

## تأثیر اندرکنش خاک و سازه در ساختمانهای بلندمرتبه‌ی بتن آرمه‌ای باهسته مقاوم داخلی سیستم لوله در لوله و بادرنظر گرفتن تحلیل دینامیکی غیرخطی

آرمین رزاقی

گروه مهندسی عمران، واحد ارومیه، دانشگاه آزاد اسلامی، ارومیه، ایران

اشکان خدابنده‌لو\*

گروه مهندسی عمران، واحد ارومیه، دانشگاه آزاد اسلامی، ارومیه، ایران

\*a.Khodabandehlou@iaurmia.ac.ir

تاریخ دریافت: ۹۸/۱۲/۰۹ تاریخ پذیرش نهایی: ۹۹/۰۸/۲۵

### چکیده

در این پژوهش ۳ قاب ساختمانی بلندمرتبه‌ی سه بعدی بتن آرمه ۲۸ طبقه، در هر دو امتداد X, Y با سیستم سازه‌ای لوله در لوله، باهسته مقاوم داخلی H شکل، در پهنه با خطر نسبی زیاد ( $A=0.3g$ ) که هر یک از قابها با تعداد و طول دهانه ثابت، ارتفاع و نوع خاک متفاوت (I, III)، یک بار بدون تأثیر اندرکنش و بار دیگر با تأثیر اندرکنش خاک - سازه در نظر گرفته و تحلیل می‌شود. هدف از پژوهش حاضر تعیین حداکثر تغییر مکان جانبی طبقات قاب‌ها تحت بارهای ثقلی (مرده، زنده) و بار جانبی زلزله می‌باشد. جهت تحلیل قابها با تأثیر اندرکنش خاک - سازه از روش زیرسازه با فرض صلبیت پی، جهت مدل‌سازی خاک زیرفوندانسیون از مدل مخروط میک، و لف در پی سازه و جهت تعیین ضریب سختی دینامیکی فنرو ضریب میرایی از مدل گسسته بر مبنای مدل مخروطی پی مدفون در نیم فضای همگن استفاده می‌شود. جهت تحلیل بار زلزله در مدل‌های مورد بررسی از تحلیل دینامیکی تاریخچه زمانی غیرخطی تحت هفت شتاب نگاشت استفاده و مدل‌سازی هندسی کلیه قابها همراه با دیوار برشی در نرم افزار SAP2000-V17 انجام شده است. نتایج حاکی از آن است، با افزایش ارتفاع طبقات مدل نسبت به ۳، حداکثر تغییر مکان جانبی طبقات بر روی خاک نوع I در امتداد X افزایش ناچیز و در امتداد Y افزایش قابل توجه، در مدل ۲ نسبت به ۱ با تغییر نوع تیپ خاک، حداکثر تغییر مکان جانبی طبقات بدون و با اندرکنش خاک - سازه در هر دو امتداد افزایش چشمگیری می‌باشد.

**کلید واژگان:** اندرکنش، لوله در لوله، تغییر مکان، مدل گسسته، تاریخچه زمانی

## ۱- مقدمه

با گسترش تکنولوژی و شهرنشینی، پروژه‌های گسترده و وسیعی طراحی و اجرا می‌شوند. با گذشت زمان مقیاس و اندازه این پروژه‌ها افزایش می‌یابد و در این شرایط با توجه به عوامل در نظر گرفته نشده، ضریب اطمینان طراحی و به طبع آن قیمت تمام شده پروژه افزایش می‌یابد. یکی از این عوامل، اندرکنش خاک - سازه است [۱]. اندرکنش خاک - سازه مساله بسیار مهمی خصوصاً برای سازه‌های سنگین و سخت که بر زمینهای انعطاف پذیر ساخته شده‌اند. این مساله پاسخ‌های سازه را تا حد قابل توجه تغییر می‌دهد. بنابراین تأثیرات این اندرکنش باید در پاسخ‌های دینامیکی سازه در نظر گرفته شود [۲]. اندرکنش خاک - سازه باعث افزایش پیروید سازه، افزایش سهم مدگهواره‌ای نسبت به پاسخ کل و معمولاً باعث کاهش برش پایه می‌شود [۱].

تأثیراتی که اندرکنش خاک - سازه ایجاد می‌کند به دو اثر اندرکنش سینماتیکی (حرکت ورودی پی) و اینرسی تقسیم‌بندی می‌شوند. هنگامی که جرم پی و سازه در نظر گرفته نشود، به دلیل صلیبیت پی سازه نسبت به خاک و عدم قابلیت تطابق خاک با حرکت میدان آزاد، پی سازه میانگینی از حرکت میدان آزاد خاک را تجربه می‌کند که به این حرکت تغییر یافته، تحریک ورودی پی می‌گویند. اندرکنش اینرسی با وجود جرم سازه و پی، ارتعاش سازه و نیروی ناشی از آن باعث ایجاد حرکت جدیدی در پی خواهد شد که این اثر را اندرکنش اینرسی می‌نامند [۳]. در این پژوهش اثر اندرکنش اینرسی مورد بررسی قرار می‌گیرد.

هر سازه بلند رفتاری شبیه به طره‌ای عمودی تحت بارهای جانبی از خود نشان می‌دهد که به یقین ارزیابی پاسخ سازه نسبت به بارهای جانبی بسیار مشکل‌تر از تعیین پاسخ سازه نسبت به بارهای قائم آن است. سعی بر مقاوم‌سازی ساختمان بلند مرتبه در مقابل بارهای اعمالی (گرانشی، جانبی) منجر به ابداع، ساختارهای سازه‌ای گوناگون از جمله سیستم سازه‌ای لوله در لوله می‌باشد [۴]. سیستم سازه‌ای لوله در لوله تشکیل شده از یک لوله خارجی و یک لوله داخلی (هسته) به یکدیگر متصل شده‌اند. ۳ عامل کاهش لنگی برشی، همکاری بیشتر ستون‌های داخلی برای تحمل نیروی جانبی و سختی جانبی مناسب، از خصوصیات استفاده از سازه‌های لوله در لوله است [۵]. شایان ذکر است مکانیسم اندرکنش لوله داخلی و خارجی مشابه با اندرکنش دیوار برشی - قاب خمشی است [۴].

## ۲- مروری بر تحقیقات گذشته

منشاء اصلی اندرکنش خاک - سازه به اواخر قرن نوزدهم میلادی برمی‌گردد، که به تدریج در نیمه قرن بیستم تکامل یافته و در نیمه دوم به سرعت پیشرفت کرده است [۶]. تا کنون مطالعات گسترده‌ای در مورد

رفتار سیستم‌های خاک - سازه در هنگام وقوع زلزله و اثرات اندرکنش خاک - سازه انجام گرفته است. به نظر می‌رسد که این مطالعات از سال ۱۹۷۰ - ۱۹۶۹ سرعتی چشمی نسبت به سال‌های قبل از آن به خود گرفته است [۷].

