بررسی پاسخ لرزه ای سیستم های قاب – دیوار با در نظر گرفتن اثرات اندرکنش خاک و سازه

محمد رضا کبریایی[1]، رامین طباطبایی میرحسینی[2]،

1- دانشجوی کارشناسی ارشد سازه دانشگاه آزاد اسلامی واحدکرمان، بخش مهندسی عمران
Mohammadrezakebriaiee@gmail.com
2- استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحدکرمان، بخش مهندسی عمران
Tabatabaei@iauk.ac.ir

چکیده

بطورکلی، سازه بر روی لایه های خاک انعطاف پذیر احداث می شود. لذا مشابه سازه بایستی مدل سازی خاک نیز انجام شود. از طرفی، سازه دارای تکیه گاه صلب با سازه مشابه دارای تکیه گاه انعطاف پذیر اختلاف اساسی دارند، بطوریکه ممکن است قسمت اصلی انرژی ارتعاشی به وسیله ی تشعشع امواج و از سوی دیگر، توسط عمل هیسترزیس در خاک مستهلک شود. در آیین نامه ی 2800 خاک زیرسازه صلب فرض شده است و علاوه بر این، از اثرات اندرکنش خاک - سازه صرف نظر شده است. در این تحقیق تأثیر اندرکنش خاک - سازه بر پاسخ ارتعاشی قابهای خمشی بتنی شامل دیوار برشی با توجه به طبقه بندی چهارگانه آیین نامه 2800 ایران در رابطه با خاک بستر سازه مورد مطالعه قرار گرفته است. در مطالعه حاضر، اثرات اندرکنش خاک وسازه با توجه به مدل وینکلر در نظرگرفته شده است. برای این منظور، ابتدا طیف پاسخ سازه بصورت پایه گیردار و با توجه به اثرات اندرکنش خاک و سازه در برابر زلزله های شناخته شده در نرم افزار opensees مدل سازی شده است. سپس، طیف های پاسخ حاصل شده با یکدیگر و همچنین با طیف بازتاب آیین نامه 2800 مقایسه گردیده است. در مطالعات عددی نشان داده شده، منظور کردن اثرات انعطاف پذیری خاک زیر شالوده در مدل، تاثیر قابل توجهی بر پاسخ لرزه ای سازه داشته و این مسئله، متأثراز نوع خاک و زمان تناوب سازه خواهد بود.

واژه های کلیدی : تحلیل دینامیکی، طیف پاسخ، اندرکنش خاک وسازه، تکیه گاه انعطاف پذیر، سازه های قاب – دیوار، آیین نامه 2800

1. مقدمه

منظور کردن اثرات اندر کنش خاک و سازه مسأله ی بسیار مهمی است. خصوصا برای سازه های سنگین و سخت که بر زمین های انعطاف پذیر ساخته شده اند. این مسأله پاسخ لرزه ای سازه را تا حد قابل توجهی تغییر می دهد. بنابراین تأ ثیرات این اندرکنش باید در پاسخ ها ی دینامیکی سازه در نظر گرفته شود[1]. تا کنون مطالعات زیادی در رابطه با تحلیل و طراحی سازه ها در برابر زلزله اجام شده است. در هنگام وقوع زلزله رفتار

