بسم الله الرحمن الرحيم

دانشگاه خوارزمی

دانشکده فنی و مهندسی

پایان نامه کارشناسی ارشد

مهندسی عمران–مکانیک خاک و پی

عنوان:

برآورد تحلیلی فرکانس ارتعاش آزاد دیوارهای حائل مسلح

دانشجو : امید عباسی

استاد راهنما : دکتر علی قنبری

استاد مشاور : دکتر سید علی اصغر حسینی

دی ۱۳۹۱

چکیده

عنوان پایان نامه : **مطالعه تحلیلی دیوارهای حائل مسلح و بدون مسلح کننده در رابطه با فرکانس ارتعاش آزاد**

بدست آوردن فرکانس ارتعاش آزاد دیوارهای حائل مسلح و بدون مسلح کننده به روش تحلیلی در این پایان نامه مورد نظر می باشد. روش تحلیلی پیشنهاد شده، بر مبنای روش تحلیلی اصل رایلی و روش رایلی-ریتز استوار است. در این پایان نامه با استفاده از روش تحلیلی پیشنهادی با مدلسازی محیط خاکی پشت دیوار حائل توسط فنرهای پیوسته انتقالی و اضافه نمودن تاثیر این محیط خاکی پشت دیوار به روابط رایلی-ریتز، فرکانس ارتعاش آزاد توسط فرمولاسیون پیشنهادی ساده در عین حال دقیق و قابل اعتماد آغاز شده و در ادامه با درنظرگیری بستر انعطاف پذیر برای دیوار حائل اثر اندرکنش خاک و سازه در محاسبات تحلیلی پیشنهادی وارد شده است. با مدلسازی خاک زیر دیوار حائل توسط فنر انتقالی در روابط تحلیلی ارائه شده به راحتی می توان اثر اندرکنش خاک و دیوار را درنظر گرفت. در ادامه با ارائه فرمولاسیون ساده و در عین حال دقیق و قابل اعتماد فرکانس ارتعاش آزاد دیوارهای حائل بدون مسلح کننده با درنظرگیری بستر انعطاف پذیر ارائه شده است. در ادامه برای دیوارهای حائل مسلح رفتار مسلح کننده ها مورد بررسی قرار گرفته شده است به طوریکه با مدلسازی مسلح کننده ها در روابط تحلیلی پیشنهادی توسط فنرهای کششی، با استفاده از روابط تحلیلی ارائه شده فرکانس ارتعاش آزاد برای مود اول دیوارهای حائل مسلح بدست خواهد آمد. برای اینکه به راحتی بتوان فرکانس ارتعاش آزاد برای مود اول دیوارهای حائل مسلح با درنظرگیری اثر اندرکنش خاک و دیوار آورده شود، فرمولاسیون پیشنهادی ساده، دقیق و قابل اطمینان آورده شده است. در تمام مراحل محاسبات تحلیلی انجام گرفته شده، نتایج بدست آمده از طریق روش پیشنهادی توسط آنالیز عددی توسط نرم افزار المان محدود ANSYS مورد مقایسه قرار گرفته شده است و در تمام مراحل محاسبات و فرمولاسیون های بدست آمده تطابق بسیار خوبی بین این دو روش در گراف های بدست آمده مشاهده می شود که نشان از دقت و صحت روش و فرمولاسیون ارائه شده در این پایان نامه می باشد.

با نهایت احترام این پایان نامه را تقدیم می کنم به پدر و مادر عزیز و مهربانم، به خاطر صبر و شکیبایی و دلگرمی که به اینجانب عطا نمودند و دعای خیرشان همواره بدرقه راه اینجانب بوده است.

با تشکر و سپاس فراوان از زحمات جناب آقایان :

دکتر قنبری استاد راهنمای محترم

و دکتر حسینی استاد مشاور گرامی و صبور،

به خاطر راهنمایی های ارزشمند شان

فهرست :

چکیده

فصل اول : کلیات.....۱ـ۵

۱-۱- مقدمه.....۱
۱-۲- تاریخچه موضوع.....۱
۱-۳- ضرورت تحقیق.....۲
۱-۴- روش تحقیق.....۳
۱-۵- اهداف تحقیق.....۴
۱-۶- ساختار پایان نامه.....۴
۱-۷- فرضیات درنظرگرفته شده در پایان نامه..... ۵
۱-۸- نوآوری های پایان نامه..... ۵

