



دانشگاه ارومیه
دانشکده فنی و مهندسی

گروه عمران

پایان نامه برای اخذ درجه کارشناسی ارشد در رشته مهندسی عمران – سازه

اثر اندرکنش سازه و فونداسیون و خاک در تحلیل فونداسیون و سازه

اساتید راهنما:

دکتر چنگیز غیرتمند دکتر سعید تاروردیلو

اساتید داور:

دکتر حسین شوکتی دکتر سعید قلی زاده

تنظیم و نگارش : نگین جانفدابالو

بهمن ۱۳۹۰

حق چاپ برای دانشگاه ارومیه محفوظ است

خلاصه:

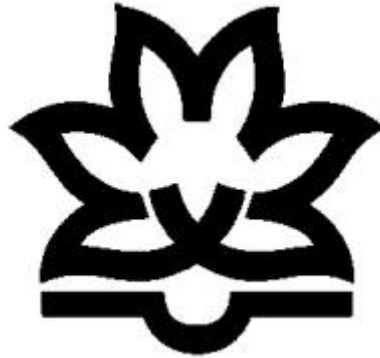
تجربیات گذشته نشان می دهد که خاک زیر پی بر روی رفتار دینامیکی سازه تاثیر می گذارد. پاسخ دینامیکی سازه حین لرزه های اعمالی، متغیری از نوع خاک زیر پی بوده، لذا بدون در نظر گرفتن تاثیر آن نمی توان تخمین واقع گرایانه ای از نیروهای اعمالی زلزله بر سازه داشت. همچنین پی بخشی از سازه است و در بازتوزیع نیروهای داخلی آن سهیم است. فرض انعطاف پذیر بودن پی ممکن است باعث افزایش نیروهای داخلی اعضای سازه ای نیز شود. لذا برای تحلیل دقیق تر پی و سازه لازم است اثر اندرکنش پی و سازه و خاک در نظر گرفته شود. برای این منظور چند مدل اجزا محدود قاب خمشی بتن آرمه دو بعدی با ارتفاع مختلف به کمک نرم افزار ANSYS از خاک و سازه روی آن آماده گردید. در مدلسازی محیط خاک بصورت پیوسته و خطی در نظر گرفته شده و به روش استاتیکی و دینامیکی تحلیل شد. تحلیل ها یک بار بر مدل سازه پایه گیردار و یک بار نیز بر روی مدل سازه همراه با پی و خاک زیرین انجام شده است. مقایسه نتایج نشان می دهد که با در نظرگیری اثر اندرکنش خاک و سازه، پیود سازه افزایش و برش پایه کاهش می یابد. همچنین اندرکنش خاک و سازه باعث تغییر نیروی داخلی اعضای سازه ای، پی و حداکثر جابجایی سازه می شود. بنابراین اندرکنش بین خاک و سازه عامل مهمی است که باید در تحلیل و طراحی سازه ها مورد توجه قرار گیرد.

کلید واژه: اندرکنش خاک و سازه و پی، قاب خمشی بتنی دو بعدی، تحلیل سازه

ABSTRACT

Past experiences show that, the soil under foundation has effect on the dynamic behavior of the structure. Dynamic response of structures during earthquake motions is depends to kind of soil under foundation, so without considering that effect cant have realistic evaluation from earthquake forces apply to structure. Also foundation is a part of structure and share in force distribution. Suppose of flexible foundation may also increase interior forces of structural elemens. So for exact structure and foundation analyze, its necessary to consider soil structure foundation interaction effects. For this aim, several finite element model of two dimensional reinforced concrete moment resisting building frames with several high and soil under structure prepared with ANSYS software. In this modeling soil has considered linear and continuous and statical and dynamical analyses has done. First structure with fixed base model has analyzed and other time structure with soil and foundation model analyzed. Result compare show that considering soil structure foundation interaction effects, increase natural periods of the system and reduce the base shear. Also soil structure foundation interaction alter interior forces of structural elemens, foundation and maximum displacement of structure. Therefore soil structure foundation interaction is an important factor that should be consider in analyze and design of structures.

Keywords : soil structure foundation interaction, two dimensional reinforced concrete moment resisting building frame, structure analyze



Urmia University

Faculty of Engineering

Department of Civil Engineering

The Thesis(MA) Submitted to the Graduate ForThe Degree of MA in Civil Engineering

Title:

Effect of intraction among soil-foundation-structure in analysis of structure and foundation

Supervisors:

Dr Ch.gheiratmand Dr S.tarverdilu

Examiners:

Dr H.shokati Dr S.gholizadeh

By:

Negin Janfada

Bahman 1390

تقدیم به او که آموخت مرا تا بیاموزم
استاد گرامی جناب آقای دکتر غیرتمند

تقدیم به پدرم
کوهی استوار و حامی من در طول تمام زندگی

تقدیم به مادرم
سنگ صبوری که دعای سحر پست و پناه و تکیه گاه من است

تقدیم به همسرم
که در سایه همیاری و همدلی او به این منظور نائل شدم.