Archive of SID
www.SID.ir

خاک زیر سازه نقش مهمی در پاسخ سازه ایفا می کند. در اغلب موارد، خاک بستر سازه مدل نمی شود و از تأثیرات مهم آن صرف نظر می شود. به علت نامحدود بودن محیط خاک، مدل سازی آن پیچیدگی بیشتری نسبت به مدل سازی سازه دارد. در سازه هایی که تحت تأثیرزلزله قرارگرفته اند علاوه بر نیروهای دینامیکی وارد و تنش های ناشی از آن در سازه، پارامتر زمین و خاک به عبارت بهتر رفتار متقابل خاک و سازه، نقش انکار ناپذیری بر عهده دارد و رفتار سیستم را به مقدار قابل توجهی تحت تأثیر قرارمی دهد. این امر باعث گردیده که این موضوع در سال های اخیر مورد توجه محققان زیادی قرار گیرد. در سال 1967 میلادی و ایتمن و ریچارد، نیم فضای الاستیک زیر سازه را به صورت یک جرم متمرکز و فنر مدل کردند و در این مدل، فنرها و میراگرهای درنظر گرفته شده، مستقل از محتوای فرکانسی بار بودند[2] . در سال 1975 میلادی، کاسل و روزتروشی بر پایه ی المان محدود بود را بیان کردند[3] . این روش در سال 1975 میلادی، توسط سید و لایسمر مورد مطالعه بیشتر قرار گرفت و المان های مرزی مختلفی برای این روش بیان کردند[4]. در سال 2000 میلادی، رودریگوز و مونتز با تعیین پارامتر های موجود در سیستم یک درجه آزادی ارائه شده در آیین نامه یATC3-06 برای سازه های متداول در مکزیک و با در نظر گرفتن شرایط خاک منطقه، اثر اندر کنش را بر رفتار غیر خطی سازه بررسی نمودند و به این نتیجه رسیدند که با اصلاح پریود سازه می توان اثرات اندر کنش خاک-سازه را در نظر گرفت[5] . در سال 2007 میلادی، هونگ و همکارانش در ادامه ی تحقیقات در زمینه ی مدل های المان محدود به منظور مدل کردن ناحیه ی دور خاک از المان ها ی ویسکوز استفاده کردند و تلاش کردند تا خصوصیات غیر خطی خاک را در مدل خود اعمال کنند [6] .مطالعات در زمینه ی المان های مرزی در روش المان های محدود مورد توجه محققان بسیاری می باشد. در سال 2001 میلادی، یرلی و تانریکولو روش مختلط المان های محدود و المان های نامحدود و روش المان های مرزی را ارائه کردند که در این تحقیق برای بررسی دقت مدل خاک پیشنهادی بکار رفته است [7]. در سال 2004 ولف مدل مخروطی یا Cone را برای مدل کردن خاک زیر سازه استفاده کرد. در این مطالعه سعی شده است تا با استفاده از المان های فنر و میراگر وایتمن و ریچارد که به صورت یک جرم متمرکز و فنرو کمک فنر در زیر سازه مدل می شود، میزان اثرات اندر کنش خاک و سازه بر سازه های بتنی قاب – دیوار واقع بر روی پی های سطحی مطابق با ضوابط و پارامتر های آیین نامه ی 2800 بررسی شود.

در مطالعه حاضر، با استفاده از مدل وینکلر، اثرات اندرکنش خاک وسازه در نرم افزار opensees مدل سازی شده است. در مدل ارائه شده، طیف پاسخ سازه با فرض پایه گیردار و با توجه به اثرات اندرکنش خاک و سازه در برابر زلزله های شناخته شده بدست آمده است. سپس، طیف های پاسخ حاصل شده با یکدیگر و همچنین با طیف بازتاب آیین نامه 2800 مقایسه گردیده اند. در پایان یکسری سازه قاب – دیوار مورد مطالعه عددی قرار گرفته و نشان داده شده، اثرات انعطاف پذیری خاک زیر شالوده در مدل، تاثیر قابل توجهی بر پاسخ لرزه ای سازه داشته و این مسئله، متأثراز نوع خاک و زمان تناوب سازه خواهد بود.

