایی: ۹۵/۰۵/۲۶

چکیده:

کاهش انرژی ورودی به سازه‌ها با استفاده از میراگرهای الحاقی، روشی مؤثر در میرا نمودن انرژی ورودی به سازه است. از جمله ابزارهای مناسب برای میرا نمودن انرژی ورودی سازه، میراگر ویسکوالاستیک است. با توجه به این که عموماً در تحلیل سازه‌ها خاک واقع در زیر سازه‌ها صلب فرض می‌شود و از اثر اندرکنش خاک و سازه صرف‌نظر می‌شود ولی در واقعیت این خاک صلب نیست و وجود خاک در زیر سازه باعث تغییر خصوصیات دینامیکی سازه و در نتیجه پاسخ آن می‌گردد. پاسخ سازه و عملکرد میراگرها به مؤلفه‌های گوناگونی از جمله نوع حرکت زمین و مشخصات خاک بستگی دارد. در این پژوهش چند قاب بتنی خمشی ویژه دو بعدی مورد بررسی قرار گرفته است، که در آن برای مدلسازی قاب با میراگر الحاقی از روش Kelvin در قابها استفاده شده و برای مدلسازی اثر اندرکنش خاک بر روی سازه‌ی با میراگر الحاقی از روش فنر و میراگر معادل در نرم‌افزار OpenSees استفاده شده است. قابهای مورد مطالعه پس از بهسازی با میراگر، تحت تحلیل دینامیکی تاریخچه زمانی غیرخطی قرار گرفته‌اند و این تحلیل در سه میرایی ۵٪، ۱۰٪ و ۱۵٪ انجام گرفته است. در پایان نتایج حاصل از تأثیر میراگر ویسکوالاستیک با وجود اندرکنش خاک و سازه تحت میرایی‌های مختلف مورد بررسی قرار گرفته است.

کلید واژگان: میرایی، میراگر ویسکوالاستیک، اندرکنش خاک و سازه، پاسخ سازه، تحلیل تاریخچه زمانی غیرخطی

۱- مقدمه

انرژی می توان به FEMA273، FEMA356 و ATC19 اشاره نمود [۵-۷]. به همین ترتیب در سالهای ۲۰۰۰ و ۲۰۰۳، NEHRP ضوابط طراحی سیستم‌های سازه‌ای دارای میراگر را در خصوص تحلیل این سیستم‌ها براساس روش‌های خطی و به صورت نیروی جانبی معادل منتشر کردند [۸].

از طرفی توجه به اثر خاک در عملکرد سازه حین زلزله موضوعی است که در دهه‌های اخیر مورد توجه تحقیقات بسیاری قرار گرفته است. Yashinsky گزارشی از خسارت‌های زلزله San Francisco را در سال ۱۹۸۹ ارائه کرد. تحلیل‌های عددی وسیعی که توسط Mylonakis و Gazetas انجام شد، نشان داد که اندرکنش خاک و سازه در خرابی شدید بزرگراه سریع السیر Hanshin در زلزله کوبه سال ۱۹۹۵ ژاپن، علت عمده بوده است [۸]. اثر اندرکنش خاک و سازه بر پاسخ غیرخطی سازه‌های بلند، توسط تیریزی، ناطق الهی و بهنام فر در سال ۲۰۰۴ با استفاده از تحلیل دینامیکی غیر خطی، مورد بررسی قرار گرفته است [۹]. آنها مشاهده کردند که در مواردی که زمان تناوب دینامیکی لایه‌ی خاک، فاصله‌ی زیادی با پرپود سازه دارد، اندرکنش سازه‌های مجاور معمولاً اثر کاهنده بر پاسخ غیرخطی و خسارت سازه از خود نشان می‌دهد.

۳- مدلسازی

در این پژوهش چند قاب دو بعدی با تعداد طبقات ۳ و ۸ با چهار حالت مختلف، هر کدام با ۵ دهانه به اندازه ۵ متر واقع بر زمین نوع سه در شهر تبریز (با خطر نسبی خیلی زیاد) مطابق با ویرایش سوم آیین نامه ۲۸۰۰ تحلیل می‌شود. در مدل‌سازی، المان‌های بکار رفته از نوع غیرخطی می‌باشد. کلیه رکورد‌هایی زلزله طبق ضوابط ASCE7-05 مقیاس شده‌اند. در مرحله بعد میراگرهای ویسکوالاستیک با پارامترهای از پیش تعیین شده به روش Kelvin به مدل‌ها اضافه می‌شود. سپس اثر اندرکنش خاک و سازه به مدل‌های بدون میراگر الحاقی و با میراگر الحاقی افزوده می‌شود. سپس مدل‌های ساخته شده در برنامه OpenSees تحت تحلیل تاریخچه زمانی قرار می‌گیرند. نهایتاً پاسخ‌های سازه، از جمله تغییر مکان‌ها و برش پایه با در نظرگیری اثر اندرکنش خاک و سازه و بدون آن، قبل و بعد از بهسازی مقایسه شده است و همزمان اثرات اندرکنش خاک و سازه بر روی عملکرد میراگرهای ویسکوالاستیک با میرایی ۵٪، ۱۰٪ و ۱۵٪ بررسی شده است.

