

### تأثیر اندرکنش خاک و سازه بر ضریب بزرگ‌نمایی تغییر مکان ساختمان‌های بتنی با

### سیستم قاب خمشی ویژه به همراه دیوار برشی بتن مسلح

مهدی عطایی<sup>۱</sup>، فریدون رضایی<sup>۲</sup>

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی عمران گرایش سازه، دانشکده فنی مهندسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد ساوه، ساوه، ایران

۲- استادیار، دانشکده فنی مهندسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد ساوه، ساوه، ایران

اطلاعات مقاله	چکیده
<b>تاریخچه</b> دریافت: ۱۰ فروردین ۱۳۹۷ پذیرش: ۵ خرداد ۱۳۹۷	در تحلیل و بررسی رفتار لرزه‌ای یک سازه، تحریکی که از جانب زمین به سازه اعمال می‌شود برای حالتی که سازه بر زمین سخت متکی باشد همان تحریکی است که قبل از احداث سازه در آن نقطه پی وجود داشته است، اما در صورتی که سازه بر خاک نرم متکی باشد تغییرات مهمی در ورودی لرزه‌ای سازه رخ خواهد داد. لذا سازه با خاک پیرامون خود در اندرکنش بوده و تغییراتی را در حرکات پایه ایجاد خواهد نمود. در نتیجه در نظر گرفتن اثرات اندرکنش خاک و سازه به طور دقیق ممکن است باعث افزایش دوره تناوب طبیعی و در نتیجه باعث کاهش ضریب زلزله در طراحی و متعاقباً کاهش هزینه‌ها گردد. در این پژوهش ضرایب تشدید تغییر مکان پانزده قاب خمشی بتنی با دیوار برشی مورد تحلیل ارتجاعی و غیرارتجاعی قرار گرفت. قاب‌های مورد مطالعه دارای تنوع در تعداد طبقات ۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰ و ۲۵ در ۵ دهانه می‌باشند و تأثیر اندرکنش خاک-سازه بر روی ضریب بزرگ‌نمایی تغییر مکان و مقایسه آن با حالت پای ثابت، مورد بررسی قرار گرفته است. هر یک از قابها با تحلیل استاتیکی غیرخطی و با کمک نرم افزار SAP2000 مدل شدند. برای مدل نمودن خاک زیر سازه از روش فنر وینکلر استفاده شده است. نتایج حاصل بیانگر این واقعیت است که ضریب بزرگ‌نمایی تغییر مکان در حالت‌های با در نظر گرفتن اندرکنش خاک و سازه نسبت بدون در نظر گرفتن اندرکنش خاک و سازه بیشتر است.
<b>کلید واژگان:</b> تأثیر اندرکنش خاک و سازه ضریب بزرگ‌نمایی تغییر مکان قاب خمشی ویژه دیوار برشی بتن مسلح	



## ۱- مقدمه

در تحلیل سازه‌ها با روش‌های خطی، تکیه گاه سازه در تراز شالوده و خاک را می‌توان ثابت فرض نمود. لیکن چنانچه در نظر گرفتن انعطاف پذیری پی سازه مدنظر باشد، لازم است اثر اندرکنش سازه و خاک زیر آن در نظر گرفته شود. در این حالت اثرها باید با توجه به مشخصات پی و با استفاده از روش‌های معتبر مکانیک خاک در محاسبات منظور گردد. اندرکنش خاک و سازه بر پاسخ دینامیکی بسیاری از سازه‌ها و سیستم‌های شالوده اثرات اندکی دارد، اما در برخی حالات می‌تواند اثرات قابل ملاحظه داشته باشد. اینکه اعمال این اثرات در جهت اطمینان است یا خیر، وابسته به جزئیات مسأله بوده و برای هر سیستمی باید منفرداً بررسی شود، چرا که تحلیل اندرکنش خاک و سازه بسیار پیچیده‌تر از حد انتظار است. اثرات اندرکنش خاک و سازه از انعطاف‌پذیری خاک زیر شالوده و ارتعاشات نسبی بین شالوده و سطح آزاد ناشی می‌شود. در صورتی که سازه بر خاک نرم قرار داشته باشد، حرکت پی معمولاً با حرکت میدان آزاد اختلاف داشته و ممکن است شامل یک مؤلفه حرکت گهواره‌ای به علاوه یک مؤلفه حرکت جانبی یا انتقالی نسبت به حرکت میدان آزاد زمین باشد و تغییرات مهمی در ورودی لرزه‌ای سازه رخ دهد. این تغییرات ممکن است تغییرشکل مودها و فرکانس‌های ارتعاشی را نیز شامل گردد. در بررسی اثرات اندرکنش خاک و سازه دو دیدگاه متفاوت وجود دارد. یکی؛ تعیین پاسخ و حرکت میدان آزاد در اثر تحریک لرزه‌ای و سپس محاسبه پاسخ سازه به حرکت به دست آمده برای فونداسیون است و دیگری؛ تعیین مشخصات دینامیکی سازه و سپس محاسبه پاسخ سازه به حرکت میدان آزاد. هر دو روش نتایج یکسانی خواهند داشت با این تفاوت که به دلیل سادگی روش دوم در مقاصد کاربردی و عملی، آیین‌نامه‌ها بیشتر به استفاده از این روش توصیه کرده‌اند. اثرات اندرکنش خاک و سازه عموماً به سه گروه اصلی طبقه بندی می‌شوند؛