در مورد مدل مخروط می‌توان بیان نمود، این مدل اولین بار توسط Ehlers در سال ۱۹۴۲ برای حرکت انتقالی بیان شد [۸].

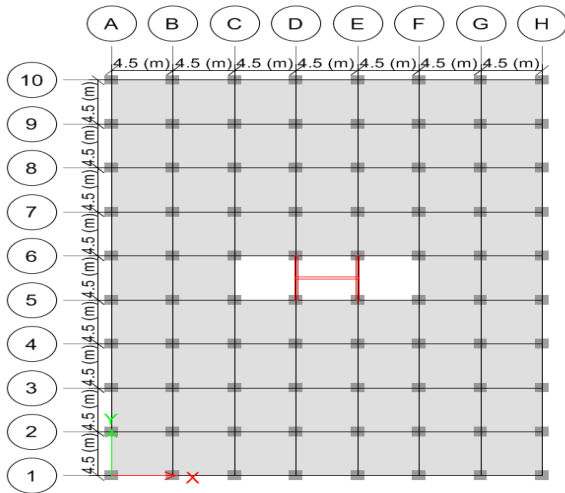
Meek and Veletsos در سال ۱۹۷۴ این مدل را برای حرکات دورانی بسط و توسعه دادند [۸]. این مدل به لحاظ دینامیکی، همانند مدل اجزاء مجزا، شامل مجموعه‌ای از جرم‌ها، فنرها و میراگرها می‌باشد. می‌توان از مدل مخروط برای تحلیل حرکات انتقالی (عمودی و افقی) و حرکات دورانی (گهواره‌ای و پیچشی) بهره‌جست.

Meek and Wolf در سال ۱۹۹۲ ضمن اصلاح فرمول‌بندی مخروط دورانی، روش ساده شده‌ای برای بررسی پاسخ دینامیکی پی بر خاک همگن الاستیک نیمه بی نهایت ارائه نمودند و مفاهیم مدل مخروط جهت مطالعه پاسخ دینامیکی پی بر روی بستر سنگی صلب و انعطاف پذیر را بسط و توسعه داده‌اند [۹].

دیرانلو در سال ۲۰۱۵ در تحقیق خود با تحلیل طیف پاسخ (دینامیکی طیفی) تأثیرات خاک‌های متفاوت زیرین (خاک متراکم و سست) بر رفتار لرزه‌ای ساختمان ۴۰ طبقه بتن آرمه با سیستم لوله در لوله را تعیین نموده و عملکرد هر مدل از جمله برش پایه، تغییر مکان جانبی نسبی کلی و بحرانی (حداکثر) را ارزیابی نموده بود. نتایج نشان داد خاک‌های سست امواج لرزه‌ای را تشدید می‌کند و تغییر مکان جانبی نسبی ساختمان و برش پایه را افزایش می‌دهد [۱۰].

## ۳- مدل‌ها و خاک مورد بررسی

در این پژوهش ۳ قاب ساختمانی بلندمرتبه سه بعدی بتن آرمه ۲۸ طبقه، در هر دو امتداد X, Y با سیستم سازه‌ای لوله در لوله با هسته مقاوم داخلی H شکل (ضخامت دیوارهای برشی ۲۰ سانتیمتر) فونداسیون از نوع گسترده به ضخامت ۲۰۰ سانتی‌متر، بدون و با تأثیر اندرکنش خاک و سازه در پهنه با خطر نسبی زیاد ( $A=0.3g$ ) و بر روی خاک نوع (I, III) در نظر گرفته شده است. ابعاد اولیه قاب‌ها با استفاده از نرم‌افزار ETABS2015 و ابعاد فونداسیون در نرم‌افزار SAFE2014 تعیین شده‌اند. علت در نظرگیری دونوع خاک (I, III) بررسی تأثیر یک خاک سخت با بیشترین میزان ضریب سختی و میرایی و یک خاک نرم با کمترین میزان ضریب سختی و میرایی بر روی حداکثر تغییر مکان جانبی طبقات می‌باشد.



شکل ۱- پلان آکس بندی وستون گذاری مدل (۳۲،۲۰۱) قاب ۲۸ طبقه

#### ۴- روش تحقیق

##### ۴-۱- مدل سازی خاک زیر پی

جهت مدل سازی خاک زیر فونداسیون از مدل گسسته بر مبنای روش مخروطی پی مدفون صلب درنیم فضای همگن میک، ولف استفاده می شود. روش مخروطی به منظور تحلیل پاسخ پی استوانه ای بدون جرم به شعاع  $r_0$ ، مدفون در عمق  $e$  واقع بر روی سطح یانیم فضای خاک چند لایه جهت تمامی درجات آزادی، با استفاده از میله ها و تیرهای مخروطی به نام مخروطها ارائه شده است. انتخاب میله مخروطی بر مبنای این واقعیت صورت گرفته که هنگامی که باری به دیسک (پی صلب بدون جرم) اعمال می شود، تنشها بر روی سطحی اثر نموده که آن سطح به دلیل پخش شدگی هندسی با ازدیاد عمق افزایش می یابد که این حالت برای مخروط نیز صادق است. مخروطهای انتقالی مربوط به درجات آزادی افقی و قائم، مخروطهای دورانی مربوط به درجات آزادی چرخشی (گهواره ای)، پیچشی می باشند. در مدل گسسته، فنر و میراگر افقی باخروج از مرکزیت به پی متصل می شوند. غیر از میراگر متصل به جرم چرخشی مربوط به درجه آزادی داخلی، میراگر چرخشی دیگری برای مدل کردن حرکت گهواره ای پی مدفون به طور موازی با فنر چرخشی در این مدل قرار می گیرد. در نظر گرفتن میرایی خاک به صورت هیسترتیک باعث می شود که مسأله درحوزه فرکانس حل گردد. بنابراین ناگزیر هستیم که میرایی خاک را به صورت ویسکوز در نظر بگیریم. در مدل میرایی ویسکوالاستیک ویت، به هر فنر الاستیک یک میراگر با میرایی  $c = \frac{2\xi_0}{\omega_0} k$  که به صورت موازی با آن می باشد، اضافه می شود.