فصل دوم : ژئوتکنیک و روش های حل مسائل ژئوتکنیکی.....۶ـ۱۱

۲-۱- مقدمه..... ۶
۲-۲- مدل های تحلیلی.....۷
۲-۳- انواع روشهای تحلیلی.....۷
۲-۳-۱- حل های ریاضی.....۸
۲-۳-۲- روش های تعادل حدی.....۸
۲-۳-۳- روش های تحلیل حدی.....۹
۲-۳-۴- مدل سازی عددی.....۱۰
۲-۳-۴-۱- مراحل تحقیق با مدل سازی عددی.....۱۰
۲-۳-۴-۲- معادلات حاکم ۱۱

فصل سوم : مروری بر روش های بدست آوردن معادله تعادل دینامیکی سیستم های ارتعاشی.....۱۲ـ۲۱

۳-۱- روش های حل تحلیلی لرزه ای سازه ها.....۱۲
۳-۲- ارتعاش جانبی تیرها.....۱۴
۳-۳- روش نیوتن.....۱۴
۳-۴- روش اصل هامیلتون.....۱۹

فصل چهارم : حل دقیق ریاضی برای سیستم های ساده ارتعاشی.....۲۲ـ۳۹

۴-۱- مقدمه.....۲۲
۴-۲- روش دقیق تحلیلی برای حل معادله دیفرانسیل ارتعاش آزاد تیر یکنواخت.....۲۲
۴-۳- شرایط مرزی مختلف برای ارتعاشی جانبی تیر.....۲۵
۴-۳-۱- تیر با شرایط تکیه گاهی دوسر مفصل.....۲۵
۴-۳-۲- تیر با شرایط تکیه گاهی دوسر گیردار.....۲۸
۴-۳-۳- تیر با شرایط تکیه گاهی دوسر آزاد.....۲۹
۴-۳-۴- تیر با شرایط تکیه گاهی یکسر گیردار یکسر مفصل.....۳۲
۴-۳-۵- تیر با شرایط تکیه گاهی یکسر گیردار.....۳۴
۴-۴- بدست آوردن فرکانس ارتعاش آزاد برای تیر یکنواخت با شرایط تکیه گاهی یکسر گیردار.....۳۶

فصل پنجم : حل تحلیلی تقریبی برای سیستم های پیچیده ارتعاشی.....۴۰ـ۵۷

۵-۱- مقدمه.....۴۰
۵-۲- روش تقریبی تحلیلی برای حل معادله دیفرانسیل ارتعاش آزاد تیر یکنواخت.....۴۰
۵-۳- اصل رایلی (Rayleigh's Principle) ۴۳
۵-۴- تابع شکل (Shape Function) ۴۶
۵-۵- روش رایلی-ریتز (Rayleigh-Ritz Method).....۵۳

فصل ششم : فرکانس ارتعاش آزاد دیوارهای حائل بدون مسلح کننده با بستر صلب.....۵۸ـ۱۰۷

۶-۱- مقدمه.....۵۸
۶-۲- دیوار حائل با مقطع یکنواخت و بستر صلب.....۵۸
۶-۲-۱- حل دقیق تحلیلی (Exact Solution) ۶۰
۶-۲-۲- حل تقریبی تحلیلی به روش رایلی-ریتز (Approximate solution).....۶۲
۶-۲-۳- حل عددی توسط نرم افزار المان محدود ANSYS.....۶۶
۶-۳- دیوار حائل با مقطع غیر یکنواخت و بستر صلب.....۷۰
۶-۴- دیوار حائل با مقطع یکنواخت با درنظرگیری خاک پشت و بستر صلب.....۷۷
۶-۵- دیوار حائل با مقطع غیر یکنواخت با درنظرگیری خاک پشت و بستر صلب.....۹۱
۶-۶- فرمولاسیون پیشنهادی برای فرکانس اصلی ارتعاش آزاد دیوار حائل بدون مسلح کننده با بستر صلب.....۱۰۴

فصل هفتم : فرکانس ارتعاش آزاد دیوارهای حائل بدون مسلح کننده با بستر انعطاف پذیر.....۱۰۸ـ۱۵۳