Archive of SID

www.SID.ir

2. مدل خاک و سازه برای در نظر گرفتن اندر کنش خاک –سازه

روش ها ی تحلیل اندر کنش خاک – سازه به سه دسته ی روش مستقیم، روش زیرسازه و روش مختلط تقسیم می شوند. در روش مستقیم، پاسخ سیستم خاک - سازه به طور هم زمان با تحلیل سیستم خاک - سازه در یک گام به دست می آید. روش المان محدود نمونه ای از این روش می باشد. در حالاتی که امکان مدل کردن خاک زیر سازه به صورت المان محدود وجود نداشته باشد، روش زیر سازه به کار می رود. در این روش اثر خاک بر سازه به وسیله ی یک سری فنر و میراگر تعریف می گردد که مشخصات آن ها به صورت تابعی از فرکانس ارتعاشی معرفی می گردد .مهم ترین مزیت این روش، عدم مدل کردن لایه های خاک می باشد که حجم عملیات را به مقدار زیادی کاهش می دهد، اما این روش دارای محدودیت هایی است که کارایی آن را کاهش می دهد. فرض اصلی این روش، برقراری اصل برهم نهی است که متضمن رفتار خطی خاک است. در این روش مجموعه ی خاک – سازه به دو بخش خاک به علاوه ی سازه تقسیم می گردد که هر کدام به صورت جداگانه حل می شود و در مرحله ی نهایی تحلیل، بر اساس اصل بر هم نهی، نتایج تحلیل ها با همدیگر ترکیب می شوند. این روش به خصوص در مواقعی که سیستم دارای هندسه ی پیچیده می باشد، کاربرد کمتری دارد. در روش مختلط محیط به دو زیر سازه موسوم به میدان نزدیک، که سازه و محدوده ی مشخصی از خاک اطراف آن را در بر می گیرد و میدان دور، که باقیمانده ی محیط خاک نیمه بینهایت را شامل می شود، تقسیم می گردد. در این روش مقادیر تنش و تغییر مکان ابتدا در موقعیت سطح تماس در میدان دور محاسبه می شوند، سپس به صورت نیرو در تحلیل اجزای محدود میدان نزدیک اعمال می شوند. عدم کارایی این روش، یافتن راه حلی برای مسأله ی پراکندگی امواج در میدان نزدیک و دور می باشد [8]. در مواردی که لایه بندی خاک در جهات افقی و عمودی قرار گرفته و بررسی رفتار غیر خطی خاک در تحلیل اندر کنش ضروری باشد، استفاده از مدل نیم بی نهایت ارتجاعی امکان پذیر نیست و باید از روش عناصر محدود استفاده شود. در این روش می توان علاوه بر در نظر گرفتن میرایی هندسی، مشابه مدل نیم بی نهایت ارتجاعی، مدفون شدگی پی و لایه بندی خاک در جهات افقی و عمودی را به راحتی در تحلیل دخالت داد. گرچه امکان تحلیل سه بعدی نیز در این روش امکان پذیر است، لیکن به علت حجم بالای محاسباتی این روش، آن را به صورت مدل دو بعدی معادل شبیه سازی می کنند.

3. مطالعات عددی

4.3. معرفی مشخصات سازه های قاب–دیوار

در طراحی قاب های بتنی، مشخصات مصالح مطابق مقادیر جدول (1) در نظر گرفته شده اند. در این مطالعه اثرات لرزه ای سازه های قاب – دیوار با درنظرگرفتن اثرات اندرکنش خاک – سازه مورد بررسی قرار گرفته است.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول 1 – مشخصات مصالح فولادی و بتنی قاب های بتنی تحقیق حاضر.

نوع مصالح	تنش تسلیم Kg/cm^2	مدول الاستیسیته Kg/cm^2	ضریب پواسون
فولاد	4000	2.1×10^6	0.3
بتن	250	2.5×10^5	0.2

سازه ای که مقاومت آن در برابر بارهای افقی توسط ترکیبی از دیوارهای برشی و قاب های صلب در سازه های بتن آرمه و درسازه های فولادی به وسیله مجموعه های خمشی مهاربندی شده و قاب های صلب، تأمین گردد، سازه قاب – دیوار نامیده می شود. دیوارهای برشی و مجموعه های مهاربندی شده معمولاً بخشی از هسته عبورگاه آسانسور و یا تأسیسات هستند ، و قابها در پلان سازه به طریقی جایگزین می شوند که همراه با دیوارها، بارهای انتقالی از سیستم کف را تحمل کنند.

مزایای اصلی منظور نمودن اندرکنش افقی در طراحی سازه های قاب – دیوار، عبارتند از:

1- جابه جایی افقی بسیار کمتر از حالتی است که ، فقط دیوارها بارهای افقی را تحمل می کنند.

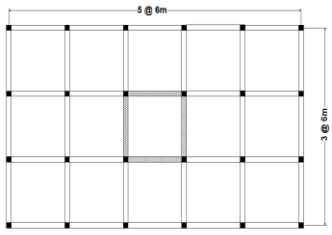
2- لنگرهای خمشی دیوارها یا هسته ها، کمتر از حالت عملکرد تکی آنهاست.

3- ستون های قابها را می توان به صورت مهاربندی شده کامل طراحی نمود.

4- در بسیاری از حالات، برش قابها ممکن است در ارتفاع تقریباً یکنواخت باشند؛

لذا، قابهای کف را می توان به صورت تکراری و در نتیجه ، اقتصادی تر طراحی کرد.

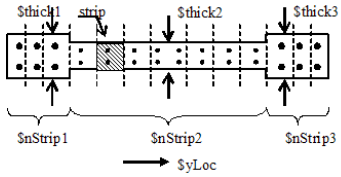
در این تحقیق یکسری سازه قاب - دیوار با ارتفاع کم ، متوسط و زیاد مورد مطالعه قرار گرفته است. بطوریکه، سازه های مورد بررسی شامل 3 مدل دارای تعداد طبقات 3 ، 8 و 13 می باشند. پلان سازه در شکل (1) ارائه شده است.