جدول ۱- مشخصات ابعادی قاب ۲۸ طبقه

مدل	ارتفاع طبقات (متر)	تعداد دهانه (X-Y)	طول دهانه (متر)	نوع خاک زیرقاب
۱	۴	۷-۹	۴/۵	I
۲	۴	۷-۹	۴/۵	III
۳	۳/۵	۷-۹	۴/۵	I

جدول ۲- مشخصات خاک های مورد بررسی

نوع زمین	سرعت موج برشی $V_s$ (متر بر ثانیه)	چگالی خاک $\rho$ (کیلوگرم بر متر مکعب)	نسبت پواسون خاک $\nu$
I	۱۲۰۰	۲۲۰۰	۰/۳
III	۲۷۵	۱۸۰۰	۰/۴

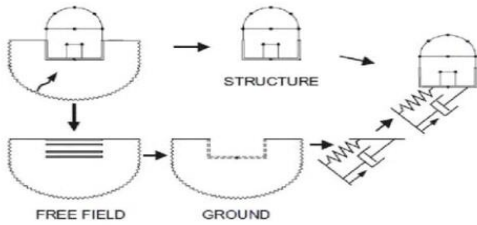
جدول ۳- مشخصات مکانیکی مصالح فولادی و بتنی

مشخصات مصالح	میزان	
	بتن	فولاد (آرماتور AIII)
مقاومت فشاری (کیلوگرم بر سانتیمتر سانی متر مربع)	۲۵۰	-
مدول الاستیسیته (پاسکال)	$25 \times 10^9$	$201 \times 10^9$
نسبت پواسون	۰/۱۵	۰/۳
چگالی (کیلوگرم بر متر مکعب)	۲۴۵۰	۷۸۵۰
تنش تسلیم (کیلوگرم بر متر مربع)	-	۴۰۰۰
تنش گسیختگی (کیلوگرم بر سانتیمتر مربع)	-	۶۰۰۰
تنش تسلیم مورد انتظار (کیلوگرم بر سانتیمتر مربع)	-	۴۶۰۰
تنش گسیختگی مورد انتظار (کیلوگرم بر سانتیمتر مربع)	-	۶۹۰۰

K: سختی سازه،  $K_h$ : سختی افقی پی،  $K_r$ : سختی چرخشی (گهواره‌ای) پی،  $h$ : ارتفاع سازه می‌باشد.

**۴-۲- روش تحلیل سیستم اندرکنش خاک - سازه**

در این پژوهش از روش زیر سازه در تحلیل اثر اندرکنش خاک و سازه استفاده می‌گردد. در روش زیرسازه، سیستم خاک-سازه به دو قسمت تقسیم می‌گردد: قسمت اول سازه مستقر بر پی است و قسمت دوم خاک که دارای یک مرز مشترک با پی سازه می‌باشد. ابتدا رابطه نیرو و تغییر مکان خاک (سختی دینامیکی) برای گره‌های موجود در مرز مشترک تعیین می‌شود که می‌توان آن را بصورت فیزیکی با تعدادی فنر و میراگر که ضرایبشان به فرکانس تحریک وابسته است، بیان نمود. سپس سازه موجود بر روی این فنرها و میراگرها با اعمال تحریک به تکیه‌گاه فنر و میراگرها تحلیل می‌گردد.



شکل ۵- مراحل روش زیرسازه

**۴-۳- تعیین ضرایب سختی و میرایی خاک**

ضرایب سختی و میرایی مدل گسسته پی صلب مدفون در روش مخروطی نیم فضای همگن طبق روابط زیر تعیین می‌شود. استفاده از سرعت موج برشی کاهش یافته در معادلات ذیل تا حدی اثرات ورود خاک به فاز غیرخطی در محدوده کرنشهای زیاد را وارد معادلات می‌کند.

ضریب سختی افقی فنر درجه آزادی افقی

$$k_{oh} = \frac{8\rho v_s^2 r}{2-\nu} \left(1 + \frac{e}{r}\right) \quad (3)$$

ضریب میرایی افقی فنر درجه آزادی افقی

$$c_{oh} = \frac{r}{v_s} \gamma_{oh} k_{oh} \quad (4)$$

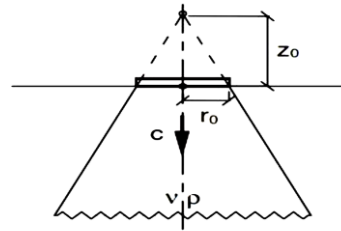
$$\gamma_{oh} = 0.68 + 0.57 \sqrt{\frac{e}{r}} \quad (5)$$

ضریب سختی فنر درجه آزادی چرخشی

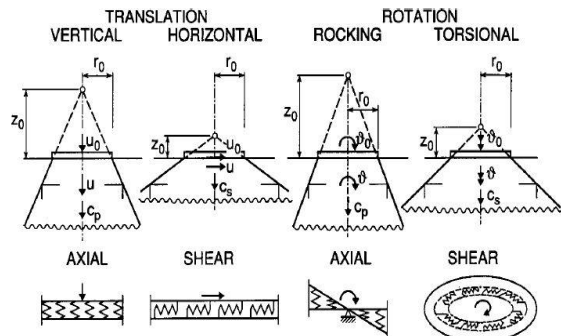
$$k_{or} = k_r - \frac{\rho v_s^2 r^3}{2(2-\nu)} \left(1 + \frac{e}{r}\right) \left(\frac{e}{r}\right)^3 \quad (6)$$

$$k_r = \frac{8\rho v_s^2 r^3}{3(1-\nu)} \left[1 + 2.3 \frac{e}{r} + 0.58 \left(\frac{e}{r}\right)^3\right] \quad (7)$$

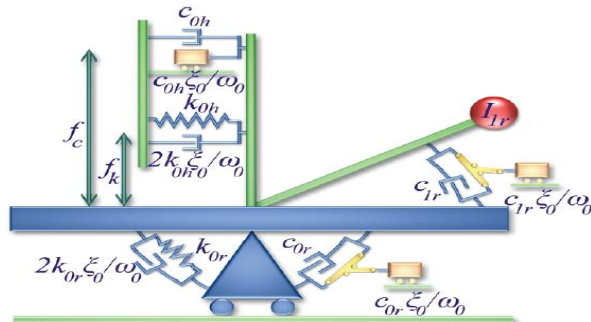
ضریب میرایی چرخشی فنر درجه آزادی چرخشی (گهواره‌ای)



شکل ۲- روش مخروط برای پی سطحی واقع برنیم فضای همگن



شکل ۳- مخروطهای انتقالی و دورانی به ترتیب از چپ به راست درجات آزادی قائم، افقی، چرخشی (گهواره ای)، پیچشی



شکل ۴- مدل گسسته اصلاح شده برای پی مدفون بادر نظر گرفتن اثر میرایی خاک

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{k_{eq}}{m}} \quad (1)$$

$\omega_0$ : فرکانس سیستم خاک-سازه،  $K_{eq}$ : سختی معادل سیستم خاک-سازه،  $m$ : جرم سازه است.

$$\frac{1}{k_{eq}} = \frac{1}{k} + \frac{1}{k_h} + \frac{h^2}{k_r} \quad (2)$$

K: ماتریس سختی، C: ماتریس میرایی نسبی، M: ماتریس قطری جرم،  $\Gamma_N$ : بردار نیروی درجات آزادی غیرخطی،  $u, \dot{u}, \ddot{u}$ : به ترتیب جابه‌جایی‌های نسبی، سرعت‌های نسبی و شتاب‌های نسبی نسبت به زمین،  $\ddot{x}$ : بردار نیروهای وارده می‌باشند.