۷-۱- مقدمه.....۱۰۸
۷-۲- اندرکنش دینامیکی خاک و سازه.....۱۰۸
۷-۲-۱- روش چند مرحله ای (Multi-Step Method).....۱۰۸
۷-۲-۲- روش مستقیم(Direct Method).....۱۰۹
۷-۲-۳- روش زیرسازه(Substructure Method).....۱۱۰
۷-۲-۴- روش فنر و میراگر معادل(Equivalent Spring-Dashpot Analysis).....۱۱۱
۷-۳- دیوار حائل با مقطع یکنواخت با درنظرگیری خاک پشت و بستر انعطاف پذیر.....۱۱۲
۷-۴- دیوار حائل با مقطع غیر یکنواخت با درنظرگیری خاک پشت و بستر اتعظاف پذیر.....۱۲۶
۷-۵- فرمولاسیون پیشنهادی برای فرکانس اصلی ارتعاش آزاد دیوار حائل بدون مسلح کننده با بستر انعطاف پذیر....۱۴۰

فصل هشتم : فرکانس ارتعاش آزاد دیوارهای حائل مسلح با بستر انعطاف پذیر.....۱۵۴ـ۱۷۶

۸-۱- مقدمه.....۱۵۴
۸-۲- نتایج محاسبات انجام گرفته برای دیوارهای حائل مسلح.....۱۵۶

۸-۲-۱- دیوار حائل مسلح با مقطع غیر یکنواخت با درنظرگیری خاک پشت و بستر انعطاف پذیر.....۱۵۶
۸-۳- فرمولاسیون پیشنهادی برای فرکانس اصلی ارتعاش آزاد دیوار حائل با مسلح کننده.....۱۶۹

فصل نهم : نتیجه گیری و پیشنهادات.....۱۷۷ـ۱۸۲

۹-۱- مقدمه.....۱۷۷
۹-۲- فرکانس ارتعاش آزاد دیوارهای حائل غیر مسلح با بستر صلب.....۱۷۸
۹-۳- فرکانس ارتعاش آزاد دیوارهای حائل غیر مسلح با بستر انعطاف پذیر.....۱۷۹
۹-۴- فرکانس اصلی ارتعاش آزاد دیوارهای حائل مسلح با بستر انعطاف پذیر.....۱۸۰
۹-۵- پیشنهادات برای مطالعات آتی.....۱۸۲

منابع و مراجع.....۱۸۳ـ۱۸۴

فصل اول

کلیات

۱–۱– مقدمه :

دیوار های حائل از جمله سازه هایی می باشند که به عنوان دیوار محافظ کنار جاده ها، تونل ها، پایه های کناری پل ها، مرز سواحل و رودخانه ها مورد استفاده قرار می گیرند. محاسبه فرکانس ارتعاش آزاد دیوار های حائل نقش حائز اهمیتی در طراحی لرزه ای این سازه ها تحت بارگزاری لرزه ای دارد و روش های ساده و به دور از واقعیت موجود در آیین نامه ها به تنهایی نمی تواند منجر به طرح مناسبی برای دیوار شود. طراحی لرزه ای دیوار های حائل، همواره یکی از دغدغه های اصلی مهندسان طراح بوده است.

برای ایجاد صرفه اقتصادی در طراحی و همچنین کاهش خسارات ناشی از زلزله های بزرگ، شناخت عملکرد و نیز طراحی لرزه ای سازه های نگه دارنده ی خاک اهمیت بسزایی دارد. روش های طراحی دینامیکی دیوار های حائل از دهه ی 70 میلادی با پیشرفت تحلیل های کامپیوتری به سمت درنظرگیری اثر اندرکنش خاک و سازه در روند تحلیل و طراحی قرار گرفته است. یکی از مهمترین پارامترهای طراحی لرزه ای بحث اندرکنش خاک و سازه می باشد. از آنجائیکه درنظرگیری اندرکنش خاک و سازه منجر به تغییر در پاسخ های لرزه ای می شود، در نتیجه برای اینکه تحلیل های لرزه ای انجام شده دارای دقت کافی و نزدیک به واقعیت باشد، باید در محاسبات لحاظ شود.

۱–۲– تاریخچه موضوع :

Idriss and Mathur and Seed (1974) به بررسی اثر اندرکنش سد خاکی با لایه فونداسیون پرداخته اند و با تعریف پارامتر R_I که مربوط به پاسخ سیستم سد خاکی- فونداسیون در پای سد نسبت به حالت میدان آزاد می باشد، به تاثیر پارامتر های تاثیر گذار در مساله اندرکنش پرداخته شده است و به این نتیجه رسیده اند که در نظرگیری اندرکنش منجر به تغییر در پاسخ های لرزه ای در سد خاکی خواهد شد.