۱. افزایش پیروید اصلی سیستم خاک و سازه ( که بر خاک انعطاف پذیر و نرم ساخته شده باشد).

۲. تغییر (معمولاً افزایش) در میرایی مؤثر سیستم خاک و سازه (که وابسته به ظرفیت جذب و استهلاک انرژی در خاک زیرین سازه و میرایی مصالح و تشعشعی است).

۳. تغییر در آن دسته از پاسخ‌های لرزه‌ای سیستم که مستقیم یا غیرمستقیم وابسته به دو آیتم فوق هستند، مانند؛ طیف شتاب افقی، تغییرات برش پایه و تغییر در نیروی درونی اعضا و جابجایی‌ها.

این اثرات معمولاً هنگامی نمود بیشتری دارند که پاسخ لرزه‌ای دو سازه را، یکی با پایه گیردار و دیگری با تکیه‌گاه دارای رفتار ارتجاعی، تحت اثر بار (تحریک) هارمونیک در تراز پایه سازه، مقایسه شده باشد. از آنجا که حرکات زمین لرزه را می‌توان به صورت جمع آثار قوا از چندین حرکت هارمونیک لرزه‌ای با دوره‌های تناوب و دامنه‌های مختلف (سری فوریه) ارائه داد و فقط مؤلفه‌هایی از حرکت، بیشترین سهم را در پاسخ سازه دارند که دوره تناوبشان به پیروید تشدید نزدیک باشد، بنابراین پاسخ ماکزیمم سیستم واقعی، بیشترین اثرات شبیه به حرکات زمین لرزه را در خود خواهد داشت. پاسخ ماکزیمم یک سیستم اندرکنشی واقعی متشکل از خاک و سازه را می‌توان با یک سیستم یک درجه آزادی SDOF که پیروید اصلی اش  $t$  با افزایش پیروید اصلی سیستم با پایه گیردار  $t$  و مقدار میرایی آن  $C$  با تغییر در مقدار میرایی سیستم  $C$  با پایه گیردار به دست می‌آید، جایگزین کرد [۳]. جهت بررسی اندرکنش خاک و سازه لازم است مدل صحیحی از هر یک از عناصر ارائه شود. ابتدا با توجه به ماهیت رفتاری دو محیط برای حالات مختلف بارگذاری با بررسی تحقیقات مرتبط با تحقیق حاضر، مدل مناسبی ارائه می‌شود و به منظور تامین اهداف مقاله حاضر به محدوده‌ای از سازه‌های قاب‌های خمشی با دیوار برشی توجه گردید. بدین منظور پانزده قاب خمشی بتنی با دیوار برشی مورد تحلیل ارتجاعی و غیرارتجاعی قرار گرفت و سپس پارامترهای مورد نیاز برداشت گردید.