#### ۲-۴-۴- روند انتخاب شتاب نگاشت‌ها

طبق بند ۲-۳-۵-۲ آیین‌نامه ۲۸۰۰ زلزله ایران ویرایش ۴ شتاب‌نگاشت‌هایی که در تعیین اثر حرکت زمین مورد استفاده قرار می‌گیرند باید دارای ویژگی‌های زیر باشند: الف: شتاب‌نگاشت‌ها متعلق به زلزله‌هایی باشند که شرایط زلزله طرح را ارضا کنند و در آنها اثر بزرگ، فاصله از گسل، ساز و کار چشمه لرزه‌زا در نظر گرفته شده باشد. ب: ساختگاه‌های شتاب نگاشت‌ها باید به لحاظ ویژگی‌های زمین‌شناسی، تکتونیکی، لرزه‌شناسی و به خصوص مشخصات لایه‌های خاک با زمین محل ساختمان، تا حد امکان، مشابهت داشته باشند. پ: مدت زمان حرکت شدید زمین در شتاب نگاشت‌ها حداقل برابر با ۱۰ ثانیه یا ۳ برابر زمان تناوب اصلی سازه، هر کدام بیشتر باشد. این مدت زمان معمولاً در فواصل (۹۵٪-۵٪) از نمودار شدت آریانس و با استفاده از نرم‌افزار Seismo Signal تعیین می‌شود.

جدول ۸- مشخصات شتاب نگاشت‌ها

زلزله	بزرگ (ریشتر)	فاصله از گسل (کیلومتر)	حوزه گسل
طبس	۷/۸	۱۰	نزدیک
بم	۶/۶	۸/۵	نزدیک
کوبه	۷/۳	۱۶	نزدیک
چی چی	۷/۲	۱۰/۹	نزدیک
لوماپریتا	۷/۴	۱۱/۴	نزدیک
امپریال	۷	۹/۶	نزدیک
نورتریج	۷/۲	۱۱/۴	نزدیک

#### ۳-۴-۴- شتاب نگاشت‌های مقیاس شده

طبق بند ۲-۳-۵-۳ آیین‌نامه ۲۸۰۰ زلزله ایران ویرایش ۴ هر زوج شتاب نگاشت به مقدار حداکثر خود مقیاس شوند. بدین معنی که حداکثر شتاب در مولفه‌ای که دارای بیشینه بزرگتری است، برابر شتاب ثقل گردد.

$$c_{or} = \frac{r}{v_s} \gamma_{or} k_r \quad (8)$$

$$\gamma_{or} = 0.15631 \frac{e}{r} - 0.08906 \left(\frac{e}{r}\right)^2 - 0.00874 \left(\frac{e}{r}\right)^3 \quad (9)$$

در روابط بالا:  $v_s$ : سرعت موج برشی خاک،  $\tau$ : شعاع معادل دیسک (پی)،  $\theta$ : ضریب پواسون خاک،  $e$ : عمق مدفون شدگی پی

جدول ۶- ضرایب سختی خاک (فتر) درجات آزادی افقی، قائم، چرخشی، پیچشی

مدل	ضریب سختی (کیلوگرم بر متر)		
	افقی	قائم	چرخشی
۱	$3/95 \times 10^{10}$	$4/15 \times 10^{10}$	$1/62 \times 10^{13}$
۲	$1/17 \times 10^9$	$1/33 \times 10^9$	$5/31 \times 10^{11}$
۳	$3/95 \times 10^{10}$	$4/15 \times 10^{10}$	$1/62 \times 10^{13}$

جدول ۷- ضرایب میرایی خاک (فتر) درجات آزادی افقی، قائم، چرخشی، پیچشی

مدل	ضریب میرایی (کیلوگرم در ثانیه بر متر)		
	افقی	قائم	چرخشی
۱	$6/4 \times 10^8$	$6/9 \times 10^8$	$1/1 \times 10^{10}$
۲	$8/5 \times 10^7$	$9/8 \times 10^7$	$1/86 \times 10^{10}$
۳	$6/4 \times 10^8$	$6/9 \times 10^8$	$1/1 \times 10^{10}$

#### ۴-۴-۴- تحلیل بار لرزه‌ای

##### ۴-۴-۴-۱- تحلیل دینامیکی تاریخچه زمانی غیر خطی

جهت تحلیل لرزه‌ای مدل‌ها از تحلیل دینامیکی تاریخچه زمانی غیر خطی استفاده می‌گردد. طبق بند ۴-۱ پیوست ۲ آیین‌نامه ۲۸۰۰ زلزله ایران ویرایش ۴ در این روش، تحلیل دینامیکی سازه با اثر دادن شتاب زمین به صورت تابعی از زمان در تراز پایه و محاسبه پاسخ مدل ریاضی سازه در برگزیده رفتار فرا ارتجاعی آن است انجام می‌شود. طبق بند ۴-۳ پیوست دوم آیین‌نامه ۲۸۰۰ زلزله ایران ویرایش ۴ اثر  $\Delta-P$  باید در تحلیل دینامیکی تاریخچه زمانی غیر خطی در نظر گرفته شود. معادله تعادل دینامیکی سازه به شرح زیر می‌باشد.

$$(10)$$

$$M\ddot{u}(t) + C\dot{u}(t) + K u(t) + \Gamma_N(t) = F(t)$$

#### ۴-۴-۶ دوره تناوب قاب‌ها بدون و با اندرکنش خاک - سازه

طبق بند ۳-۳-۳ آیین‌نامه ۲۸۰۰ زلزله ایران ویرایش ۴ قسمت پ زمان تناوب اصلی نوسان (T) بدون اندرکنش خاک-سازه برای ساختمانها با سیستم سازه‌ای دوگانه یا ترکیبی (سیستم سازه‌ای لوله درلوله) از رابطه زیر تعیین می‌گردد.