Kishi and Nomachi and Maksuoka and Kida (1987) با استفاده از روش تفاضل محدود و نوشتن معادلات تعادل لنگر خمشی و نیروی برشی در راستای قائم به همراه معادلات تعادل نیرو های برشی و لنگر های پیچشی در راستای جانبی سد خاکی به بررسی فرکانس ارتعاش آزاد و مود های سد خاکی با استفاده از سختی برشی متغیر برای مصالح سد پرداخته اند. Zhen Zhong Shen and Zhi-Ying Xu (1996) با آنالیز گوه برشی و در نظرگیری رفتار مصالح به صورت الاستیک، با استفاده از روش تحلیلی مشخصات دینامیکی شامل فرکانس طبیعی و مود های ارتعاشی سد خاکی در دره مثلثی شکل را تحت ارتعاش برشی جانبی بررسی کرده اند. در این مطالعه با استفاده از رابطه بدست آمده فرکانس ارتعاش آزاد

سد خاکی با مدول برشی متغیر بدست آمده است و با استفاده از طیف های زلزله می توان پاسخ سد خاکی را بدست آورد.

Papalou and Bielak (2001) با فرض رفتار الاستیک برای مصالح سد خاکی و به کمک روش المان محدود برای تعیین میزان تاثیر اندرکنش سد و دره به بررسی پاسخ لرز ای سد خاکی LaVillita در برابر تحریک لرزه ای امواج SH پرداخته اند که به این نتیجه رسیدند که در نظر نگرفتن اندرکنش سد و دره منجر به افزایش پاسخ ها می شود.

Papalou and Bielak (2004) در ادامه مطالعات پیشین خود با در نظر گیری رفتار غیر خطی برای مصالح سد به بررسی میزان تاثیر اندرکنش بین سد و دره پرداختند و به این نتیجه رسیدند که با درنظر گیری اندرکنش و رفتار غیر خطی برای مصالح سد خاکی، مقادیر پاسخ های شتاب و کرنش های برشی در بدنه سد خاکی کاهش می یابد.

در رابطه با اثر اندرکنش بر فرکانس ارتعاش آزاد شمع Kumar and Parakash (2004) با استفاده از روش پیشنهادی، به مقایسه ای با روابط موجود در آیین نامه ATC پرداخته اند و به این نتیجه رسیده اند که روابط آیین نامه بسیار تقریبی و بسیار دست بالا می باشند و در بعضی شرایط منجر به پاسخ های غیر واقعی می شوند. در نهایت با ارائه فرمولی رابطه موجود در آیین نامه ATC در رابطه با پریود اصلی شمع را اصلاح نمودند.

در رابطه با سازه های قاب بندی شده Louay Khalil and Sadek and Shahrour (2007) به تاثیر اندرکنش خاک و سازه بر پریود ارتعاش آزاد سازه های ساختمانی یک طبقه و چند طبقه با دهانه های مختلف پرداخته اند. رفتار خاک و سازه به صورت الاستیک در نظر گرفته شده است و سیستم خاک و پی با فنر های انتقالی و دورانی مدل سازی شده است. آیین نامه های طراحی ساختمان از پریود اصلی (T) برای تعیین پاسخ لرزه ای سازه نسبت به بارهای وارده استفاده می کنند، اما این پارامتر معمولا به صورت فرمول های تجربی بدست می آید و در آیین نامه ها غالبا از اثر انعطاف پذیری خاک زیر سازه صرف نظر می شود. در این مطالعه با تعریف سختی نسبی خاک و سازه (K_{ss}) به بررسی تاثیر اندرکنش پرداخته اند.

۱–۳– ضرورت تحقیق :

با توجه به آنکه خرابی دیوار، خرابی سازه های مجاور و به دنبال آن زیان های اقتصادی و تلفات جانی زیادی را به دنبال خواهد داشت، لذا بررسی رفتار دیوار حائل در حین زلزله بسیار حائز اهمیت است. یکی از مهمترین پارامترهای طراحی لرزه ای بحث اندرکنش خاک و سازه می باشد. از آنجاییکه درنظرگیری اندرکنش خاک و سازه منجر به تغییر در پاسخ های لرزه ای می شود، در نتیجه برای اینکه تحلیل های لرزه ای انجام شده دارای دقت کافی و نزدیک به واقعیت باشد، باید در محاسبات لحاظ شود. در سال های اخیر ساخت دیوار های حائل انعطاف پذیر همراه با مسلح کننده رشد چشمگیری پیدا کرده است. این نوع دیوار های حائل با توجه به سیستم سازه ای که دارند از ضخامت کمتری در مقایسه با دیوارهای حائل صلب برخوردار هستند که از لحاظ اقتصادی نیز مناسب تر می باشند. با توجه به سرعت اجرای بالا و