## ۲- سوابق تحقیق

خشتود در سال ۱۳۷۸ به ارزیابی ضریب  $C_d$  (رابطه بین جابجایی‌های خطی و غیرخطی) در سیستم‌های قاب فولادی با بادبندی واگرا (EBF) پرداخت و در تحقیق وی، ضریب  $C_d$  برای سیستم‌های قاب فولادی با بادبندی واگرا (EBF) با تعداد درجات آزادی (طبقات) مختلف تحت اثر ۹ زلزله مبنا مورد ارزیابی و بررسی قرار گرفته است و تغییرات نسبت ضریب افزایش تغییر مکان به ضریب رفتار  $(C_d/R)$  نسبت به ضریب کاهش نیرو ناشی از شکل‌پذیری (R)، پیروید طبیعی ارتعاش سیستم (T) و نیز نسبت پیروید طبیعی ارتعاش سیستم به پیروید غالب (T/Tg) تعیین گردیده است که نتایج بررسی وی نشان داد، نسبت‌های ذکر شده با ضریب افزایش تغییر مکان نسبت مستقیم دارد [۱]. بانی زاده (۱۳۹۳) به بررسی اثر اندرکنش خاک و سازه بر توزیع آسیب‌پذیری لرزه‌ای ساختمان‌های بتنی قاب خمشی و قاب خمشی با دیوار برشی پرداخت و با دو روش مستقیم و زیرسازه، اثر اندرکنش خاک و سازه را مدلسازی نمود و بر روی آسیب‌پذیری لرزه‌ای ساختمان‌های قاب خمشی و قاب خمشی با دیوار برشی بتنی ۳، ۵، ۶، ۸ و ۹ طبقه بر روی خاک نوع III و IV آیین نامه ۲۸۰۰ بررسی نمود. برای انجام آنالیز تحلیل غیرخطی، در محیط نرم‌افزار Opensees مدل‌سازی کرده و در مدل‌سازی غیرخطی از روش مفصل خمیری متمرکز برای المان‌های تیر و ستون و از روش فایبر<sup>۱</sup> (با در نظر گرفتن تغییر شکل برشی) برای مدل‌سازی المان‌های دیوار برشی استفاده نمود. در ادامه با انجام آنالیز تحلیل دینامیکی غیرخطی در دو حالت پایه‌ی صلب و پایه‌ی انعطاف‌پذیر میزان دوران مفاصل پلاستیک در این دو حالت بدست آورد. با مقایسه بین دو حالت با و بدون در نظر گرفتن اندرکنش خاک و سازه نشان داد که در نظر گرفتن اندرکنش خاک و سازه در ساختمان‌های قاب خمشی موجب افزایش آسیب در طبقه‌ی اول ساختمان و کاهش آسیب در طبقات فوقانی ساختمان می‌گردد و در ساختمان‌های قاب خمشی با دیوار برشی در نظر گرفتن اندرکنش خاک و سازه موجب آسیب بیشتر به تیرهای متصل به دیوار می‌شود. همچنین با مقایسه جابجایی نسبی طبقات در دو حالت با و بدون در نظر گرفتن اندرکنش خاک و سازه نشان داده شد که اندرکنش خاک و سازه موجب تغییر در محل حداکثر جابجایی نسبی طبقات از طبقات میانی به طبقه‌ی اول در ساختمان‌های قاب خمشی می‌گردد [۲].

## ۳- روش تحقیق و معرفی مدل‌های مورد بررسی

تغییر مکان واقعی سازه را می‌توان به کمک یکی از روش‌های تحلیل غیر خطی سازه یا استفاده از تحلیل خطی استاتیکی (استاتیکی معادل) همراه با بکارگیری ضرایب تشدید تغییر مکانی محاسبه نمود. در بحث برآورد تغییر مکان‌های واقعی سازه معمولاً از روش تحلیل استاتیکی معادل همراه با بکارگیری ضرایب تشدید تغییر مکانی استفاده می‌شود زیرا تحلیل‌های غیرخطی عمدتاً مشکل، وقت‌گیر و هزینه بر هستند. اما روش استاتیکی معادل را نمی‌توان برای همه سازه‌ها بکار گرفت.

در این بررسی چهار قاب خمشی بتن مسلح دوبعدی انتخاب شدند. قاب‌های دو دهانه‌ای مذکور ۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰ و ۲۵ طبقه را دارا بودند. ارتفاع طبقه ۳ متر و طول هر دهانه برابر ۵ متر فرض گردیدند. سطح مقطع هر قاب با توجه به تحمل بارهای وارده مطابق با مقررات ملی مبحث ششم انتخاب گردیده است (شکل ۳-۴، ۳-۵، ۳-۶ و ۳-۷). سازه‌ها براساس آیین‌نامه زلزله ایران در مناطق زلزله‌خیز خیلی زیاد بارگذاری شدند. تحلیل با استفاده از برنامه کامپیوتری SAP2000 اجرا شده و آنها مطابق با ACI 318-99 طراحی شدند. در روش تحلیل خطی جهت تعیین نیروی وارد بر سازه، رابطه‌ی ارائه شده در آیین نامه ی ۲۸۰۰ مورد استفاده قرار گرفته است:



$$V = C.W \tag{1}$$

از آنجا که طبق تبصره ی ۲-۵-۴ آئین نامه ی ۲۸۰۰ در هنگام کنترل تغییر مکان نسبی هر طبقه، لزومی به محدود کردن زمان تناوب سازه به ۱/۲۵ برابر زمان تناوب حاصل از رابطه‌ی تجربی در محاسبه‌ی ضریب بازتاب نمی‌باشد، کلیه‌ی تغییر مکان‌های نسبی طبقات یک مرتبه با در نظر گرفتن ۱/۲۵ برابر زمان تناوب حاصل از رابطه‌ی تجربی محاسبه شده و بار دیگر با در نظر گرفتن زمان تناوب واقعی سازه محاسبه شده است. این مقادیر برای کلیه‌ی طبقات در تمامی مدل‌ها ثبت شده است.