۳-۱- تعیین سختی موثر در میراگرهای ویسکوالاستیک

براساس نسبت میرایی

در میراگرهای ویسکوالاستیک، مدول ذخیره برشی G' و مدول برشی از دست رفته G'' که تابعی از فرکانس اصلی ارتعاش سازه می‌باشند، جهت تعیین سختی و میرایی موثر بکار می‌روند [۱۰ و ۱۱].

استفاده از روش‌های ارتجاعی در تحلیل و طراحی ساختمانهای مقاوم در برابر زمین لرزه به لحاظ سادگی و کاربردی بودن از اهمیت ویژه‌ای برخوردار می‌باشد. در این نوع روش‌ها با کاهش نیروهای طراحی که میزان آن وابسته به نوع سیستم سازه‌ای است، عملاً شرایط ورود سازه‌ها به محدوده رفتار غیرخطی مصالح و اتلاف بخشی از انرژی ورودی به سیستم توسط آن فراهم می‌گردد. با توجه به احتمال بروز خسارت ناشی از رفتار چرخه‌ای در اتصالات و یا سایر نقاط سازه، ایده استفاده از سیستم‌های جاذب انرژی برای اتلاف انرژی ورودی به سازه در نقاطی مشخص از آن و طبیعتاً تسهیل در امر ترمیم خسارت سازه ای وارده مطرح شد.

موضوع اصلی در این پژوهش میراگرهای ویسکوالاستیک می‌باشد که به منظور کاهش پاسخ سازه‌ها در برابر تحریکات لرزه‌ای به کار می‌رود. با توجه به اینکه مطالعات زیادی در رابطه با میراگرهای ویسکوالاستیک صورت گرفته است، به ندرت به تأثیر اندرکنش خاک و سازه بر عملکرد این میراگرها توجه شده است. در این پژوهش عملکرد میراگرهای ویسکوالاستیک با میرایی‌های مختلف در کاهش پاسخ سازه‌ها در برابر تحریک زلزله با در نظرگیری اثر اندرکنش خاک و سازه، در جهت رسیدن به عملکرد بهینه مورد بررسی قرار می‌گیرد. بدین منظور از نرم افزار OpenSees جهت مدل سازی قاب‌ها، استفاده شده است. در نهایت از تحلیل تاریخچه زمانی غیر خطی سه رکورد مختلف برای نتیجه گیری استفاده شده است.

۲- مروری بر تحقیقات گذشته، تاریخچه پروژه

و پژوهش‌های انجام شده

استفاده از سیستم‌های جاذب انرژی اولین بار در زلزله Loma Prieta در سال ۱۹۸۹ مطرح گردید. در سال ۱۹۹۷، Soong و Dargush نسبت به ارائه تاریخچه‌ای از انواع سیستم‌های جاذب انرژی اقدام نمودند [۱]. در سال ۱۹۹۸، Soong و Constantinou نحوه طراحی المان‌های به کار رفته در این سیستم‌ها برای مقابله با نیروهای جانبی ناشی از زلزله را ارائه نمودند [۲]. همچنین تلاش‌های انجام یافته در این زمینه و نتایج حاصله در مورد چگونگی کاربرد سیستم‌های جاذب انرژی، منجر به ارائه ضوابط معتبری در خصوص کاربرد این نوع سیستم‌ها شده است. در این رابطه در سال ۱۹۹۲ دستورالعملی توسط انجمن مهندسين سازه کالیفرنیا SEAONC مبنی بر استفاده از روش غیرخطی در سازه‌هایی که مجهز به سیستم‌های جاذب انرژی می‌باشند، منتشر گردید [۳]. در سال ۱۹۹۴ انجمن SEAOC در خصوص کاربرد سیستم‌های جاذب انرژی در ساختمانهای جدید، گزارشی را ارائه دادند [۴]. همچنین، از دستورالعمل‌های دیگر برای ارزیابی ساختمانهای دارای سیستم جاذب