تقدیم به خواهر و برادرم
که همواره مشوق من بوده اند.

تقدیر و تشکر

حمد و سپاس بیکران خداوند یکتا را که سرچشمه و الهام بخش علم و معرفت است. پژوهش حاضر در پرتو عنایت پروردگار و به لطف و همکاری و راهنمایی های اساتید بزرگوام انجام گرفته است. از اینرو لازم می دانم که مراتب امتنان و قدرشناسی خود را از عزیزان و سرورانی که یاور و مددکار اینجانب در انجام این پژوهش بوده اند، را بجای آورده و به دیده احترام از آنان یاد کنم.

از زحمات اساتید ارجمندم جناب آقای دکتر چنگیز غیرتمند و جناب آقای دکتر تاروردیلو بعنوان اساتید راهنمای پایان نامه که هم در طول تحصیل دوره کارشناسی ارشد و هم در مدت انجام پژوهش حاضر همواره مرا مورد لطف و محبت خویش قرار داده اند، نهایت تشکر و سپاسگزاری را دارم. همچنین از خانواده عزیزم که در طول زندگی همواره یار و یاور و مشوق من بوده اند، کمال سپاس و قدردانی را دارم.

در نهایت از اساتید محترم دانشکده فنی دانشگاه ارومیه و دوستان عزیزم که با زحمات بیدریغ خود موجبات پیشرفت علمی اینجانب را فراهم آورده اند، صمیمانه تشکر و قدردانی می نمایم. از اعضای محترم هیئت داوری جناب آقای دکتر شوکتی و دکتر قلی زاده نیز بخاطر داوری این پایان نامه و حضور در جلسه دفاعیه، تقدیر و تشکر می نمایم. امید است پایان نامه حاضر مورد توجه علاقمندان و پژوهشگران واقع گردد.

نگین جانفدالبالو

بهمن ۱۳۹۰

صفحه	عنوان	بخش
فصل اول : مقدمه		
۱	مقدمه	۱-۱
۲	سوالات تحقیق	۲-۱
۳	شیوه تحقیق	۳-۱
۳	مطالعه و انتخاب مدل تحلیلی خاک	۱-۳-۱
۳	مطالعه و انتخاب مدل اندر کنشی خاک و سازه	۲-۳-۱
۷	انتخاب برنامه کامپیوتری مناسب جهت تحلیل	۳-۳-۱
۸	حدود تحقیق	۴-۱
۹	خلاصه فصول پایان نامه	۵-۱
۹	خلاصه فصل اول	۶-۱
فصل دوم : مروری بر مطالعات قبلی		
۱۰	مقدمه	۱-۲
۱۱	کلیات	۲-۲
۱۲	تحقیقات انجام گرفته در مورد مدل سیستم خاک - سازه	۳-۲
۱۲	مدل کردن رفتار خاک	۱-۳-۲
۱۷	مدل کردن محیط خاک	۲-۳-۲
۱۸	روش تحلیل سیستم (خاک+سازه)	۳-۳-۲
۱۸	روش اجزا محدود	۱-۳-۳-۲
۱۹	تلفیق روش اجزا محدود و اجزا مرزی	۲-۳-۳-۲
۱۹	تلفیق روش اجزا محدود و اجزا نامحدود	۳-۳-۳-۲
۲۰	خلاصه نتایج مطالعات پیشین	۴-۳-۲
۲۰	بررسی اثر اندرکنش خاک-سازه در پاسخ سازه های نامتقارن	۱-۴-۳-۲
۲۱	بررسی اثر اندرکنش خاک-سازه در پاسخ سازه های کوتاه	۲-۴-۳-۲
۲۲	بررسی اثر اندرکنش سازه های مجاور بر پاسخ غیر خطی سازه های بلند	۳-۴-۳-۲
۲۴	خلاصه فصل دوم	۴-۲
فصل سوم: تحلیل استاتیکی		

۲۵	مقدمه	۱-۳
۲۶	کلیات	۲-۳
۲۶	روش تحقیق	۳-۳
۲۷	سازه ۱۰ طبقه	۱-۳-۳
۳۴	سازه ۱۵ طبقه	۲-۳-۳
۴۲	سازه ۲۰ طبقه	۳-۳-۳
۵۲	خلاصه فصل سوم	4-۳