(۱۲)

$$T=0.05H^{0.75}$$

H: ارتفاع کلی قاب

جدول ۹- دوره تناوب قاب‌ها (T) بدون و با اندرکنش خاک-سازه

مدل	بدون اندرکنش (ثانیه)	با اندرکنش (ثانیه)
۱	۱/۷۱	۱/۷۱
۲	۱/۷۱	۱/۷۸
۳	۱/۵۵	۱/۵۵

#### ۴-۴-۷ ضریب مقیاس بدون و با اندرکنش خاک - سازه

طبق بند ۲-۵-۳ آیین‌نامه ۲۸۰۰ زلزله ایران ویرایش ۴ هر زوج شتاب نگاشت چنان مقیاس می‌شود که برای هر پریود در محدوده  $0.2T$  الی  $1.5T$  (دوره تناوب سازه‌ها)، مقدار متوسط طیف جذر مجموع مربعات مربوط به تمام زوج مولفه‌ها بیش از ده درصد از  $1/3$  برابر مقدار متناظر طیف طرح استاندارد کمتر نشود. ضریب مقیاس نهایی از ضرب، ضریب مقیاس در AI تعیین می‌شود. ضریب مقیاس نهایی بایستی در شتاب نگاشتهای مورد نظر ضرب شده و در تحلیل دینامیکی تاریخچه زمانی مورد استفاده قرار گیرد.

A: شتاب مبنای طرح باتوجه به فرارگیری قابها در پهنه با خطر نسبی

زیاد

$$A=0/3$$

$$A=0.3$$

I: ضریب اهمیت ساختمان با توجه به اینکه قابها از نوع مسکونی می‌باشد

$$I=1$$

#### ۴-۴-۴ طیف طرح استاندارد

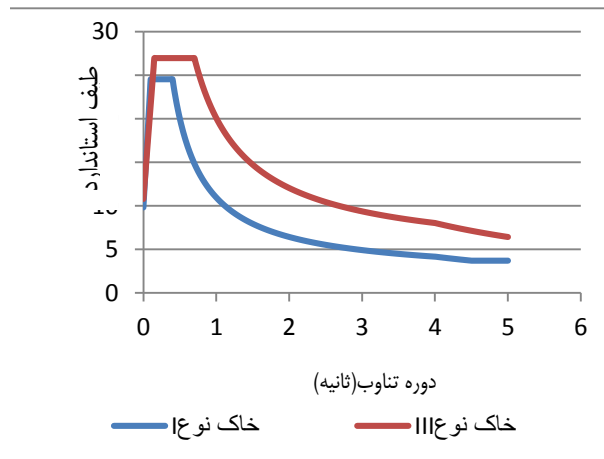
پس از تعیین ضریب بازتاب (B) در بازه زمانی (۴-۰) ثانیه، از ضرب شتاب ثقل ( $g=9.81m/s^2$ ) در ضریب بازتاب طیف طرح استاندارد تعیین می‌شود.

(۱۱)

$$B=B_1 \times N$$

که در رابطه بالا: ضریب بازتاب،  $B_1$ : ضریب بازتاب طیف، N: ضریب اصلاح

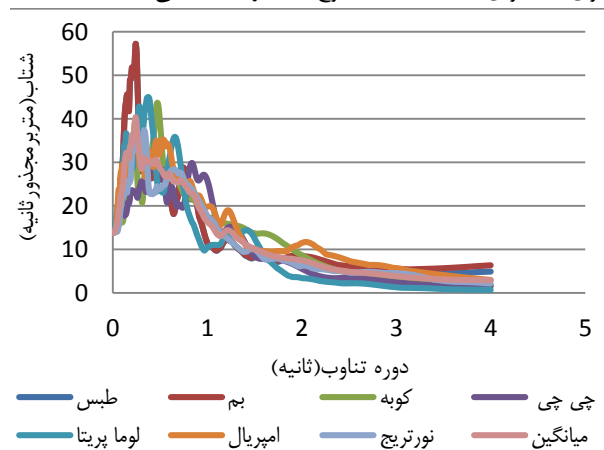
طیف



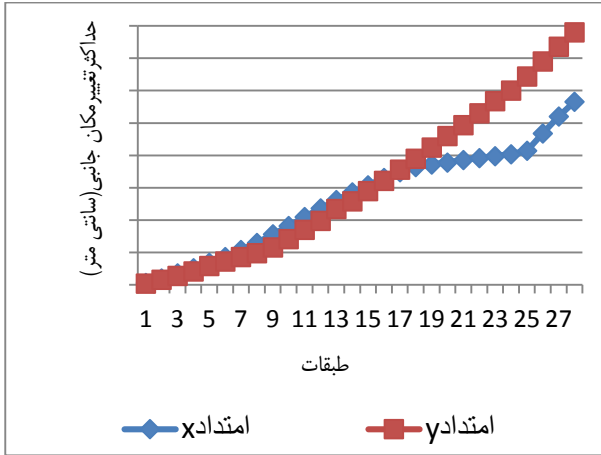
نمودار ۱- طیف طرح استاندارد برای زمین‌هایی با خطر نسبی زیاد خاک نوع (I, III)

#### ۴-۴-۵ طیف پاسخ میانگین

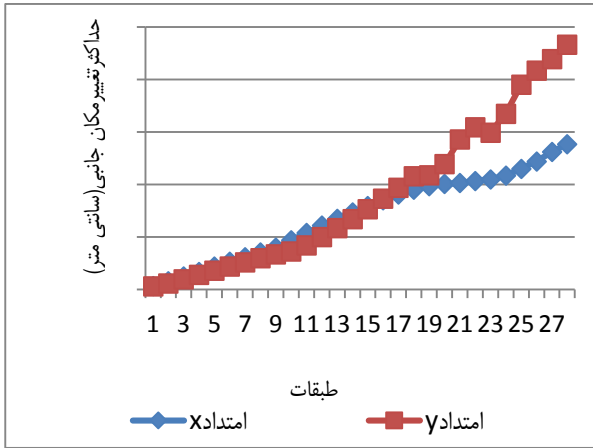
طبق بند ۲-۵-۳ آیین‌نامه ۲۸۰۰ زلزله ایران ویرایش ۴ قسمت پ طیفهای پاسخ هر زوج شتاب نگاشت با استفاده از روش جذر مجموع مربعات با یکدیگر ترکیب شده طیف ترکیبی برای هر زوج شتاب نگاشت ساخته می‌شود. طیف‌های پاسخ ترکیبی هر زوج شتاب نگاشت میانگین گیری شده برای مقایسه با طیف طرح استاندارد بدست می‌آید.