شکل 1 – پلان سازه های قاب-دیوار مورد مطالعه در تحقیق حاضر

Archive of SID
www.SID.ir

ارتفاع طبقات این سازه ها 3.3 متر می باشد و این مدل ها به صورت قاب بتن آرمه با سیستم قاب خمشی متوسط به همراه دیوار برشی بوده و مطابق آیین نامه 2800 ایران طراحی شده اند. دهانه ی قاب ها 6 متر و سیستم سقف به صورت دال دو طرفه می باشد. بارمرده گسترده کف $600\,kg/m^2$ و بار زنده ی طبقات و بام طبق آیین نامه ایران $200\,kg/m^2$ در نظر گرفته شده است. لازم به توضیح است، بارهای ثقلی شامل وزن تیرها و ستون ها با توجه به وزن مخصوص مصالح به کار رفته (بتن و فولاد مصرفی) در نرم افزار معرفی شده بطوریکه به صورت بار مرده به بارهای قائم اضافه می شوند.




```
element dispBeamColumnInt $eleTag $iNode $jNode $numIntgrPts $secTag $transfTag
$cRot <-mass $massDens>

section FiberInt $secTag -NStrip $nStrip1 $thick1 $nStrip2 $thick2 $nStrip3 $thick3 {
fiber ...
Hfiber ...
...
}
```

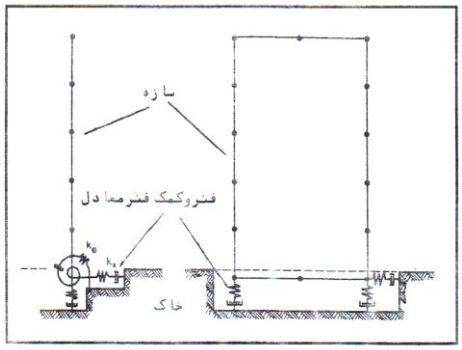
شکل2 – نحوه مدل سازی و کد گذاری المان دیوار در نرم افزار opensees

2.3. مدل سازی سیستم خاک و سازه در نرم افزار

در این تحقیق به منظور مدل سازی سیستم سازه از نرم افزار opensees استفاده شده است. در برنامه برای بتن از گزینه concrete02 و برای فولاد از گزینه steel02 استفاده شده است. همچنین برای المان های قاب صلب از المان nonlinearBeamColumn و برای المان دیوار از element dispBeamColumnInt استفاده شده است. در شکل (2) نحوه کد گذاری مربوط به المان دیوارها نشان داده شده است.

Archive of SID

www.SID.ir



شکل 3 – مدل تحلیلی اندرکنش سازه – خاک با در نظر گرفتن انعطاف پذیری خاک به کمک فنرهای معادل

علاوه بر این، مطابق شکل (3) خاک به صورت مجموعه ای از سیستم های یک درجه آزاد در پای هریک از ستون ها مدل شده است.

4.3. مشخصات مکانیکی انواع خاک مورد مطالعه

در جدول (2) مشخصات چهار نوع خاک مورد مطالعه در این تحقیق برای چهار گروه مختلف خاک در آیین نامه ایران ارائه شده است[9].

جدول 2 – مشخصات خاک مطابق آیین نامه 2800 ایران.

نوع زمین	V (m/s)	توصیف زمین مطابق آیین نامه 2800 ایران	γ (kN/m^3)	ν	G (N/m^2)	E (N/m^2)
I	1200	سنگهای آذرین،سنگهای رسوبی سخت و بسیار مقاوم،خاکهای سست (شن و ماسه متراکم یا رس بسیار سخت) با ضخامت بیش از 30 متر	22	0.3	3168×10^6	8236.8×10^6
II	560	سنگهای آذرین سست، سنگهای سست،خاکهای سخت شن و ماسه متراکم،رس بسیار سخت با ضخامت کمتر از 30 متر	21	0.35	658.56×10^6	1778.112×10^6
III	275	سنگهای هوازده و خاکهای با تراکم متوسط	18	0.4	136.125×10^6	381.15×10^6
IV	150	نهشته های نرم با رطوبت زیاد در اثر	17	0.4	38.25×10^6	107.1×10^6