فصل چهارم: تحلیل دینامیکی

۵۳	مقدمه	۱-۴
۵۴	کلیات	۲-۴
۵۴	مدلسازی	۳-۴
۵۵	تحلیل مودال	۴-۴
۵۶	تحلیل دینامیکی گذرا	۵-۴
۵۸	میرایی	۱-۵-۴
۵۸	روش تحقیق	۲-۵-۴
۶۰	نتایج تحلیل دینامیکی گذرا تحت اثر شتاب زلزله السنترو	۳-۵-۴
۷۶	نتایج تحلیل دینامیکی گذرا تحت اثر شتاب زلزله کوبه	۴-۵-۴
۹۱	مقایسه نتایج تحلیل های دینامیکی با روابط پیشنهادی آیین نامه NEHRP	۶-۴
۹۳	خلاصه فصل چهارم	۷-۴

فصل پنجم: جمع بندی و نتیجه گیری

۹۵	مقدمه	۱-۵
۹۵	جمع بندی و مرور مطالعات گذشته	۲-۵
۹۶	جمع بندی روش تحلیل در تحقیق حاضر	۳-۵
۹۷	جمع بندی مثال های حل شده و نتیجه گیری کلی از تحلیل استاتیکی	۴-۵
۹۸	جمع بندی مثال های حل شده و نتیجه گیری کلی از تحلیل دینامیکی	۵-۵
۹۹	پیشنهاداتی برای مطالعات آتی	۶-۵
۱۰۰	منابع	

فصل اول

مقدمه

۱-۱- مقدمه

در حالت کلاسیک، برای آنالیز سازه فرض می شود که حرکت اعمال شده بر پایه سازه مساوی میدان آزاد زمین است. این پندار فقط برای ساختمان های ساخته شده بر روی سنگ یا زمین سخت درست است. برای سازه های ساخته شده بر روی خاک نرم، حرکت شالوده عموماً با حرکت میدان آزاد متفاوت بوده و یک مولفه دورانی ناشی از انعطاف پذیری تکیه گاه به حرکات افقی پی اضافه می شود. برای سازه های بلند، این مولفه دورانی می تواند مهم باشد. حضور لایه خاک، محتوای فرکانسی حرکت زمین را تغییر داده و فرکانس های بالای آن را فیلتر می کند. اثر لایه خاک بر روی امواج زمین لرزه، نتیجه یک فرآیند پراکنش پیچیده است که می تواند به صورت بزرگنمایی یا کوچک نمایی دینامیکی در فرکانس های مختلف، بروز کند. اثر سازه در پاسخ ساختگاه به دو صورت انعکاس موج و انکسار آن خود را نشان می دهد:

انعکاس موج: زمانی که موج از یک محیط نرم (خاک) به یک محیط صلب (پی ساختمان) می رسد، منعکس می شود (اندرکنش سینماتیک)

انکسار موج: زمانی که موج از یک محیط نرم (خاک) به یک محیط نرم دیگر (سازه) می رسد، منکسر می شود (اندرکنش جرمی).

چنانچه مشخصات دینامیکی سازه و خاک یکسان باشد یا خیلی نزدیک به هم باشند، عمده موج وارد سازه شده و باعث به ارتعاش در آمدن آن می شود. از طرفی، اندرکنش خاک سازه به دلیل افزایش تغییر مکان های جانبی سازه، نقش بسزایی در عملکرد آن داشته و پارامتر مهمی در آنالیز خسارت به شمار می رود. اندرکنش سازه های مجاور، بسته به مشخصات دینامیکی خاک و سازه و محتوای فرکانسی زلزله می تواند موجب تغییر در پاسخ دینامیکی سازه مورد نظر شود. در طی ربع قرن آخر قرن بیستم، اهمیت در نظر گرفتن اندرکنش خاک-سازه در تحلیل دینامیکی طیف وسیعی از سازه های ساخته شده بر روی خاک های نرم مورد توجه قرار گرفته و تحلیل اندرکنش خاک-سازه به یک موضوع اساسی در مهندسی زلزله مبدل شده است. بنابراین به نظر می رسد بررسی رفتار لرزه ای سازه بدون لحاظ نمودن اثر خاک منجر به نتایج واقعی نخواهد شد.

۱-۲- سوالات تحقیق

در این پژوهش سعی شده است تا با پاسخگویی به سوالات زیر، به بررسی اثر اندرکنش سازه و فونداسیون و خاک در تحلیل فونداسیون و سازه پرداخته شود.