جدول ۱. مشخصات بارهای ثقلی

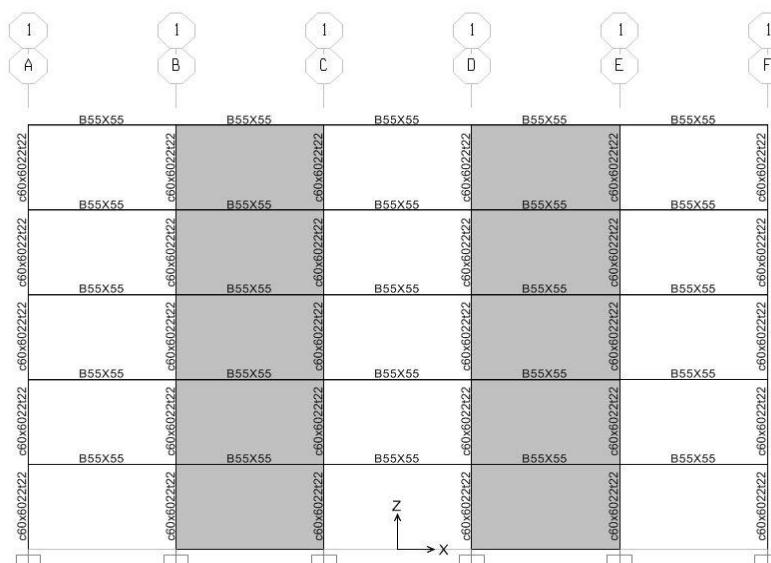
مقدار بار (کیلوگرم بر مترمربع)	بار اعمال شده
۶۰۰	بار مرده طبقات
۲۰۰	بار زنده طبقات
۵۲۰	بار مرده بام
۱۵۰	بار زنده بام
۶۰۰	بار دیوارهای پیرامونی

با فرض اینکه طول دهانه در بعد سوم ساختمان ۵ متر باشد، بارگذاری خطی بر روی تیر در مدل ۲ بعدی به صورت زیر خواهد بود.

جدول ۲. مشخصات بارهای اعمالی به سازه

۲۷۲۵ Kg/m	بار مرده طبقات
۱۰۰۰ Kg/m	بار زنده طبقات
۲۳۹۰ Kg/m	بار مرده بام
۷۵۰ Kg/m	بار زنده بام

مقاطع مورد استفاده در مدل ۵ طبقه در شکل زیر نشان داده شده است.



شکل ۱. مقاطع مورد استفاده در قاب پنج طبقه



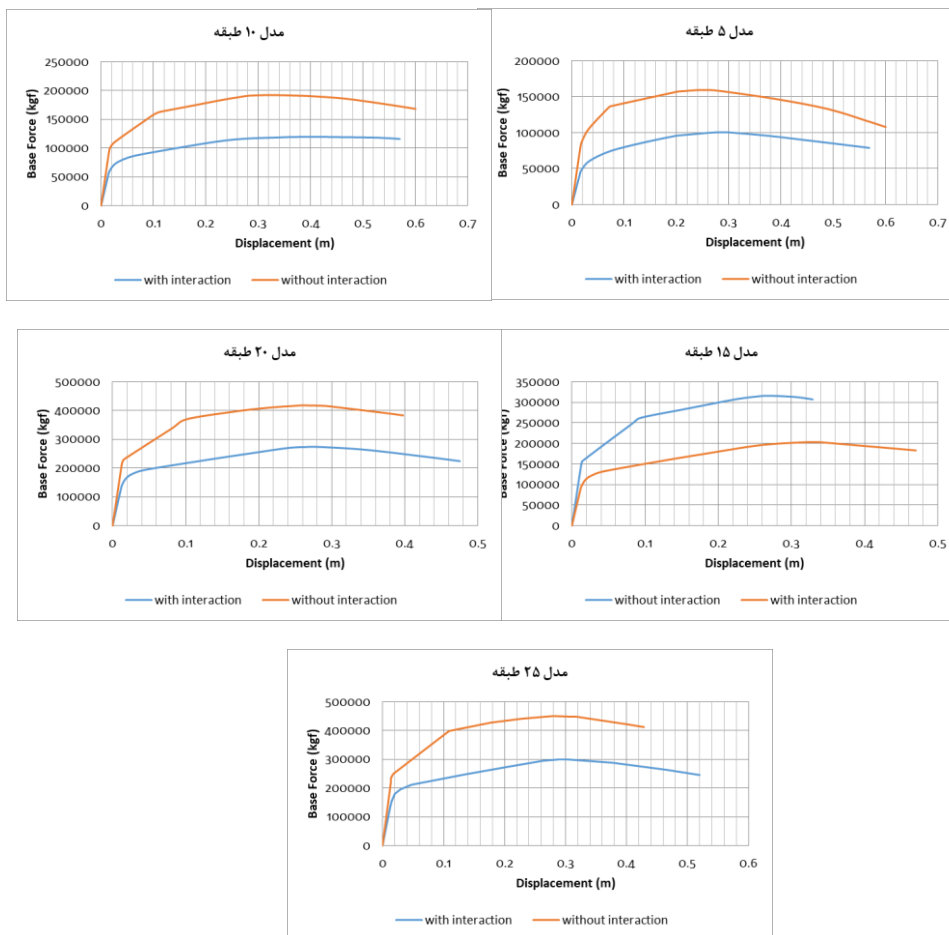
در مدل‌های ۱۰، ۱۵ و ۲۰ طبقه نیز مقاطع به ترتیب ۶۵×۶۵، ۷۵×۷۵ و ۸۰×۸۰ سانتیمتر مدل شده است و به صورت تیپ طراحی نموده و از قسمت طراحی سازه صرف نظر شده و قسمت تحلیل و آنالیز سازه مورد بحث قرار می‌گیرد.