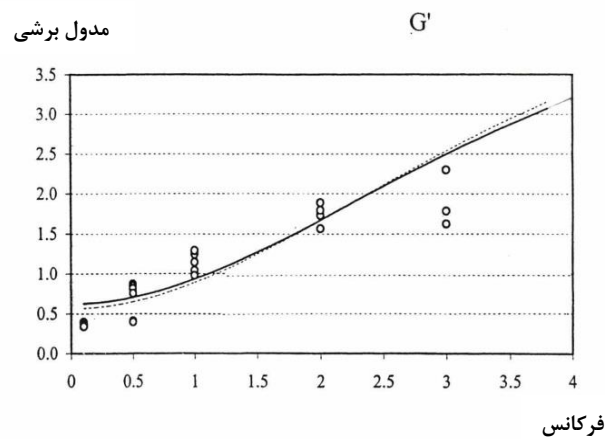
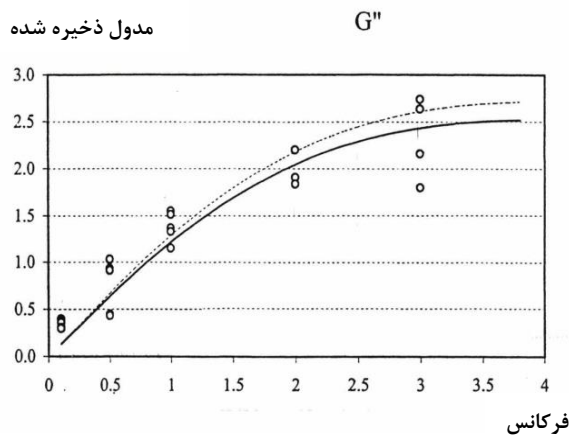
نمودارهای شکل (۱) استفاده نمود. این نمودارها براساس درجه حرارت محیط و کرنش‌های برشی مختلف، ارتباط بین فرکانس اصلی ارتعاش

سیستم سازه‌ای و مدول ذخیره برشی و مدول برشی از دست رفته را نشان می‌دهند [۱۱]. در این شکل‌ها خطوط رگرسیون رسم شده برای نتایج بدست آمده از آزمایشات انجام شده بر روی میراگر ویسکوالاستیک 3M ISD110 با فرکانس ۰/۱ الی ۳ هرتز و کرنش برشی ۰/۲۵٪ الی ۱۰۰٪ و درجه حرارت محیط ۲۰ درجه سانتی‌گراد ملاک عمل قرار گرفته شده است.

$$C_e = \frac{G'' A_d}{h_d w}, \quad K_e = \frac{G' A_d}{h_d} \quad (۱)$$

در این روابط، A_d سطح مقطع میراگر الحاقی، h_d ضخامت میراگر الحاقی، ω فرکانس اصلی ارتعاش، K_e سختی موثر میراگر C_e و

میرایی موثر میراگر می‌باشند. جهت تعیین این دو مدول، طبق مطالعات انجام شده توسط Zimmer (سال ۲۰۰۰)، می‌توان از



شکل ۱- ارتباط بین فرکانس - مدول برشی از دست رفته و مدول ذخیره برشی طبق مطالعات Zimmer [۱۱]

در این رابطه T_m ، m امین پیروید الاستیک ساختمان دارای میراگر الحاقی ویسکوالاستیک، W_i وزن هر طبقه از قاب، C_i میرایی موثر میراگر i ام، ϕ_m مود ارتعاشی m ام و β_{vm} نسبت میرایی ناشی از میراگرهای الحاقی در مود m ام می‌باشد. با توجه به رابطه (۲)، با انتخاب مناسب سطح مقطع برشی و ضخامت برشی برای المان‌های ویسکوالاستیک، نسبت میرایی ناشی از میراگر الحاقی مورد نظر به دست می‌آید. به عبارت دیگر با استفاده از یک روند تکرار جهت انتخاب ابعاد مناسب و نیز فرکانس اصلی ارتعاش ناشی از آن میراگر، می‌توان سطح مقطع المان بادبندی معادل مربوط به میراگر الحاقی را تعیین نمود. نتیجه انجام اینکار برای مدل‌های مختلف در جدول (۱) نشان داده شده است.

در قابهای ساختمانی چند طبقه با حاکم بودن شرایط ارتجاعی و توزیع یکنواخت میرایی در ارتفاع قاب و مشخص بودن میرایی موثر میراگر و مودهای ارتعاشی و نحوه قرارگیری میراگرها، می‌توان نسبت میرایی الحاقی در مود m ام را از رابطه زیر تعیین نمود [۱۰ و ۱۱]:

$$\beta_{vm} = \frac{T_m}{4\pi} \cdot \frac{\sum_{i=1}^n C_i f_i^2 \phi_{ri}^2}{\sum_{i=1}^n \frac{W_i}{g} \phi_{im}^2} \quad (۲)$$

$$\beta_{vm} = \frac{T_m}{4\pi} \cdot \frac{\sum_{i=1}^n C_i f_i^2 \phi_{ri}^2}{\sum_{i=1}^n \frac{W_i}{g} \phi_{im}^2}$$

جدول ۱- سختی و میرایی مؤثر میراگرهای الحاقی

نوع مدل سازه ای	سختی مؤثر Ke (kgf/m)	میرایی مؤثر Ce (kgf.sec/m)	نسبت میرایی اضافی ناشی از میراگر الحاقی (β_v)
سه طبقه پنج دهنه	29040	93202	5%
هشت طبقه پنج دهنه	418899	99320	5%