Archive of SID

www.SID.ir

به منظور مدل کردن سیستم خاک زیر سازه ازمدل ریچارد وایتمن استفاده شده است.در این روش خاک به طور کامل حذف و به جای آن فنرهای خطی مجزا و مستقل از هم در تراز پی سازه قرار می گیرند. برای محاسبه ی سختی فنرها و میرایی کمک فنرها که در تراز پی سازه قرار می گیرند، از روابط ارائه شده توسط وایتمن و ریچارد استفاده می شود[10].

$$K_x = \frac{G\beta_z\sqrt{BL}\eta_v}{1-\vartheta} \quad (1)$$

$$K_y = 2(1+\vartheta)G\beta_x\sqrt{BL}\eta_h \quad (2)$$

$$K_\Theta = G\beta_\Phi BL^2\eta_f/(1-\vartheta) \quad (3)$$

در روابط اخیر، ν ضریب پواسون، G مدول برشی خاک، L,B ابعاد مقطع مستطیل شکل پی، ضرایب $\beta_x,\beta_z,\beta_\varphi$ و ضرایب η_f,η_v,η_h که متأثر از عمق پی می باشند، ازمنحنی ها و جداول مرجع به دست می آیند[10] .

وایتمن با توجه به تأثیر میرایی هندسی و میرائی داخلی، روابط زیر را برای تعیین ضرایب میرائی کل معادل پیشنهاد می نماید . رابطه ی (4) برای درجه ی آزادی انتقال قائم، رابطه ی (5) برای درجه ی آزادی انتقال افقی و رابطه ی (6) برای درجه ی آزادی خمشی پیشنهاد شده است.

$$\zeta_t = 0.49\left(\frac{M}{\rho r_0^3}\right)^{-0.5} \quad (4)$$

$$\zeta_t = 0.31(M/\rho r_0^3)^{-0.5} \quad (5)$$

$$\zeta_t = 0.05 + 0.1(I_\Phi/\rho r_0^5)^{0.5}[1+(I_\Phi/4\rho r_0^5)]^{-1} \quad (6)$$

در این روابط ρ چگالی خاک، r_0 شعاع مؤثر پی، M جرم کل سازه و I_Φ ممان اینرسی کل سازه می باشد.

جدول 3 - مقادیر میرایی و سختی فنرهای قائم سازه سه طبقه واقع بر خاک نوع I.

نوع زمین	سختی گره میانی N/m	سختی گره انتهایی N/m	میرایی گره میانی Kg.s/m	میرایی گره انتهایی Kg.s/m
I	2908358959	2137609016	6883767	350908

Archive of SID
www.SID.ir

II	507926542	372410402	281062	143099
III	78031352	57069748	101990	51863
IV	5491209	4016103	26293	13370

در جدول (3) مقدار سختی و میرایی برای ستون های کناری و میانی برای سازه سه طبقه واقع بر روی خاک نوع I نشان داده شده است.

4.3. تحلیل تاریخچه زمانی در دو حالت با و بدون اندر کنش خاک -سازه

تحلیل دینامیکی سازه با اثر دادن شتاب زمین به صورت تابعی از زمان در تراز پایه ساختمان و با بارگیری محاسبات متعارف دینامیک سازه انجام شد. مقادیر شتاب زمین مطابق اطلاعات شتاب نگاشت های نشان داده شده درجدول (4) می باشند. بمنظور انجام تحلیل با در نظر گرفتن اثرات مربوط به اندرکنش خاک و سازه، در هر مقطع زمانی در مدت وقوع زلزله در زمانی که سازه در تراز پایه تحت تأثیر شتاب های ناشی از حرکت زمین باشد، آنگاه مقادیر بازتاب ها تعیین می شوند. همچنین در این روش بازتاب های دینامیکی سازه که تابعی از زمان است، به وسیله ی انتگرال گیری معادله ی حرکت سازه محاسبه می شوند. لازم بذکر است، مقادیر شتاب نگاشتهای مورد استفاده بر اساس ضوابط آیین نامه ی 2800 مقیاس گردیده اند.

جدول4 - مشخصات شتاب نگاشت های مورد استفاده در مطالعه عددی.