#### ۴- نتایج تحلیل

ارتفاع مجاز طبق آیین نامه ۲۸۰۰ برابر ۲۰۰ متر برای قاب خمشی بتنی ویژه به همراه دیوار برشی بتن آرمه ویژه می‌باشد.

با توجه به اطلاعات و پارامترهای به دست آمده از نرم‌افزار SAP2000 و استفاده از فرمول‌های فصل سوم این پژوهش، ضرایب مورد نظر در جداول زیر به اختصار ارائه شده است و در ادامه نمودارهای جابجایی - برش پایه و جابجایی - ضریب برش پایه ارائه می‌گردد:

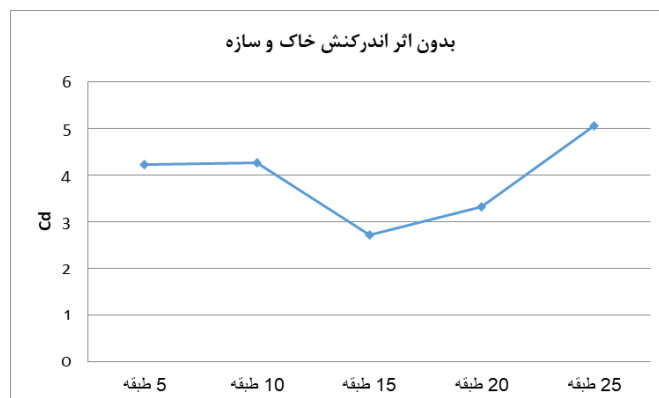
جهت بررسی اثرات اندرکنش خاک و سازه بر منحنی پوش‌آور، منحنی‌های پوش‌آور در دو حالت بدون اندرکنش خاک و سازه و با اندرکنش خاک و سازه در اشکال (شکل ۲) رسم گردیده است.



شکل ۲. نمودار نیرو جابجایی برای تأثیر در نظر گرفتن اثر اندرکنش بر مدل‌های مورد بررسی

جدول ۳. نتایج به دست آمده از نرم افزار در حالت بدون در نظر گرفتن اندرکنش خاک و سازه

Story	5	10	15	20	25
Cw	0.4725	0.2627	0.1897	0.1664	0.1794
Cs	0.5476	0.2857	0.2022	0.1759	0.2027
Cy	0.724	0.4986	0.412	0.3118	0.3361
Ds	0.166	0.157	0.13	0.128	0.121
Dmax	0.6	0.6	0.3289	0.3975	0.452
$Ceu=R\mu\times Cy$	2.8721	1.5855	0.7366	0.7873	1.333
$Dw=Ds/Y$	0.141	0.142	0.121	0.12	0.0893
$Dy=(Cy\times Ds)/Cs$	0.219	0.274	0.264	0.226	0.2006
$Y=Cs/Cw$	1.1589	1.0875	1.0659	1.0571	1.129
$\Omega_0=Cy/Cs$	1.3221	1.7451	2.0375	1.7725	1.658
$Rw=Cdw/.7$	6.078	6.036	3.883	4.731	7.23
$R\mu=Rw/(\Omega_0\times Y)$	3.967	3.18	1.788	2.525	3.115
$Ru=Ceu/Cs$	5.245	5.549	3.643	4.476	6.576
$\mu=Dmax/Dy$	2.7397	2.1898	1.2458	1.7588	2.253
$Cds=Dmax/Ds$	3.614	3.821	2.53	3.105	3.735
$Cdw=Dmax/Dw$	4.255	4.225	2.718	3.312	5.061