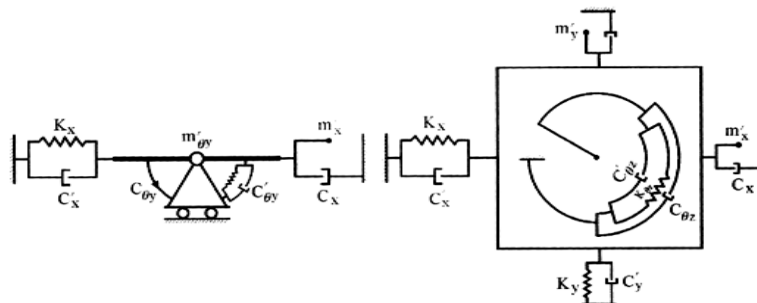
۳-۲- مدلسازی خاک

اهمیت تاثیر اندرکنش خاک و سازه را می‌توان با تعریف یکسری پارامترهای کلیدی کنترل کننده بررسی کرد. لذا مدلی که برای خاک انتخاب می‌گردد باید امکان انجام چنین مطالعاتی را فراهم نماید. یکی از روش‌های به دست آوردن ضرائب فنر، میراگر و جرم استفاده از مدل‌های مخروطی [۱۳ و ۱۴] می‌باشد. به طور کلی استفاده از مدل‌های مخروطی را می‌توان به عنوان اولین گام در به کارگیری دیدگاه مقاومت مصالح در مباحث مکانیکی پی برشمرد که مشابه تئوری تیر در تحلیل سازه می‌باشد. در این تئوری فرض می‌شود که تغییرشکل‌ها کوچک باشند. در این صورت صفحه عمود بر تار خنثی تیر پس از تغییرشکل صفحه باقی می‌ماند. از آنجا که با اعمال نیرو به سطح یک دیسک دایروی که بر سطح محیط نیمه بینهایت خاک واقع شده، سطح انتشار تنش‌های ایجاد شده در خاک با عمق افزایش می‌یابد، می‌توان محیط سه بعدی، نیمه بینهایت و همگن خاک را با فرض برقراری تئوری فوق به وسیله یک مخروط ناقص یک بعدی جایگزین کرد. با استفاده از این تقریب از محیط خاک در خارج مخروط ناقص صرفنظر می‌شود. بطور کلی درجات آزادی یک دیسک صلب و بدون جرم واقع بر سطح محیط نیمه بینهایت خاک عبارتند از:

- درجات آزادی انتقالی که شامل دو درجه آزادی افقی و قائم می‌باشند.

- درجات آزادی چرخشی که شامل دو درجه آزادی چرخشی و گهواره‌ای می‌باشند.

در این پژوهش برای مدل کردن خاک، از مدل‌های مخروطی مربوط به پی‌های سطحی (مدل دم میمونی) [۱۵] استفاده گردیده است. در شکل ۲ مدل شماتیک در نظر گرفته شده برای خاک زیر پی و نحوه آرایش فنرها و میراگرها نمایش داده شده است. بدین منظور، دو گره هم مختصات در تراز صفر و در مرکز پلان سازه تعریف شده است. تمامی گره‌های مربوط به پای ستون‌ها که برای سازه بدون اندرکنش خاک و سازه به صورت گیردار فرض شده بودند، در این حالت توسط المان صلب به المان به گره اول متصل گردیده‌اند. درجه آزادی قائم گره اول و کلیه درجات آزادی گره دوم بسته شده‌اند. برای مدل‌سازی فنرها و میراگرها به ترتیب از مواد تک محوری الاستیک و ویسکوز استفاده شده است. این فنرها و میراگرها به طریق مناسب، توسط المان با طول صفر (Zero Length) از گره اول به گره دوم متصل شده‌اند و از درجه آزادی قائم نیز صرف نظر گردیده است [۱۵].