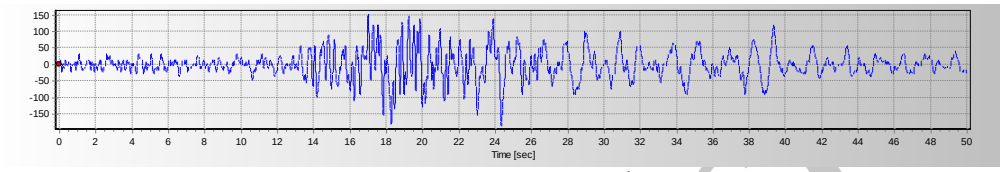
زلزله	ایستگاه	سال	بزرگا	نوع خاک(NHERP)	نوع خاک (2800)
Chi-Chi	CHY080	1999	7.6	C	II
Bam	Kerman	2003	6.7	D	III
Kobe	Kakogawa	1995	6.9	E	IV

همانطور که گفته شد، برای انجام تحلیل سیستم ها، از زلزله های نشان داده شده در جدول (4) که هریک معرف یک نوع خاک آیین نامه 2800 هستند، استفاده شده است. علاوه بر این، برای تحلیل سیستم های خاک - سازه شتاب نگاشت ها به بستر سنگی اعمال می شود و سنگ بستر نیز در واقع ازجنس خاک نوع یک می باشد. این شتاب نگاشت ها هنگام عبور از خاک زیر سازه، بر حسب نوع خاک فیلتر می شود و به پایه ی سازه اعمال می شود. برای قاب های پایه صلب واقع بر خاک ها ی مورد بررسی شتاب نگاشت های فیلتر شده که

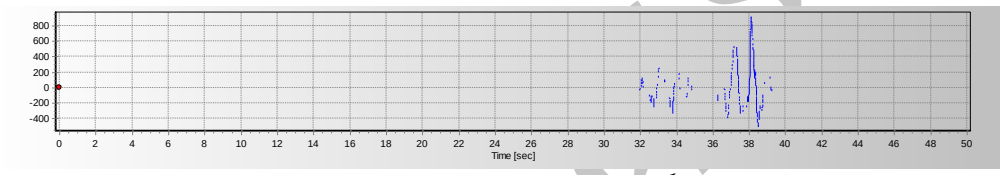
Archive of SID

www.SID.ir

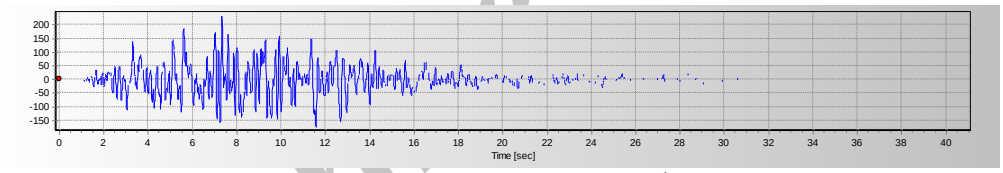
در میدان آزاد زمین ثبت شده است، استفاده می شود. عمل فیلترینگ شتاب نگاشت ها توسط نرم افزار Shakeانجام شده است[11]. ضریب اصلاح برای تمامی سیستم های اندر کنش خاک– سازه بر اساس طیف طرح استاندارد خاک نوع یک آیین نامه ی 2800 و زمان تناوب اصلی سیستم خاک- سازه محاسبه شده است. در شکل (4) شتاب نگاشت ها ی مربوط به زلزله ی بم مطابق با مقادیر جدول (4) نمایش داده شده است. همچنین در اشکال (5) و (6) نمونه ای از شتاب نگاشت های فیلتر شده ی زلزله ی چی چی و کوبه برای خاک نوع 3 نشان داده شده اند.



شکل 4 – شتاب نگاشت مربوط به مولفه افقی (L) زلزله Bam .



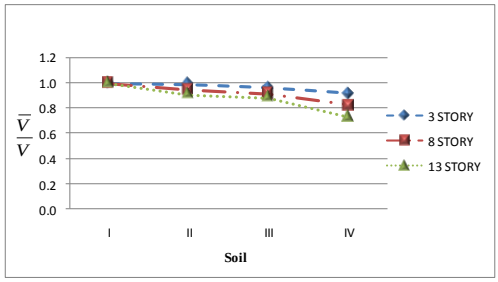
شکل 5 – شتاب نگاشت فیلتر شده مربوط به مولفه افقی (L) زلزله Chi chi.