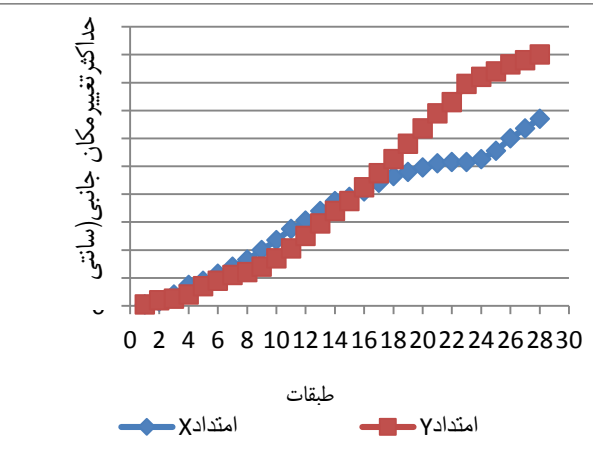
نمودار ۲- میانگین طیف پاسخ ترکیبی زوج شتاب نگاشتها



نمودار ۵- حداکثر تغییر مکان جانبی قاب ۲۸ طبقه مدل ۲ بدون اندرکنش خاک- سازه



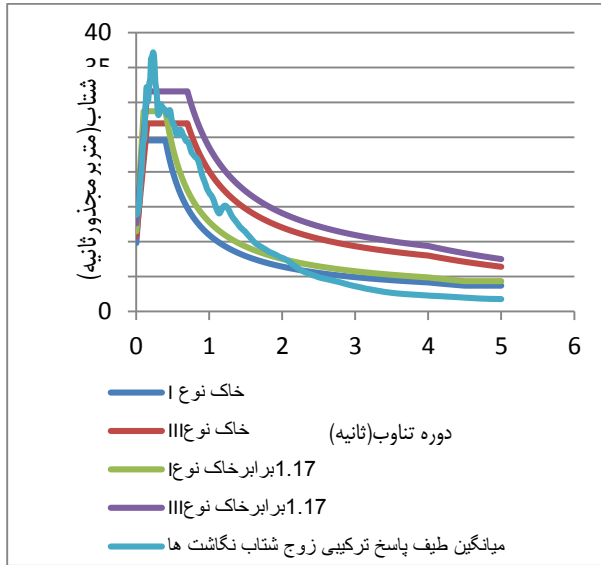
نمودار ۶- حداکثر تغییر مکان جانبی قاب ۲۸ طبقه مدل ۲ با اندرکنش خاک- سازه



نمودار ۷- حداکثر تغییر مکان جانبی قاب ۲۸ طبقه مدل ۳ بدون و با اندرکنش خاک- سازه

جدول ۱۰- ضریب مقیاس قابها بدون و با اندرکنش خاک-سازه

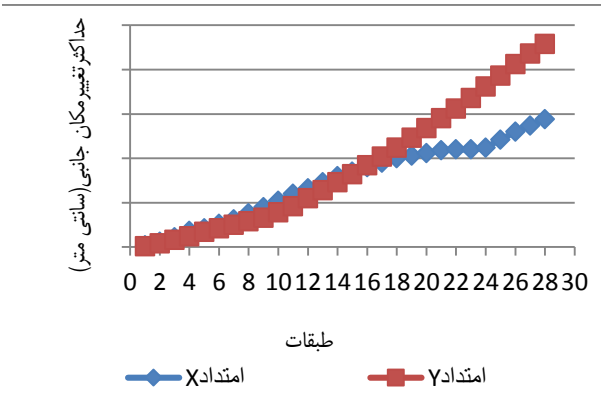
مدل	بدون اندرکنش	با اندرکنش
۱	۰/۳۹۸۶	۰/۳۹۸۶
۲	۰/۷۵	۰/۷۸
۳	۰/۳۷۱۷	۰/۳۷۱۷



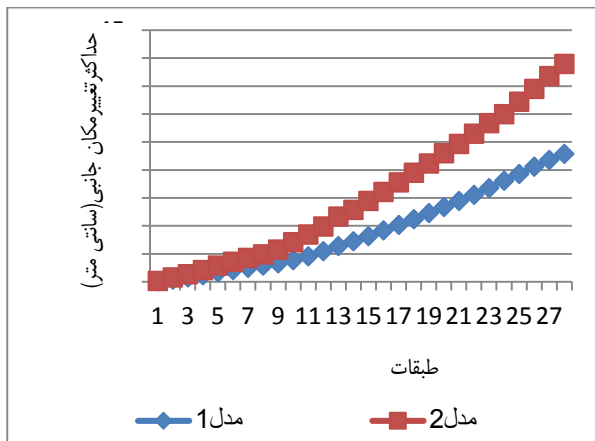
نمودار ۳- مقایسه میانگین طیف پاسخ ترکیبی زوج شتاب نگاشت ها با ۱،۱۷ برابر طیف طرح استاندارد

۵- نتایج تحلیل

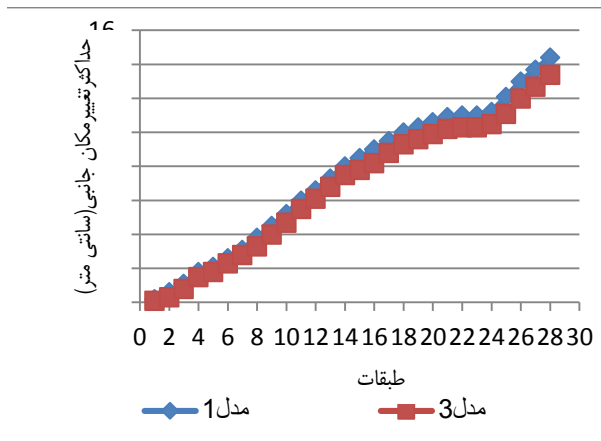
حداکثر تغییر مکان جانبی طبقات مدلها، بدون و با تاثیر اندرکنش خاک-سازه به صورت نمودارهای زیر می باشد:



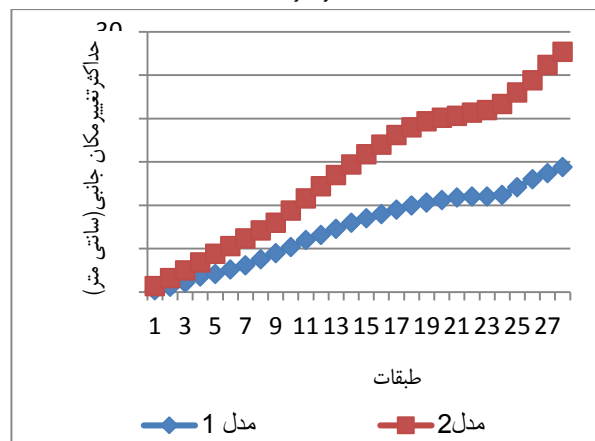
نمودار ۴- حداکثر تغییر مکان جانبی قاب ۲۸ طبقه مدل ۱ بدون و با اندرکنش خاک- سازه