شکل ۲- آرایش فنرها و میراگرها برای مدل جایگزین خاک

۳-۳- محاسبه ضرایب فنرها و میراگرها برای مدل جایگزین خاک

جدول ۲ - ضرایب فنر، میراگر و جرم مدل دم میمونی برای بی واقع در فضای نیمه همگن

نوع حرکت	افقی	قائم		گهواره ای		پیچشی
شعاع معادل r_0	$\sqrt{\frac{A_0}{\pi}}$	$\sqrt{\frac{A_0}{\pi}}$		$\sqrt[4]{\frac{4 I_0}{\pi}}$		$\sqrt[4]{\frac{2 I_0}{\pi}}$
$\frac{z_0}{r_0}$	$\frac{\pi}{8} (2 - \nu)$	$\frac{\pi}{4} (1 - \nu) \left(\frac{c}{c_s}\right)^2$		$\frac{9\pi}{32} (1 - \nu) \left(\frac{c}{c_s}\right)^2$		$\frac{9\pi}{32}$
نسبت پواسن ν	تمام مقادیر ν	$\nu \leq \frac{1}{3}$	$\frac{1}{3} < \nu \leq \frac{1}{2}$	$\nu \leq \frac{1}{3}$	$\frac{1}{3} < \nu \leq \frac{1}{2}$	تمام مقادیر ν
سرعت موج v	c_s	c_p	$2c_s$	c_p	$2c_s$	c_s
جرم محبوس $\Delta M, \Delta M_\theta$	0	0	$2.4(\nu - 1/3)\rho A_0 r_0$	0	$1.2(\nu - 1/3)\rho I_0 r_0$	0
پارامترهای مدل مجزا	$K = \frac{\rho v^2 A_0}{z_0} \quad C = \rho \nu A_0$ $m' = \frac{\xi_0}{\omega_0} c_s, c' = \frac{2 \xi_0}{\omega_0} k$			$K_\theta = \frac{3\rho v^2 I_0}{z_0} \quad C_\theta = \rho \nu I_0$ $c' = \frac{2 \xi_0}{\omega_0} k_\theta$ $m'_\theta = \frac{\xi_0}{\omega_0} c_\theta, M_\theta = \rho I_0 z_0$		

به طوریکه در آن A_0 ، مساحت پی و اندیس‌های ν ، h و Θ به ترتیب نشان دهنده حرکت عمودی، افقی و دورانی خاک می‌باشند.

(۲) محاسبه می‌شود. هر یک از مدل‌های ۳ و ۸ طبقه در چهار حالت مختلف تحت سه رکورد متفاوت تحلیل شدند.

۴- نتایج حاصل از تحلیل تاریخچه زمانی غیر خطی در این تحقیق خاک مورد نظر، خاک نوع سه با توجه به آیین نامه ۲۸۰۰ ویرایش سوم می‌باشد. ضرایب میرایی و سختی این میراگرها و فنرهای نشان داده شده در شکل (۲)، از روابط جدول

جدول ۳ - مشخصات رکوردها

نام رکورد	Earthquake	تاریخ وقوع	محل	PGA
۱	Cape Mendocino	۱۹۹۲	Petrolia	0.59g
۲	Coalinga	۱۹۸۳	Oil City	0.56g
۳	Imperial	۱۹۷۹	Aeropuerto Mexicali	0.32g

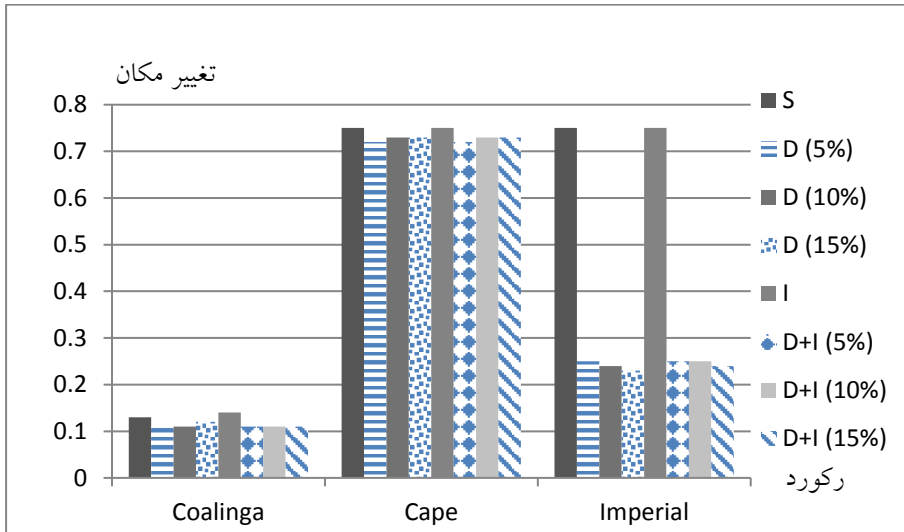
S: مدل‌های ساده بدون میراگر، که اندرکنش خاک و سازه در آنها در نظر گرفته نشده است.
D: مدل‌های با میراگر که اندرکنش خاک و سازه در آنها در نظر گرفته نشده است.
I: مدل‌های بدون میراگر که اندرکنش خاک و سازه در آنها در نظر گرفته شده است.
D+I: مدل‌های با میراگر که اندرکنش خاک و سازه در آنها در نظر گرفته شده است.