الف) اهمیت سختی خاک در اندرکنش خاک و سازه چقدر می باشد؟

ب) تاثیر اندرکنش خاک و سازه و فونداسیون در نیروهای داخلی پی و اعضای سازه ای در تحلیل استاتیکی و دینامیکی چگونه می باشد؟

پ) تاثیر ارتفاع سازه در مساله اندرکنش خاک و سازه و فونداسیون چگونه می باشد؟

۱-۳-۱- شیوه تحقیق

روش انجام تحقیق در این پژوهش شامل مراحل زیر بوده است:

- مطالعه و انتخاب مدل تحلیلی خاک
- مطالعه و انتخاب مدل اندرکنشی خاک و سازه
- انتخاب برنامه کامپیوتری مناسب جهت تحلیل

۱-۳-۱- مطالعه و انتخاب مدل تحلیلی خاک

از آنجایی که خاک یک محیط پیوسته نیم بینهایت است و با توجه به اینکه خاک بخشی از سیستم مورد تحلیل ما بوده و نحوه مدل کردن محیط خاک و رفتار خاک (رابطه بین نیرو- تغییر مکان خاک) در نتایج تحلیل بسیار موثر می باشد، لذا در اولین مرحله از این تحقیق، در مورد نحوه مدل کردن محیط خاک و مدل کردن رفتار خاک مطالعه شده و از بین مدل‌های مختلف موجود، بهترین مدل که تطابق زیادتری با واقعیت داشت انتخاب و مورد استفاده قرار گرفت. در این پژوهش محیط خاک به صورت یک پیوسته نیم بینهایت مدل شده است.

در مورد مدل رفتار خاک باید اشاره شود که رفتار خاک حتی به ازاء کرنشهای کوچک هم الاستیک و برگشت پذیر نمی باشد. لیکن در خاک های سخت می توان رفتار خاک را جهت سادگی بصورت خطی (و نه لزوما برگشت پذیر) در نظر گرفت. در این پژوهش رفتار خاک بصورت خطی در نظر گرفته شده است.

۱-۳-۲- مطالعه و انتخاب مدل اندرکنشی خاک و سازه

در سازه هایی که اثر اندرکنش خاک و سازه در نظر گرفته می شود پریود سازه نیز به لحاظ در نظر گیری این اندرکنش افزایش می یابد. یزدچی و خلیلی [1] تاثیر دامنه خاک را در جابجایی سازه مطابق شکل ۱-۱

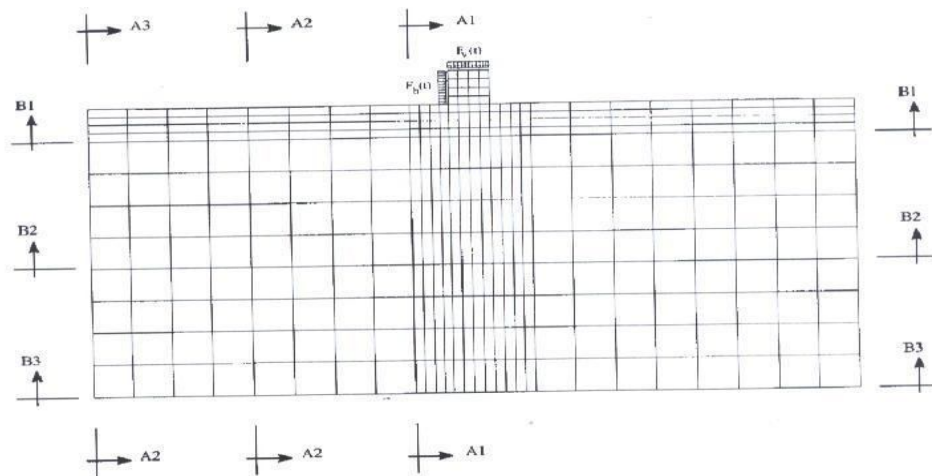
مورد بررسی قرار داده اند. هدف این قسمت از مقاله (یزدچی و خلیلی) تاثیر دامنه متفاوت خاک در جابجایی سازه در تحلیل دینامیکی اندرکنش خاک و سازه می باشد. برای این منظور، قسمت half-plan سازه شکل ۲-۱ با سه پی متفاوت تقریب زده شده است:

۱- پی صلب

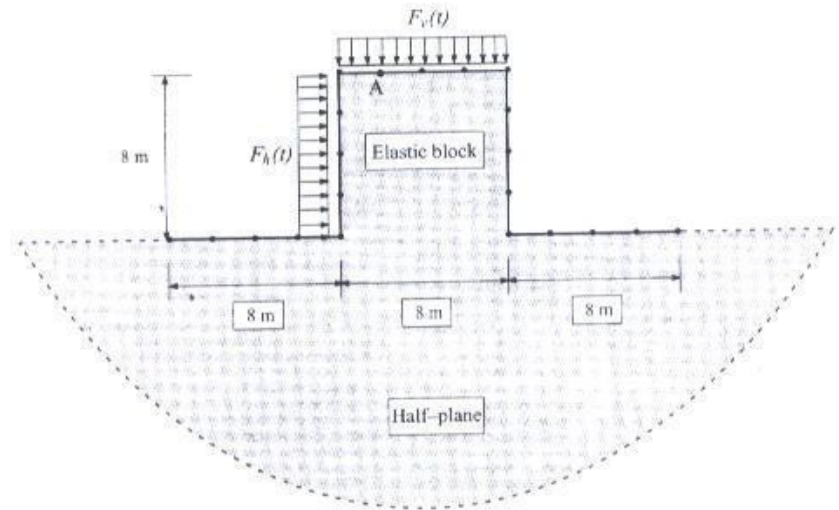
۲- دامنه متوسط ۸۸×۴۰ متر با ۱۶۰ المان (شبکه بندی A2-B2 در شکل ۱-۱)

۳- دامنه بزرگ ۱۵۲×۷۲ متر با ۱۳۶ المان در پی (شبکه بندی A3-B3 در شکل ۱-۱)

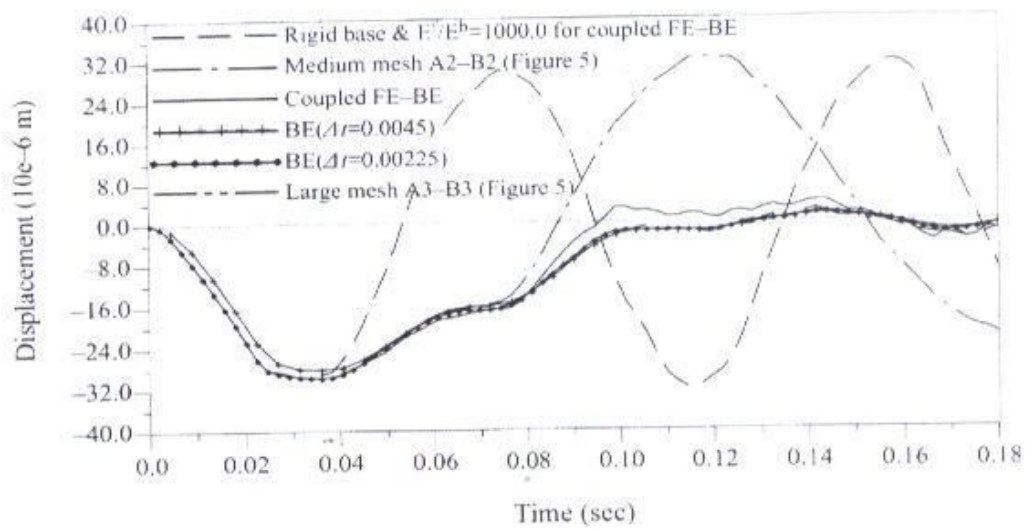
اشکال ۳-۱ و ۴-۱ پاسخ گذرای نقطه A در شکل ۲-۱ را به بارگذاری ناگهانی نشان می دهند. دیده می شود که فقط دامنه بزرگ با تعداد ۳۳۶ المان در پی در مقایسه با روشهای BE و FE-BE نتایج منطقی را بدست می دهند. از این رو جهت مینیمم نمودن خطاها مدل FE مورد استفاده بایستی دارای دامنه بزرگ و تعداد زیادی المان باشد که این امر باعث افزایش هزینه محاسباتی خصوصا در تحلیل غیر خطی خواهد شد.



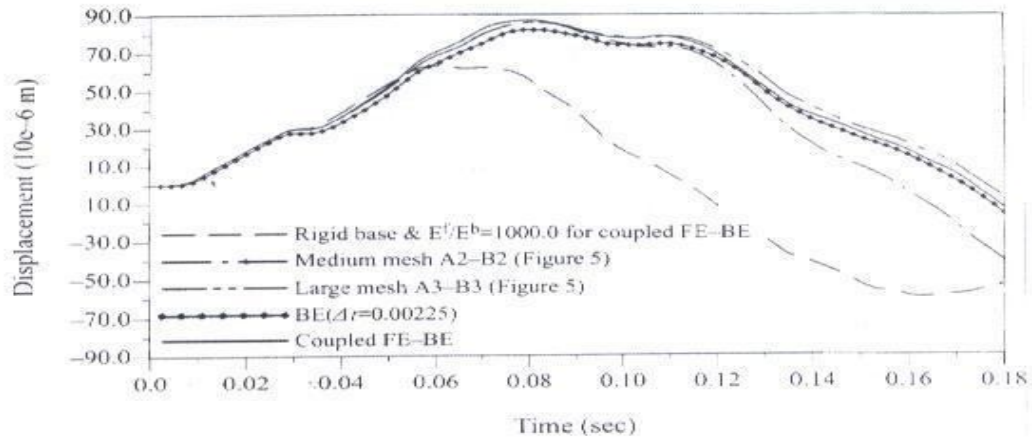
شکل ۱-۱: مدل FE خاک [1]