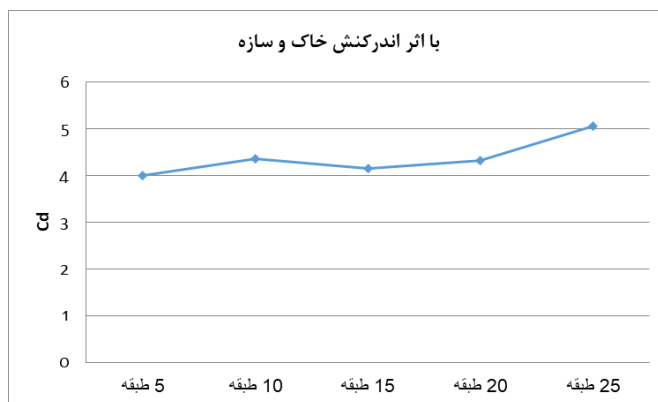


شکل ۳. نمودار تغییرات ضریب بزرگنمایی در بدون در نظر گرفتن اندرکنش خاک و سازه

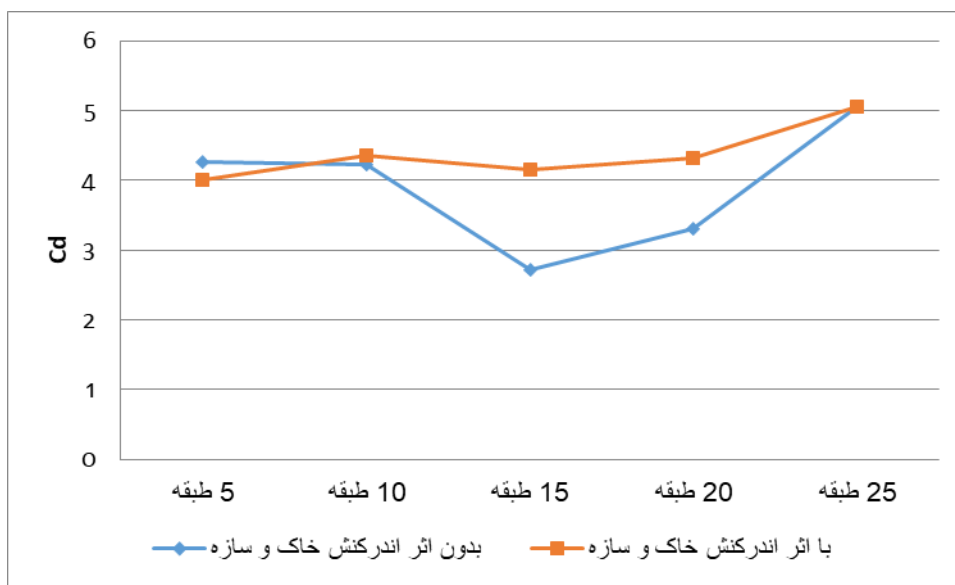
جدول ۴. نتایج به دست آمده از نرم افزار در حالت با در نظر گرفتن اندرکنش خاک و سازه

Story	5	10	15	20	25
Cw	0.266	0.1522	0.1145	0.1008	0.1034
Cs	0.3148	0.1727	0.1267	0.1141	0.1249
Cy	0.5288	0.3433	0.2454	0.1824	0.1425
Ds	0.173	0.152	0.126	0.127	0.125
Dmax	0.5684	0.5698	0.4698	0.4752	0.5199
$Ceu=R\mu\times Cy$	1.521	0.945	0.68	0.622	0.614
$Dw=Ds/Y$	0.142	0.131	0.113	0.11	0.103
$Dy=(Cy\times Ds)/Cs$	0.29	0.302	0.244	0.203	0.143
$Y=Cs/Cw$	1.183	1.135	1.106	1.132	1.208
$\Omega_0=Cy/Cs$	1.6797	1.9878	1.9368	1.5985	1.1409
$Rw=Cdw/.7$	5.718	6.214	5.938	6.171	5.942
$R\mu=Rw/(\Omega_0\times Y)$	2.877	2.754	2.772	3.41	4.311

$Ru=Ceu/Cs$	4.832	5.472	5.367	5.451	4.919
$\mu=Dmax/Dy$	1.96	1.8867	1.9254	2.3409	3.635
$Cds=Dmax/Ds$	3.285	3.748	3.728	3.741	4.1592
$Cdw=Dmax/Dw$	4.003	4.35	4.157	4.32	5.047



شکل ۴. نمودار تغییرات ضریب بزرگنمایی در با در نظر گرفتن اندرکنش خاک و سازه



شکل ۵. نمودار ضریب بزرگنمایی در هر دو حالت بدون اندرکنش و با اندرکنش

با توجه به نمودار شکل فوق چنین برداشت می‌شود که اثر اندرکنش خاک و سازه بر روی مدل‌های بالای ۱۰ طبقه تا ۲۵ طبقه اثر اندرکنش تفاوت قابل ملاحظه‌ای را در ضریب بزرگنمایی تغییر مکانی سازه وارد می‌کند.