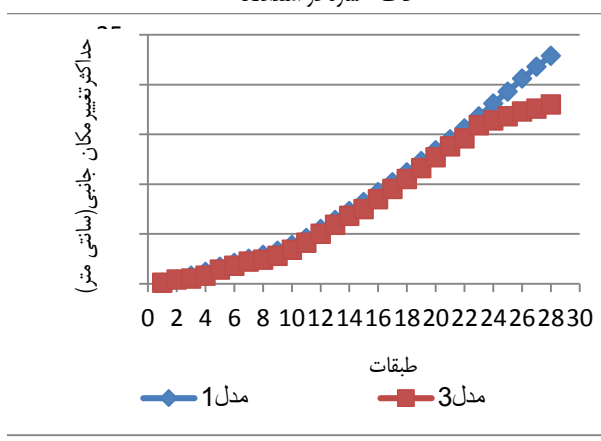
نمودار ۱۱- مقایسه حداکثر تغییر مکان جانبی قاب ۲۸ طبقه بدون اندر کنش خاک- سازه در امتداد Y



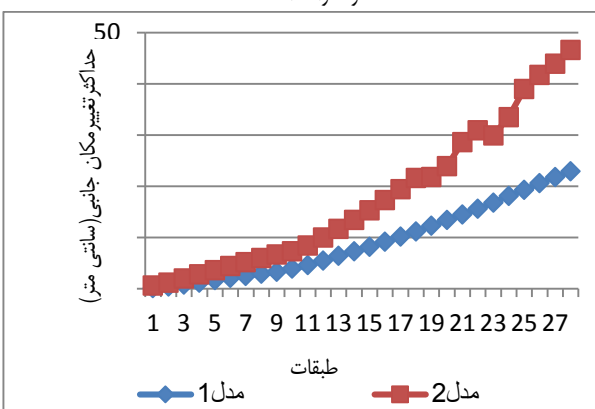
نمودار ۸- مقایسه حداکثر تغییر مکان جانبی قاب ۲۸ طبقه بدون و با اندر کنش خاک- سازه در امتداد X



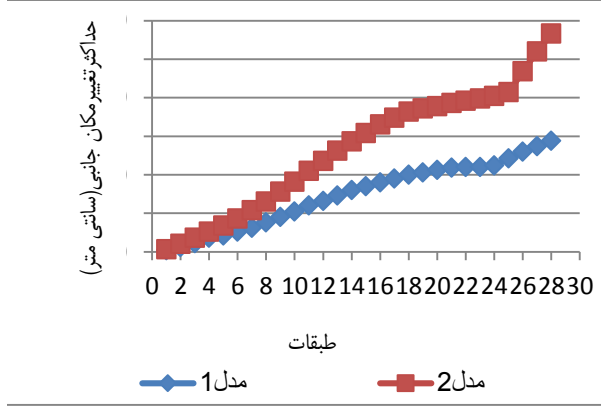
نمودار ۱۲- مقایسه حداکثر تغییر مکان جانبی قاب ۲۸ طبقه با اندر کنش خاک- سازه در امتداد X



نمودار ۹- مقایسه حداکثر تغییر مکان جانبی قاب ۲۸ طبقه بدون و با اندر کنش خاک- سازه در امتداد Y



نمودار ۱۳- مقایسه حداکثر تغییر مکان جانبی قاب ۲۸ طبقه با اندر کنش خاک- سازه در امتداد Y



نمودار ۱۰- مقایسه حداکثر تغییر مکان جانبی قاب ۲۸ طبقه بدون اندر کنش خاک- سازه در امتداد X



## ۶- نتیجه گیری

باتوجه به نمودارهای بالامی توان بیان نمود:

- در قاب ۲۸ طبقه با افزایش ارتفاع طبقات به میزان  $0/5$  متر (مدل نسبت به ۳) بدون و با اندرکنش خاک- سازه بر روی خاک نوع I حداکثر تغییر مکان جانبی طبقات مدل ۱ در امتداد X ( $0/14-2/4$ )، در امتداد Y ( $0/9-2/2$ ) و در مدل ۳ در امتداد X ( $0/13-1/4$ )، در امتداد Y ( $0/18-1$ ) سانتی متر که در امتداد X افزایش ناچیز و در امتداد Y افزایش قابل توجهی ملاحظه می گردد.

- در قاب ۲۸ طبقه مدل ۱ و ۳ بر روی خاک نوع I حداکثر تغییر مکان جانبی طبقات با اندرکنش خاک-سازه در امتداد X, Y در مقایسه با بدون اندرکنش به علت قرارگیری قاب بر روی خاک نوع I که در واقع همان سنگ بستر بوده و در تحلیل متداول سازه ها فرض بال (تکیه گاه گیردار بدون فرض در نظر گرفتن خاک زیرسازه) صادق می باشد، تاثیری نداشته است.

- طبق آیین نامه ۲۸۰۰ زلزله ایران ویرایش ۴، حداکثر تغییر مکان جانبی غیر خطی نباید از  $0/05H$  (H: ارتفاع سازه) که در مدل ۱، از ۵۵ سانتی متر و در مدل ۳، از ۴۹ سانتی متر تجاوز نماید. بنابراین در قاب ۲۸ طبقه، بدون و با اندرکنش خاک- سازه در دو مدل (۱ و ۳) و بر روی خاک نوع I حداکثر تغییر مکان جانبی غیر خطی طبقات در حد مجاز آیین نامه می باشد.

- در قاب ۲۸ طبقه با تغییر نوع تیب خاک (مدل ۲ نسبت به ۱) بدون اندرکنش خاک -سازه حداکثر تغییر مکان جانبی طبقات در مدل ۲ در امتداد X ( $0/14-2/4$ )، در امتداد Y ( $0/39-2$ )، در مدل ۱ در امتداد X ( $0/14-2/4$ ) و در امتداد Y ( $0/1-2/29$ ) سانتی متر که در امتداد X, Y افزایش چشمگیر ملاحظه می گردد.

- در قاب ۲۸ طبقه با تغییر نوع تیب خاک (مدل ۲ نسبت به ۱) با اندرکنش خاک- سازه حداکثر تغییر مکان جانبی طبقات مدل ۲ در امتداد X ( $0/28-3$ )، در امتداد Y ( $0/46-6/6$ )، در مدل ۱ در امتداد X ( $0/14-2/4$ ) و در امتداد Y ( $0/22-1/9$ ) سانتی متر که در امتداد X, Y افزایش چشمگیر ملاحظه می گردد.