شکل ۱-۲: مدل اندرکنشی خاک و سازه [1]

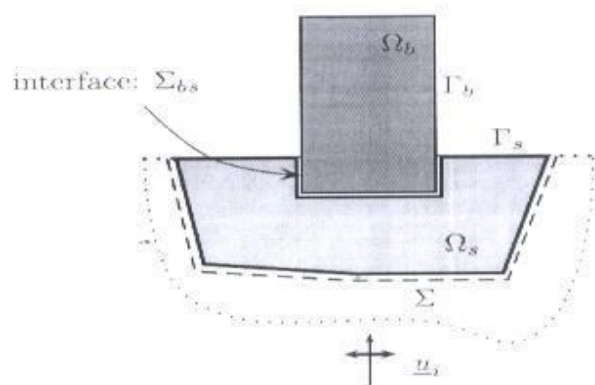


شکل ۱-۳: جابجایی عمودی نقطه A تحت بارگذاری در ابعاد متفاوت شبکه بندی [1]

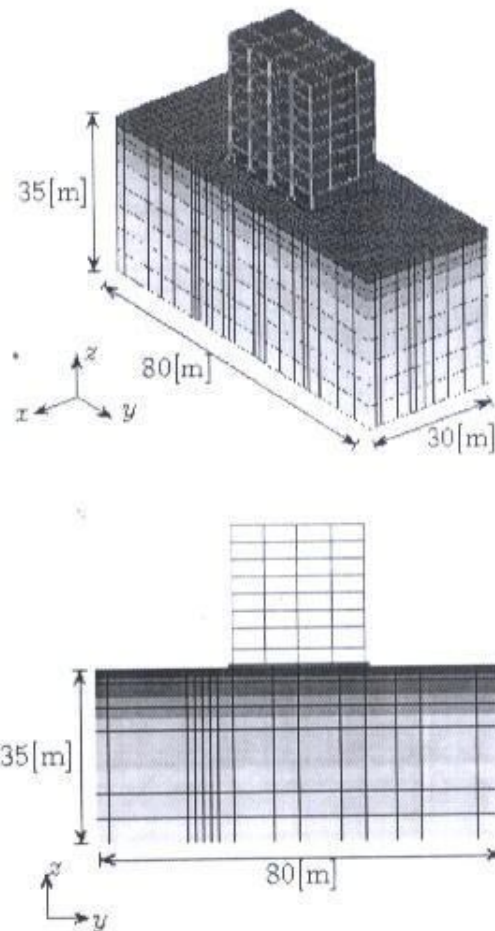


شکل ۴-۱: جابجایی افقی نقطه A تحت بارگذاری در ابعاد متفاوت شبکه بندی [1]

Esteban Saez [2] به بررسی تاثیر دینامیکی غیر الاستیک اندرکنش خاک و سازه در ارزیابی آسیب پذیری لرزه ای سازه ها پرداخته است. در این مقاله مدل غیر الاستیک متشکل از سازه و خاک مطابق شکل ۱-۵ تشریح شده است. سازه و خاک توسط المان واسط Σ_{bs} از همدیگر مجزا شده اند. مدل FE سیستم در شکل ۱-۶ نشان داده شده است.



شکل ۵-۱: تعریف سیستم کلی [2]



شکل ۱-۶: مدل اجزا محدود دو بعدی و سه بعدی خاک و سازه [2]

۱-۳-۳- انتخاب برنامه کامپیوتری مناسب جهت تحلیل

در این تحقیق مدل سازی سیستم اندرکنش خاک و سازه به روش اجزا محدود و با استفاده از نرم افزار ANSYS انجام گرفته است. این نرم افزار در سال ۱۹۷۱ توسط شرکت آمریکایی Swanson به عنوان یکی از پیشگامان نرم افزار های اجزا محدود ساخته شده است. ANSYS یک برنامه کامپیوتری المان محدود کامل

است که شامل بیش از ۱۰۰۰۰۰۰ دستورالعمل می باشد. از مهمترین دلایل انتخاب این برنامه در این تحقیق، توانایی برنامه در مدل سازی انواع سیستم های مهندسی و توانایی تحلیل استاتیکی و دینامیکی مدل با رفتار های خطی و غیر خطی می باشد.

۱-۴- حدود تحقیق

این تحقیق تاثیر اندرکنش خاک و سازه را در تحلیل استاتیکی و دینامیکی پی و سازه بررسی می کند. این تحقیق بر مبنای فرض های زیر انجام می گیرد.