### ۵- نتیجه‌گیری

در بررسی اندرکنش خاک و سازه در مدل‌های با سیستم قاب خمشی و دیوار برشی بتن مسلح نشان می‌دهد که افزایش احتمال فرو ریزش برای قاب‌های قرار گرفته بر روی تکیه‌گاه انعطاف‌پذیر در شتاب طیفی یکسان می‌باشد. اعمال اثرات اندرکنش خاک و سازه بسته به نوع خاک ساختگاه و سختی سازه باعث افزایش پریود و میرایی سیستم خاک و سازه شده که این افزایش نسبت مستقیم با سختی



نسبی سازه به خاک و ارتفاع مؤثر سازه به بعد پی دارد. این اثرات نسبت عکس با سرعت موج برشی در لایه‌های خاک دارد. هرچه سرعت موج برشی بیشتر باشد، یعنی خاک نرم وجود داشته باشد، اثرات اندرکنش خاک و سازه بیشتر خواهد بود. به عبارتی دیگر ساختگاه تیپ IV به مراتب بیشتر از ساختگاه‌های تیپ II رفتار غیرخطی داشته و اثرات اندرکنش را تشدید می‌کنند. به نحوی که برای تمام سازه‌های میان مرتبه و بلندمرتبه در ساختگاه‌های تیپ IV تحلیل اندرکنش خاک و سازه الزامی است. تحلیل استاتیک غیرخطی غیرالاستیک ساده قاب‌های خمشی بتن مسلح با دیوار برشی، رابطه بین ضریب بزرگنمایی تغییر مکان و ضریب شکل‌پذیری اجزای را بخوبی برآورد کردند. نتایج نشان دادند که ضریب بزرگنمایی تغییر مکان بشدت به شکل‌پذیری اجزای تأثیر می‌گذارد و در سازه‌های کوتاه، ضریب بزرگنمایی تغییر مکان بیشتر از سازه‌های بلند می‌باشد، به عبارتی دیگر شکل‌پذیری در سازه‌های بلند بیشتر از شکل‌پذیری در سازه‌های کوتاه می‌باشد. باتوجه به مدل‌های انجام شده این نکته مشهود می‌شود که با افزایش ارتفاع سازه‌ها شکل‌پذیری نیز بیشتر شده است. لکن با افزایش ارتفاع از ۱۰ طبقه به ۱۵ طبقه شکل‌پذیر سازه کمتر شده و با توجه به مدل که تا تشکیل آخرین مفصل پلاستیک نیرو را افزایش داده است می‌توان نتیجه گرفت که عامل دیگری می‌بایست باعث تخریب سازه قبل از رسیدن کامل به ظرفیت شکل‌پذیری باشد که می‌تواند دلیل آن نوسان بالا باشد. با توجه به نتایج فوق می‌توان برداشت کرد، که مقاومت افزون با شکل‌پذیری رابطه معکوس دارد یعنی هر چه مقاومت افزون بیشتر باشد شکل‌پذیری کاهش می‌یابد، هر دو تغییر فوق باعث تغییر ضریب رفتار در هر سازه می‌شود. بعبارت دیگر با تغییر ضریب مقاومت افزون در هر سازه، شکل‌پذیری تغییر می‌کند و بر ضریب رفتار تأثیر خواهد گذاشت.

اعمال اثرات اندرکنش خاک و سازه بسته به نوع خاک ساختگاه و سختی سازه باعث افزایش پیوند سازه و میرایی شده که این افزایش نسبت مستقیم با سختی نسبی سازه به خاک دارد. این اثرات نسبت عکس با سرعت موج برشی در لایه‌های خاک دارد. هرچه سرعت موج برشی کمتر باشد، اثرات اندرکنش خاک-سازه بیشتر خواهد بود. به عبارتی دیگر در خاک‌های سخت یا ساختگاه تیپ ۲ اثرات اندرکنش خاک و سازه بر ضریب بزرگنمایی تغییر مکانی کمتر از خاک‌های نرم یا ساختگاه تیپ ۴ می‌باشد. بنابراین اثرات اندرکنش در خاک‌های نرم بیشتر از خاک‌های سخت می‌باشد.