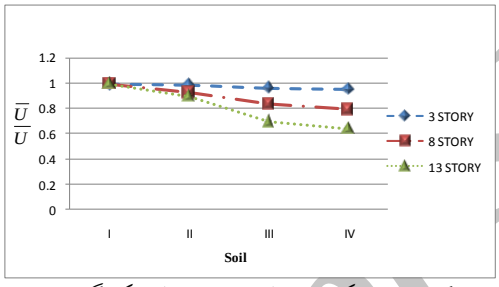
شکل 6 – شتاب نگاشت فیلتر شده مربوط به مولفه افقی (L) زلزله Kobe.

به منظور مقایسه نیروهای برشی و تغییر مکان های طبقات، سازه های مورد بررسی در دو حالت بدون درنظر گرفتن اندرکنش خاک – سازه و با در نظر گرفتن آن، تحت اثر زلزله های معرفی شده تحلیل تاریخچه زمانی شدند و برش پایه ماکزیمم و تغییر مکان ماکزیمم طبقات برای هر سیستم به ترتیب در اشکال (7) و (8) نشان داده شده است. در نمودارهای اشکال مذکور، نتایج بین هر سیستم خاک – سازه با تعداد خاک یکسان و نوع خاک یکسان با سیستم پایه صلب واقع بر همان خاک مقایسه شده است.

www.SID.ir



شکل7 – نسبت ماکزیمم برش پایه سازه ها در دو حالت تکیه گاه صلب و انعطاف پذیر.



شکل8 – نسبت ماکزیمم تغییر مکان نسبی طبقات در دو حالت تکیه گاه صلب و انعطاف پذیر.

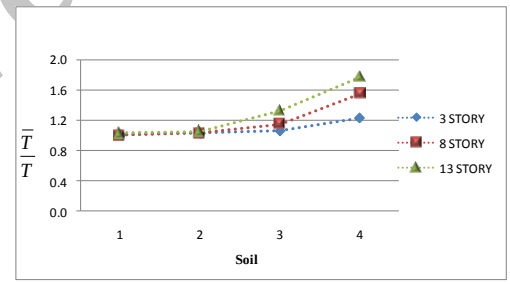
پارامترهای نمودارهای اشکال (7) و (8) بترتیب عبارتند از:

$\overline{U}$: تغییر مکان حداکثر طبقه فوقانی با اندرکنش خاک – سازه.

U: تغییر مکان حداکثر طبقه فوقانی بدون اندرکنش خاک – سازه.

$\overline{V}$: برش پایه حداکثر با اندرکنش خاک – سازه.

V : برش پایه حداکثر بدون اندرکنش خاک – سازه.



شکل9 – نسبت زمان تناوب سایر مدل ها در دو حالت تکیه گاه صلب و انعطاف پذیر.

همانطور که در شکل (9) مشهود است، در نظر گرفتن اندرکنش خاک و سازه در مدل سازی سازه باعث افزایش پریود سازه می شود که باتوجه به نوع خاک و سختی سازه مقدار افزایش پریود متفاوت است. بطوریکه هر چه نسبت سختی سازه به خاک بیشتر شود، میزان ازدیاد پریود نیز بیشتر می گردد.