جدول ۴ - جابجایی‌های مدل ۳ طبقه

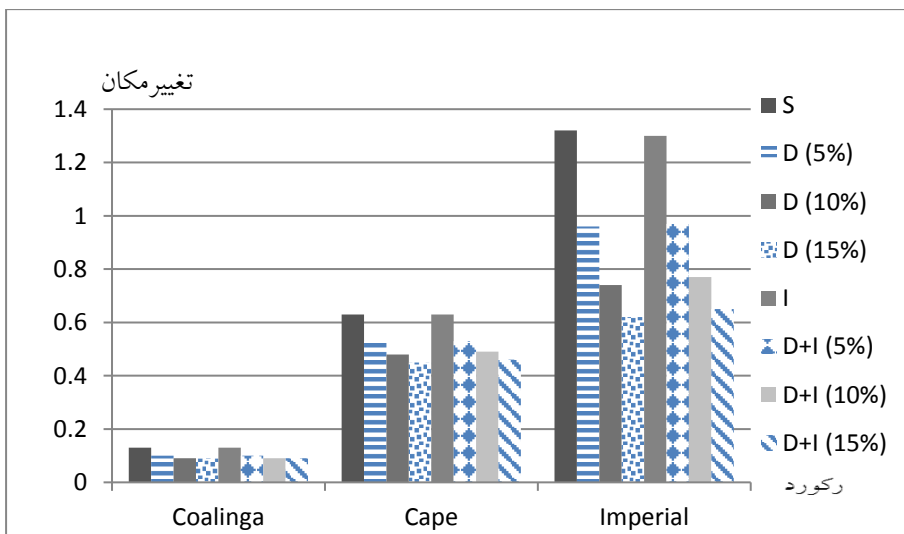
رکورد	S	D (5%)	D (10%)	D (15%)	I	D+I (5%)	D+I (10%)	D+I (15%)
Coalinga	0.13	0.11	0.11	0.12	0.14	0.11	0.11	0.11
Cape	0.75	0.72	0.73	0.73	0.75	0.72	0.73	0.73
Imperial	0.75	0.25	0.24	0.23	0.75	0.25	0.25	0.24

جدول ۵ - جابجایی‌های مدل ۸ طبقه

رکورد	S	D (5%)	D (10%)	D (15%)	I	D+I (5%)	D+I (10%)	D+I (15%)
Coalinga	0.13	0.1	0.09	0.09	0.13	0.1	0.09	0.09
Cape	0.63	0.53	0.48	0.45	0.63	0.53	0.49	0.46
Imperial	1.32	0.96	0.74	0.62	1.3	0.97	0.77	0.65