- ۱- نوع سازه در این تحقیق، قاب خمشی بتن آرمه دو بعدی می باشد.
- ۲- تحلیل و طراحی به صورت الاستیک صورت می گیرد.
- ۳- در تحلیل استاتیکی، بارگذاری زلزله به روش معادل استاتیکی صورت می گیرد.
- ۴- در تعیین نیروهای ناشی از زلزله وزن کل ساختمان ثابت فرض شده و از تغییرات وزن ساختمان ناشی از تغییرات سطح مقطع اعضاء صرفنظر می شود.
- ۵- تحلیل سیستم (خاک + روسازه) تحت بارهای قائم و بارهای جانبی، بصورت استاتیکی و بصورت دو بعدی انجام می شود.
- ۶- خاک زیر پی، به صورت محیط پیوسته با فرض رفتار خطی به مدل وارد می شود.
- ۷- مبنای طراحی اعضای بتنی به روش تنش مجاز مبحث ۹ مقررات ملی ساختمان ایران (مقررات ملی ساختمانی ایران، مبحث ۹) بوده [3] و برای بارگذاری زلزله از آیین نامه ۲۸۰۰ ایران (آیین نامه طرح ساختمانها در برابر زلزله، استاندارد ۲۸۰۰، ۱۳۸۷) استفاده شده است [4].
- ۸- در تحلیل دینامیکی، بارگذاری زلزله بصورت شتاب تاریخچه زمانی مربوط به زلزله کوبه و السنترو اعمال شده است.

۱-۵- خلاصه فصول پایان نامه

در فصل اول پایان نامه، مسائل و سوالات تحقیق معرفی و علت انجام تحقیق و ضرورت آن بیان گردیده است. همچنین روش تحقیق به اختصار تشریح و مبانی پایان نامه پی ریزی شده است.

در فصل دوم تاریخچه تحقیقات انجام گرفته در مورد اندرکنش خاک و سازه بررسی شده است.

در فصل سوم به تحلیل استاتیکی مدل های سازه پایه گیردار و مدل های سازه همراه خاک پرداخته شده و نتایج حاصل مورد بررسی قرار گرفته است.

در فصل چهارم به تحلیل دینامیکی مدل های سازه پایه گیردار و مدل های سازه همراه خاک پرداخته شده و نتایج حاصل مورد بررسی قرار گرفته است.

در فصل پنجم مهمترین نتایج بدست آمده در بخشهای مختلف جمع بندی شده و پیشنهاداتی برای انجام تحقیقات آتی ارائه گردیده است.

۱-۶- خلاصه فصل اول

در این فصل مبانی پایان نامه پی ریزی می شود. مسائل و سوالات تحقیق معرفی شده و سپس و ضرورت انجام تحقیق بیان گردید. روش تحقیق به اختصار تشریح گشته و خلاصه فصول پایان نامه بیان شد. همچنین محدودیت های تحقیق ارائه گردید.

فصل دوم

مروری بر مطالعات قبلی

۲-۱- مقدمه

در فصل قبل، زمینه تحقیق، ضرورت تحقیق، سوالات اصلی تحقیق و در نهایت شیوه انجام و حدود تحقیق مطرح شدند. در این فصل تاریخچه تحقیقات انجام شده در زمینه تحقیق حاضر بررسی شده است. همچنین با استفاده از ادبیات فنی، به برخی از سوالات موجود در این پژوهش پاسخ داده شده است. در فصل حاضر تحقیقات انجام شده در مورد مدل تحلیلی خاک بررسی شده است. در این قسمت مدل‌های مختلف که توسط محققین برای مدل نمودن محیط خاک و رفتار خاک مورد استفاده قرار گرفته اند، مطرح شده و از بین آنها مدل مناسب انتخاب شده است. سپس تحقیقات انجام شده در مورد مدل اندرکنشی خاک و سازه آورده شده و نحوه در نظر گیری اندر کنش میان خاک و سازه در تحقیق حاضر بیان شده است.

۲-۲- کلیات

گرچه در محاسبات نیروی اعمالی زلزله بر سازه، معمولاً تکیه گاه آن صلب و تغییر شکل ناپذیر فرض می گردد و از انعطاف پذیری خاک زیر سازه صرفنظر می شود، ولی مشاهدات و تجربیات گذشته، بیانگر این واقعیت است که عامل تغییر شکل پذیری خاک، علاوه بر تغییر خصوصیات حرکت آزاد زمین (Free-Field-motion) در سطح، ممکن است به علت اندرکنش با سازه، تغییرات قابل ملاحظه ای در واکنش سازه در مقابل زلزله نیز ایجاد نماید. اندرکنش سازه و خاک را می توان بصورت عامل تغییر حرکت آزاد زمین توسط سازه و خاک اطراف پی دانست که در مقایسه با حالتی که پی صلب فرض گردد دارای اثرات ذیل می باشد:

الف: شکل مودها و تواترهای سازه را تغییر می دهد.