لحاظ تحلیل‌های اندرکنش خاک و سازه سبب ایجاد تغییر شکل‌های جدید در اعضای مختلف می‌شود، که پیامد آن کاهش یا افزایش مساحت و وزن آرماتورهای مصرفی و نهایتاً طرح مجدد عضو خواهد بود.

با افزایش ارتفاع سازه مقدار ضریب بزرگنمایی تغییر مکانی در مدل‌های ۱۰ تا ۱۵ طبقه کاهش می‌یابد ولی در مدل‌های زیر ۱۰ طبقه و بالای ۱۵ طبقه سیر صعودی ضریب بزرگنمایی تغییر مکانی افزایش می‌یابد.

ضریب بزرگنمایی تغییر مکانی ساختمان‌های کوتاه، متوسط و بلند مرتبه با در نظر گرفتن اثر اندرکنش خاک و سازه را بهتر است به ترتیب از روابط

$$C_d=0.54R, \quad C_d=0.57R, \quad C_d=0.62R$$

محاسبه نمود. در صورتی که بخواهیم برای کلیه ساختمان‌ها از یک ضریب بزرگنمایی تغییر مکانی استفاده کنیم رابطه ی  $C_d=0.58R$  پیشنهاد می‌شود که میانگین گیری از ضرایب تشدید بدست آمده در حالت با در نظر گرفتن اندرکنش خاک و سازه بدست آمده است.



## مراجع

- [۱] خشنود، یعقوب، ۱۳۷۸، ارزیابی ضریب Cd (رابطه بین جابجایی‌های خطی و غیرخطی) در سیستم‌های قاب فولادی با بادبندی واگرا (EBF)، دانشگاه علم و صنعت ایران، پایان نامه کارشناسی ارشد.
- [۲] بانی زاده، میثم، ۱۳۹۳، اثر اندرکنش خاک و سازه بر توزیع آسیب پذیری لرزه ای ساختمان های بتنی قاب خمشی و قاب خمشی با دیوار برشی، دانشگاه صنعتی اصفهان، دانشکده عمران، پایان نامه کارشناسی ارشد.
- [3] M. Mekkia, M. Elachachi, 2016, Seismic behavior of R.C. structures including soil-structure interaction and soil variability effects, *Engineering Structures Journal*, Volume 126, 1 November 2016, Pages 15–26.
- [4] Manthos Papadopoulos, Roel Van Beeumen, Stijn François, Geert Degrande, Geert Lombaert, 2017, Modal characteristics of structures considering dynamic soil-structure interaction effects, *Journal of Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, Volume 105, February 2018, Pages 114-118.
- [5] M. Papadopoulos, R. Van Beeumen, S. François, G. Degrande, G. Lombaert, 2017, Computing the modal characteristics of structures considering soil-structure interaction effects, *journal of Procedia Engineering*, Volume 199, 2017, Pages 2414-2419.
- [6] Nemat Hassani, Majid Bararnia, Gholamreza Ghodrati Amiri, 2017, Effect of soil-structure interaction on inelastic displacement ratios of degrading structures, *Journal of Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, Volume 104, January 2018, Pages 75-87.



---

**Research Paper**

---

**The effects of soil-structure interaction on the displacement magnification factor of concrete shear wall dual system****Mehdi Atayi<sup>1</sup>, Fereydoon Rezaei<sup>2</sup>**

---

**ARTICLE INFO****Article history**

Received 29 March, 2018

Accepted 24 May, 2018

---

**Key words:**

Soil and structure interaction

Resonant resonance coefficient

Bending frame

Reinforced concrete shear wall

---

**ABSTRACT**

In an analysis of the seismic behavior of a structure, an excitation applied from the ground to the structure for the case where the structure relies heavily on the earth, it is the same stimulus that existed before the construction of the structure at that point of the earth. However, if the structure depends on the soft soil, significant changes will occur in the seismic input of the structure. Therefore, the structure with the surrounding soil will be in operation and will make changes in the base movements. Consequently, taking into account the effects of interaction between the soil and structure can accurately increase the natural periodicity and thus reduce the coefficient of earthquake in design and consequently reduce costs. In this study, the resonant coefficients of displacement of fifteen flexural concrete frame with shear wall were resilient and non-reactive analysis. The studied frames are varied in the number of 5, 10, 15, 20, and 25 in 5 openings. And the effect of the soil-structure interaction on the magnitude of the displacement coefficient and its comparison with the stationary foot state has been investigated. Each frame was modeled using nonlinear static analysis using the SAP2000 software. The Springer Wincher method has been used for substructure soil model. The results show that the magnitude of displacement coefficient in states with regard to the interaction of soil and structure is higher, regardless of the interaction of soil and structure.

---

Corresponding author: Mehdi Atayi

E-mail addresses: ramata3628@gmail.com