شکل ۳ - نمودار جابجایی مدل ۳ طبقه



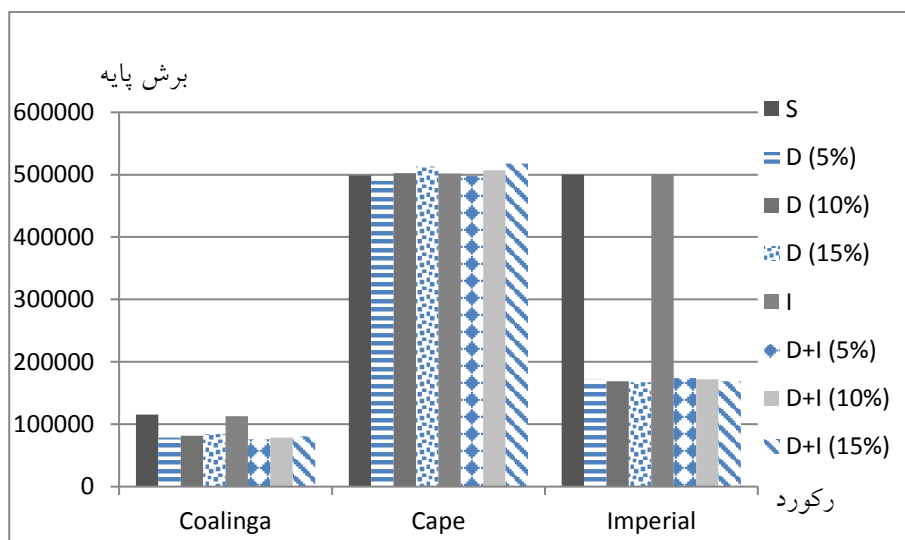
شکل ۴ - نمودار جابجایی مدل ۸ طبقه

جدول ۶ - برش پایه مدل ۳ طبقه

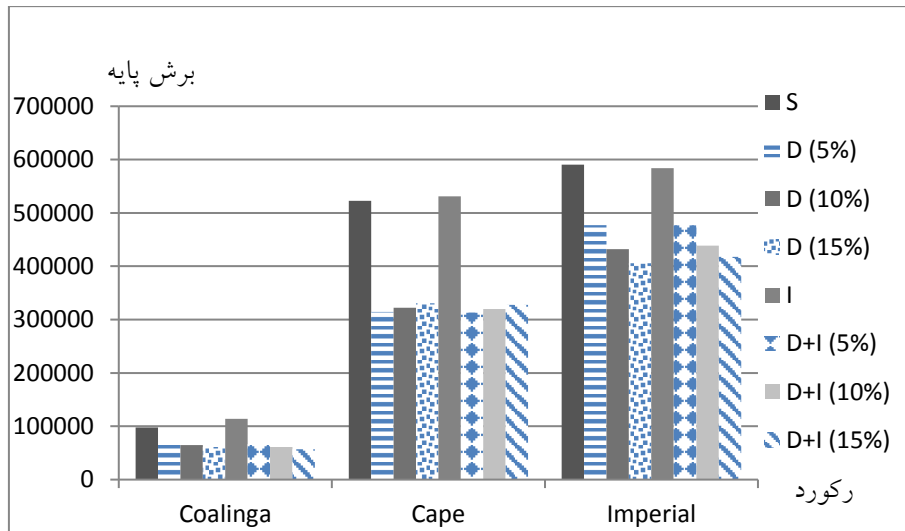
رکورد	S	D (5%)	D (10%)	D (15%)	I	D+I (5%)	D+I (10%)	D+I (15%)
Coalinga	115671.6	78725.6 6	81402.55	84051.55	113078.8	76149.43	78405.45	80667.15
Cape	498659.9	490026. 3	502184.84	513386.16	501821.5	497623.7	506806.46	517664.08
Imperial	500023.9	171225. 3	168705.88	167134.11	501035.9	173912.1	171651.5	169044.28

جدول ۷ - برش پایه مدل ۸ طبقه

رکورد	S	D (5%)	D (10%)	D (15%)	I	D+I (5%)	D+I (10%)	D+I (15%)
Coalinga	97950.7 6	69635.1 4	64463	61326.43	114072. 4	66379.3 4	60860.06	56994
Cape	522516. 3	314488. 9	322128.3 2	330777.7 9	530925. 9	313148. 6	319757.2 9	327683.2 1
Imperial	590488. 7	477233. 4	432297.4 4	405574.0 2	583622. 8	477183. 1	438825.0 7	417348.3 9



شکل ۵ - نمودار برش پایه مدل ۳ طبقه



شکل ۶ - نمودار برش پایه مدل ۸ طبقه

مقدار برش پایه سازه‌ها ندارد اما در سازه‌های با تعداد طبقات بیشتر، مقدار برش پایه نیز افزایش می‌یابد. در سازه‌هایی که اندرکنش در آنها در نظر گرفته شده است و همچنین از میراگرها نیز استفاده شده است، برش پایه کاهش می‌یابد. لازم به ذکر است که مقدار برش پایه در رکوردهای مختلف متفاوت می‌باشد و این الگوی تغییر تقریباً ثابت است. افزایش میرایی در سازه‌های کوتاه مرتبه تاثیر چندانی در برش پایه طبقات ندارد ولی در سازه‌های بلند مرتبه با افزایش میرایی برش پایه طبقات کاهش می‌یابد.

۶- مراجع

- [1] Soong, T.T. and Dargush, G.F.(1997), "Passive Energy Dissipation Systems in Structural Engineering", John Wiley & Ltd., London (UK) and New York (USA).
- [2] Constantinou, M.C., Soong, T.T. and Dargush, G.F. (1998), "Passive Energy Dissipation Systems for Structural Design and Retrofit", Monograph Series No.1, Multidisciplinary Center for Earthquake Engineering Research, University at Buffalo, State University of New York at Buffalo, Buffalo, N.Y.
- [3] SEAONC – Structural Engineers Association of Northern California (1992), "Energy Dissipation Working Group".
- [4] SEAOC-Structural Engineers Association of California (1999), "Recommended Lateral Force Requirements and Commentary", Sacramento, CA.
- [5] FEMA - Federal Management Agency (1997), "NEHRP Guidelines for the Seismic Rehabilitation of Buildings" and "NEHRP Commentary on the Guidelines for the Seismic Rehabilitation of Buildings", Reports No. FEMA-273 and FEMA-274, Washington, D.C. ,

۵- نتیجه گیری

برای بررسی دقیق رفتار سازه‌ها در نظر گرفتن اندرکنش خاک و سازه می‌تواند مدل‌سازی دقیقی از رفتار واقعی سازه باشد. در این پژوهش برای بررسی اثرات اندرکنش خاک و سازه در رفتار و پاسخ دقیق سازه، و همچنین ارزیابی عملکرد میراگرها در سازه، سازه‌هایی با تعداد طبقات ۳ و ۸ مدل شده و همچنین میراگرها در میرایی‌های مختلف مورد بررسی قرار گرفته است. با بررسی پاسخ‌های لرزه‌ای سازه‌ها در حالت‌های مختلف نتایجی که به صورت کلی می‌توان جمع‌بندی نمود به صورت زیر می‌باشد