- در قاب ۲۸ طبقه مدل ۱ بر روی خاک نوع I حداکثر تغییر مکان جانبی طبقات با اندرکنش خاک - سازه در امتداد X, Y در مقایسه با بدون اندرکنش تاثیری نداشته ولی در مدل ۲ بر روی خاک نوع III در امتداد X افزایش ناچیز و در امتداد Y افزایش قابل ملاحظه می باشد.

- در مدل ۲ بر روی خاک نوع III حداکثر تغییر مکان جانبی طبقات بدون و با اندرکنش خاک- سازه در امتداد X به علت پیوند بالای سازه ( $T > 1s$ ) که دارای انعطاف پذیری زیادی است تقریباً نتایج پاسخ بدون و با اندرکنش برابر هستند ولی در امتداد Y به علت افزایش تعداد دهانه و

همچنین افزایش وزن سازه تاثیر اندرکنش خاک-سازه در این امتداد نسبت به امتداد X بیشتر می باشد. از سویی دیگر شکل هسته مقاوم داخلی (هسته برشی) به شکل H می تواند در افزایش حداکثر تغییر مکان جانبی در دو امتداد موثر باشد.

- لحاظ کردن اندرکنش خاک - سازه در محاسبات دینامیکی سازه باعث افزایش پیوند سازه می شود که با توجه به نوع خاک (III) و سختی سازه (افزودن تیر در قاب های لوله ای) مقدار افزایش پیوند سازه متفاوت است. هر چه نسبت سختی سازه به خاک بیشتر شود، مقدار ازدیاد پیوند نیز بیشتر می گردد که این مسئله بیشتر برای سازه سخت بر روی خاک نرم مصداق پیدا می کند.

- طبق آیین نامه ۲۸۰۰ زلزله ایران ویرایش ۴، حداکثر تغییر مکان جانبی غیر خطی نباید از  $0/05H$  (H: ارتفاع سازه) که در مدل ۱ و ۲، از ۵۵ سانتی متر تجاوز نماید. بنابراین در قاب ۲۸ طبقه، بدون و با اندرکنش خاک- سازه در دو مدل (۱ و ۲) و بر روی دو نوع خاک (I, III) حداکثر تغییر مکان جانبی غیر خطی طبقات در حد مجاز آیین نامه می باشد.

## ۷- مراجع

- [۱] رعیت رکن آبادی، ابراهیم، مطالعه اثرات اندرکنش خاک-سازه بر پاسخ دینامیکی غیرخطی سازه های متداول بایه های سطحی و مدفون. پایان نامه کارشناسی ارشد، پژوهشگاه بین المللی زلزله شناسی و مهندسی زلزله، ۱۳۸۸.
  - [۲] امین فر، محمدحسین؛ فرهنگ آذر، بهمن؛ صفری، هادی؛ بیک لریان، مرتضی. تحلیل دینامیکی اندرکنش خاک و سازه در سازه های بتنی به روش المان محدود. نشریه مهندسی عمران فردوسی، دوره ۲۴ شماره ۲ بهار و تابستان ۱۳۹۲: ۷۱-۷۰.
  - [۳] محصولی، مجتبی. اثر اندرکنش خاک-سازه بر رفتار غیرارتجاعی سازه های دارای پی مدفون. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه صنعتی شریف، ۱۳۸۵.
  - [۴] اسلامی منوچهری، صالح. کاربرد سیستم قاب لوله ای در سازه های بلندمرتبه. نشریه پیام نظام مهندسی استان تهران، دوره ۷ شماره ۱۲ فروردین ۱۳۸۹: ۳۶-۳۴.
  - [۵] همتی، ع، حسینی، ح م، طراحی بهینه سیستم سازه ای لوله در لوله در ساختمانهای بلند بتن آرمه، همایش ملی مهندسی عمران و پژوهشهای نیاز محور، مشهد- ایران، ۲۴ دی، ۱۳۹۴، ص ۱.
- [6] Kausel E. Early History of Soil-Structure Interaction. Soil Dynamics and Earthquake Engineering. 2010;30(9):822.

[۷] اسدی پور، اسلام. لحاظ نمودن اثر اندرکنش خاک - سازه در تحلیل دینامیکی طیفی ساختمانها. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت مدرس، ۱۳۸۴.

[۸] ابریشمی، س، تحلیل پاسخ دینامیکی خاک با استفاده از مدل مخروط ، هفتمین کنگره بین المللی مهندسی عمران، تهران- ایران، ۲۰-۱۸ اردیبهشت، ۱۳۸۵، ص ۱.

[9] Meek J, Wolf J. Cone Models For Homogeneous Soil. ASCE J of Geotechnical Engineering Division. 1992; 118(5):667-685.

[10] Deiranlou M. Evaluation Of Seismic Behavior In Building Tube Structures System With Respect To Dense Soil-Structure Interaction Effect. open Journal Of Civil Engineering. 2015;(5):412.

# The Effect Of Soil And Structure Interaction On High-Rise Reinforced Concrete Buildings With Internal Resistant Core Tube In Tube System And With To Consider Nonlinear Dynamic Analysis

Armin Rasaghi

Department of Civil Engineering, Urmia Branch, Islamic Azad University, Urmia, Iran

Ashkan Khodabandehlou \*

Department of Civil Engineering, Urmia Branch, Islamic Azad University, Urmia, Iran

\*a.khodabandehlou@iaurmia.ac.ir

## Abstract:

This research are considered and analyzed threedimensional high rise building three frames of 28-story reinforcedconcrete in each direction X,Y structural structure of a tube in tube,In the zone of high relative risk( $A=0.3g$ ),With fixed number and bays the length,different heights and types of soil(I, III), Once without affecting soil-structure interaction Once again, the effects of soil-structure interaction are considered and analyzed. The purpose of the present study is to determine the maximum lateral displacement frames floors of gravity loads(dead, live)and earthquake loads. In order to analyze the structure of the structurethe soil-structureintraction impact of the substructure is assumed to be used for the modeling of the sub-surface soil from the cone model,the structure of the structure and the determination of the dynamic hardening coefficient and damping coefficient soil of the discrete model based on the cone model in the homogeneous space stream.In order to analyze earth quake loads in the studied models,a dynamic analysis of the nonlinear time history of the modal method under seven accelerations accelerations.The geometric modeling of the all frames with shear walls in the SAP 2000-V17 software package was performed.The results show that with increasing elevation of floors(model 1 to 3),the maximum lateral displacment floors on type I soil in the direction of X increase in the direction Y is significant increase,in model ,in the model 2 to 1by changing the type of soil type, the maximum lateral displacment floors with out and with Soil-Structure intraction in the each two direction is dramatic increase

**Key Words:**Interaction, Tube in Tube, Displacement, Discrete Model, Time History