Archive of SID
www.SID.ir

4. نتیجه گیری

دراین تحقیق بمنظور تحلیل لرزه ای سازه های قاب-دیوار، مدلی با در نظر گرفتن اثرات اندرکنش خاک و سازه ارائه گردید. مدل حاضر بدون هیچ گونه محدودیتی برای انواع سازه ها با خصوصیات سازه ای متفاوت از جمله ارتفاع سازه، تعداد طبقات سازه، نوع سازه ی به کار رفته، نوع خاک زیر سازه، بارگذاری و نوع تحلیل به کار رفته متناسب با ضوابط و پارامتر های آیین نامه ی 2800 قابل استفاده می باشد. در این مدل تأثیرات شرایط مختلف خاک زیر سازه با سرعت های موج برشی متفاوت بر سیستم های قاب - دیوار با ارتفاع و تعداد طبقات متفاوت تحت تأثیر سه زمین لرزه ای معرفی شده مطابق با پارامترها و ضوابط نامه ی 2800 مورد مطالعه قرار گرفت و همچنین اثرات مربوط به منظورکردن اندر کنش خاک و سازه در تغییر مکان ها ی جانبی سازه، برش پایه و پریود ارتعاشی سازه در نمودار ارائه شد. در پاسخ لرزه ای مطالعات عددی نشان داده شد، با افزایش ارتفاع سازه میزان تأثیر اندرکنش خاک – سازه افزایش پیدا می کند که البته افزایش وزن سازه نیز در افزایش تأثیراندرکنش خاک – سازه نقش بسزایی دارد، به عبارت دیگر با افزایش وزن سازه میزان تأثیرات اندرکنش خاک – سازه در پاسخ سازه افزایش پیدا می کند. با توجه به نتایج حاصل می توان نشان داد که اندرکنش خاک – سازه در تحلیل تاریخچه زمانی اثر کاهنده بر مقادیر برش پایه دارد و برای سیستم های با تعداد طبقات یکسان ، با افزایش نرمی خاک میزان کاهش برش پایه، یعنی اثر اندرکنش خاک – سازه بیشتر خواهد شد. همچنین در پاسخ های حاصل مشاهده شد، برای سیستم قرارگرفته بر خاکی یکسان، با افزایش ارتفاع سازه، تأثیر این پدیده بیشتر و میزان کاهش برش پایه افزایش می یابد. با توجه به مقادیر عددی حاصل شده که اندر کنش خاک-سازه، اثر کاهنده بر مقادیر تغییر مکان دارد و برای سیستم ها ی با تعداد طبقات یکسان، با افزایش نرمی خاک (کاهش سرعت موج برشی) میزان این تأثیرات افزایش می یابد. همچنین نشان داده شد، برای یک سیستم خاک با سرعت موج برشی یکسان با افزایش ارتفاع سازه و به طبع آن با افزایش وزن سازه تأثیر اندر کنش خاک– سازه بیش تر می شود و از طرف دیگر میزان تغییر مکان افزایش می یابد. لحاظ کردن اندرکنش خاک و سازه در محاسبات دینامیکی سازه باعث افزایش پریود سازه می شود که باتوجه به نوع خاک و سختی سازه مقدار افزایش پریود متفاوت است. هر چه نسبت سختی سازه به خاک بیشتر شود، میزان ازدیاد پریود نیز بیشتر می گردد. بطوریکه در سازه های بلند بر روی خاک نرم تغییرات پریود قابل توجه بوده ولی در سازه های کوتاه مرتبه، قابل صرفنظرکردن است.

مراجع

1. Mihailo, D.T., Maria, I.T., Tzong-Ying, "Full-scale experimental studies of soil–structure interaction", the 2nd US– Japan workshop on soil–structure interaction, Tsukuba City, Japan, March 6–8, (2001).
2. Whitman, R.V., Richart, F.E., "Design procedures for dynamically loaded foundations", ASCE *Journal of Soil Mechanics*, pp. 169–193, (1967).

Archive of SID
www.SID.ir

3. Kasel, E., Roessel, J.M., "Dynamic stiffness and circular foundation", *ASCE Journal of Soil Mechanics*, pp. 771–785, (1975).
4. Lysmer, J., Udaka, T., Tsai, C.F., Seed, H.B., "Flush- a computer program for approximate 3D analysis of soil-structure interaction problems", Earthquake Engineering Research Center, University of California, Berkeley, Report No. EERC 75–30, (1975).
5. Rodrigues, M.E., Montes, R., "Seismic response and damage analysis of buildings supported on the flexible soil", Earthquake Engineering structure Dynamic, No. 29, (2000).
6. "Iranian Code of Practice for Seismic Resistant Design of Buildings (3rd Edition), Standard No. 2800-05", Building and Housing Research Center of Iran (BHRC), (2005).
7. Yerli, H.R., Temel, B., Kiral, E., "Transient infinite elements for 2-dimensional soil-structure interaction analysis", Journal Geotechnical and Geoenvironmental Engineering ASCE, 124(10): 976-88, (1998).
8. Jaya, K.P., Prasad, M.A., "Embedded foundation in layered soil under dynamic excitations", Soil Dynamic Earthquake Engineering, (2002).
9. آیین نامه طراحی ساختمان ها در برابر زلزله (استاندارد 2800)، (1383)، مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن
10. Whitman, R.V., Richart, F.E., "Design procedures for dynamically loaded foundations", ASCE *Journal of Soil Mechanics*, pp. 169–193, (1967).
11. Lysmer, J., Seed, H.B., "SHAKE: A computer program for earthquake response analysis of horizontally layered sites", Earthquake Engineering Research Center, University of California, Berkeley, Report No. EERC 72–12, (1972).

Archive of SID

www.SID.ir