ب: قسمت اعظم انرژی ارتعاشی، توسط میرایی هندسی یا تشعشی (Geometrical or radiation damping) و میرایی داخلی یا مصالح (Internal or material damping) مربوط به خاک زیر پی، زایل می گردد.

تاثیر پدیده اندرکنش بر روی واکنش سازه ممکن است در مقایسه با واکنش سازه واقع بر تکیه گاه صلب، بسته به خصوصیات سازه و خاک، بصورت کاهنده و تقلیل دهنده (attenuation) و یا بصورت افزایشنده و تقویت کننده (amplification) باشد. موارد اشاره شده در فوق بیانگر این واقعیت است که بررسی و تعیین رفتار سازه در مقابل زلزله با صرف نظر نمودن از پدیده اندرکنش سازه و خاک کاری عبث و بی نتیجه می باشد. مثالهای زیر اهمیت تاثیر خاک بر رفتار سازه، رابطه بین زمان تناوب طبیعی سازه و خاک که یکی از عوامل موثر در پدیده اندرکنش می باشد و در رفتار سازه تاثیر بسزایی دارد را نشان می دهند.

در زلزله Gediz ۱۹۷۰ در ترکیه، قسمتی از یک کارخانه که در شهری به فاصله ۱۳۵ کیلومتری از کانون زلزله قرار داشت و در آن هیچ ساختمانی منهدم نشده بود، خراب گردید بررسی های انجام شده نشان داد که زمان تناوب اصلی کارخانه تقریباً با زمان تناوب خاک زیر آن هماهنگی و همگامی داشته است. همچنین در زلزله ۱۹۶۷ کاراکاس در ونزوئلا، شکل خرابی سازه ارتباط مستقیمی با عمق لایه آبرفتی داشته است. عمده خرابی وارد بر ساختمانهای با ارتفاع متوسط (۹-۵ طبقه) در نواحی اتفاق افتاد که سنگ بستر در عمقی کمتر از ۱۰۰ متر قرار داشت. در حالیکه در نواحی با عمق بیشتر از ۱۵۰ متر، خرابی عمده، مربوط به ساختمان های بلندتر بوده است (بیش از ۱۴ طبقه).

تحلیل پدیده اندرکنش خاک -سازه در زمان وقوع زلزله از ضروریات مهندسی زلزله می باشد. ولی بطور کلی در انجام این تحلیل دو مشکل وجود دارد که باید قبل از تحلیل بررسی گردند. اولین آنها مربوط به انتخاب مدل مناسب برای خاک است که با توجه به دقت مورد نیاز و هزینه آن ، یکی از روشهای ذکر شده در مقدمه پس از بررسی، بعنوان مدل خاک انتخاب می شود.

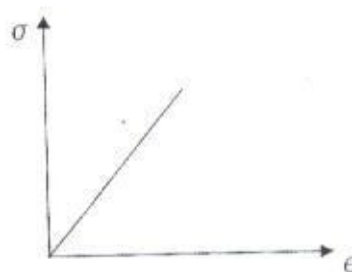
دومین مشکل، تعیین حرکت مناسب زمین با تکیه بر خصوصیات زمین شناسی محل و حد پذیرش خطر (ریسک) می باشد [6].

۲-۳- تحقیقات انجام گرفته در مورد مدل سیستم خاک - سازه

تحقیقات فراوانی در مورد مدل سیستم خاک-سازه انجام گرفته است. برای نمونه می توان به تحقیقات Esteban Saez [2] در مورد مدل مناسب خاک و سازه اشاره نمود. در ادامه نحوه مدل نمودن رفتار خاک و مدل کردن محیط خاک مورد بررسی قرار گرفته و در نهایت خلاصه نتایج حاصل از مطالعات پیشین مرتبط به این تحقیق ارائه میگردد.

۲-۳-۱- مدل کردن رفتار خاک

به دلیل طبیعت پیچیده خاک هنوز رفتار دقیق خاک تحت بارگذاری های متفاوت به درستی معلوم نیست. بعضی از محققین رفتار خاک را به صورت الاستیک (شکل ۱-۲) فرض کرده و توزیع تنش در خاک، تحت اثر بارهای اعمالی را بوسیله تئوری الاستیسیته بدست آورده اند [7,8].



شکل ۱-۲: رفتار خاک به صورت الاستیک [7]