با در نظر گرفتن اندرکنش خاک و سازه در سازه‌های کوتاه مرتبه جابجایی طبقات تقریباً ثابت می‌ماند و هیچ تفاوتی نسبت به حالت بدون اندرکنش به وجود نمی‌آید. اما استفاده از میراگرها باعث کاهش جابجایی طبقات می‌گردد. از طرفی در سازه‌هایی که اندرکنش وجود دارد و از میراگر استفاده شده است، جابجایی طبقات نسبتاً کاهش می‌یابد. همچنین الگوی کاهش جابجایی در رکوردهای مختلف، متفاوت است که این موضوع به دلیل متفاوت بودن محتوای فرکانسی رکوردها می‌باشد. با افزایش تعداد طبقات، مقدار تاثیرگذاری اثرات میراگر تقریباً ثابت می‌باشد. اما در سازه‌های با تعداد طبقات بیشتر وجود اندرکنش خاک و سازه باعث افزایش جابجایی طبقات می‌گردد. که میزان افزایش بستگی به نوع رکوردها نیز دارد. افزایش میرایی در سازه‌های کوتاه مرتبه تاثیر چندانی در جابجایی طبقات ندارد ولی در سازه‌های بلند مرتبه با افزایش میرایی جابجایی طبقات کاهش می‌یابد.

نتایج حاصل از تحلیل‌های دینامیکی غیرخطی نشان می‌دهد که وجود میراگر در سازه‌ها باعث کاهش برش پایه می‌گردد. در نظر گرفتن اندرکنش خاک و سازه در سازه‌های کوتاه مرتبه تاثیر در

- [6] NEHRP - National Earthquake Hazard Reduction Program (1997), "NEHRP Recommended Provisions for Seismic Regulations for New Buildings and Other Structures", Federal Emergency Management Agency, Report No. FEMA 302, Washington D.C.
- [7] ATC, "Structural Response Modification Factors: ATC-19", Applied Technology Council, Redwood City, California, 1995, 5-32.
- [8] Shimomura, Y. (2006), "Dynamic soil structure interaction analysis via coupled - finite-element-boundary element method"
- [9] Nateghi, F. and, Tabrizi, A. and, Behnamfar, F. "Structure-soil-structure effects on nonlinear response of tall buildings" First European Conf. Earthquake Eng. and Seism
- [10] Ramirez, O. M., Constantinou, M. C., Whittaker, A. S., Kircher, C. A., Johnson, M. W., and Chrysostomou, C. Z. (2003), "Validation of the 2000 NEHRP Provisions Equivalent Lateral Force and Modal Analysis Procedures for Buildings with Damping Systems", Earthquake Spectra, 19(4), 981-999.
- [11] ASCE-7, American Society of Civil Engineers (2006), "Minimum Design Loads for Buildings and other Structures".
- [12] ASCE41-06, American Society of Civil Engineers (2007), "Seismic Rehabilitation of Existing Buildings".
- [13] Veletsos A.S., Meek J.W., "Dynamic behavior of building - foundation systems", Earthquake Engineering & Structural Dynamics, Vol.3, PP 121-138, 1974.
- [14] Veletsos A. S. and Verbic B., "Vibration of Viscoelastic foundation". Earthquake Engineering and Structural Dynamics, Vol. 2, PP 87-102, 1973.
- [15] Wolf J. P., "Spring - dashpot - mass models for foundation vibrations", Earthquake Engineering and Structural Dynamics, Vol. 26, PP 931- 949, 1997.

Investigation of the Effect of Soil Structure Interaction on the Response of Structures with Viscoelastic Damper under Different Damping

Saeid Javaherzadeh

Assistant Professor, Islamic Azad University, Shabestar Branch, Shabestar, Iran
Masoud Pourbaba

Assistant Professor, Islamic Azad University, Maragheh Branch, Maragheh, Iran
Fariba Seyyedi Mohammadi

Master of Science in Structural Engineering, Tabriz, Iran

Abstract:

Using additional dampers for reducing input energy of structures is an effective way for dissipating input energy of structures. Including appropriate tools in dissipating the input energy of structures is viscoelastic damper. Generally, according to the structural analysis, the soil under structures is assumed to be rigid and the effect of soil structure interaction has been ignored. However, in reality, this soil is not rigid and the soil beneath the structures changes the dynamic specifications of structures and thus response of it. Structural response and damper performance depend on various components including type of earth movement and soil specifications. In this research, a few two-dimensional special concrete frames were examined. For frame modeling of additional damper, we used Kelvin method and for modeling of soil structure interaction effects with additional damper we used spring and damper equivalent method in the OpenSees app. Studied frames after rehabilitation with damper have been analyzed under dynamic nonlinear time history analysis. This analysis was done in three damping 5%, 10% and 15%. And at the end the results of soil-structure interaction impact with viscoelastic damper under different damping are studied.

Key Words: Damping, viscoelastic damper, soil structure, response of structure, dynamic nonlinear time history analysis