بتن ریزی کمتر نیاز به پارامترهای طراحی و اطلاعات دقیق از پاسخ لرزه ای این نوع سازه در برابر بارهای لرزه ای حس می شود و بدست آوردن رابطه ای برای فرکانس ارتعاش آزاد که یکی از پارامترهای اصلی و حیاتی در زمینه طراحی لرزه ای می باشد یکی از نیاز های اصلی می باشد. در نتیجه با توجه به این نیاز جامعه مهندسان ژئوتکنیک، در این پایان نامه به روش تحلیلی فرکانس ارتعاش آزاد دیوارهای حائل مسلح و بدون مسلح کننده با درنظرگیری اثر اندرکنش خاک و دیوار پرداخته شده است و در انتها فرمولاسیون پیشنهادی برای بدست آوردن فرکانس ارتعاش آزاد مود اول دیوارهای حائل ارائه خواهد شد.

۱-۴- روش تحقیق :

روشی که در این پایان نامه مورد استفاده واقع شده است استفاده از حل تحلیلی بر مبنای روش اصل رایلی (Rayleigh's Principle) و روش رایلی-ریتز (Rayleigh-Ritz Method) می باشد. روش های تحلیلی به طور عمده به دو دسته تقسیم می شوند، روش های دقیق تحلیلی که برای سیستم های ارتعاشی ساده و با فرضیات ساده کننده می باشند. با پیچیده شدن سیستم ارتعاشی به عنوان مثال با غیر یکنواخت شدن مقطع المان ارتعاش کننده دیگر پارامترهایی مانند جرم و ممان اینرسی متغیر خواهند شد. اینگونه سیستم های ارتعاشی را حل دقیق ریاضی ندارند و باید به کمک روش ها و تکنیک های دیگری به صورت تحلیلی آنها را حل نمود. به اینگونه روش ها، روش های تقریبی تحلیلی می گویند که با تقریب بسیار کمی به جواب مورد نظر می رسند. در این پایان نامه ار آنجائیکه سیستم ارتعاشی مورد نظر که دیوار حائل با مقطع دلخواه (ثابت یا متغیر) می باشد از روش های تقریبی تحلیلی استفاده شده است. در این پایان نامه از اصل رابطه رایلی و رایلی-ریتز به عنوان پایه فرمولاسیون محاسبات استفاده شده است و با اضافه کردن ترم های مختلف به آن روابط، مانند مدلسازی خاک پشت دیوار توسط فنرهای پیوسته انتقالی، درنظرگیری اثر اندرکنش خاک و دیوار به صورت مدلسازی خاک زیر دیوار توسط فنر انتقالی و مدلسازی مسلح کننده ها برای دیوارهای حائل مسلح به کمک فنرهای با رفتار کششی، روابط پیشنهادی ارائه شده است و در هر قسمت از محاسبات یک فرمولاسیون تحلیلی جدید، ساده در عین حال دقیق و قابل اطمینان برای بدست آوردن فرکانس ارتعاش آزاد دیوارهای حائل برای مود اول ارتعاش بدست آمده است. در هر مرحله از محاسبات تحلیلی، جواب های بدست آمده با استفاده از روش پیشنهادی و فرمولاسیون ارائه شده، توسط حل عددی نرم افزار المان محدود ANSYS مورد مقایسه قرار گرفته شده است.

۱–۵– اهداف تحقیق :

از آنجائیکه تا کنون رابطه تحلیلی ساده و دقیقی که بتواند فرکانس ارتعاش آزاد دیوارهای حائل مسلح و بدون مسلح کننده را با درنظرگیری اثر اندرکنش خاک و دیوار بدست آورد، ارائه نشده و اکثر مطالعات انجام گرفته بر اساس روش های عددی و آزمایشگاهی می باشند، هدف از این تحقیق ارائه یک فرمولاسیون تحلیلی ساده در عین حال دقیق و قابل اطمینان برای فرکانس ارتعاش آزاد مود اول دیوارهای حائل می باشد.

۱–۶– ساختار پایان نامه :

این پایان نامه در نه فصل ارائه شده است. فصل اول که فصل حاضر می باشد، به بررسی کلیات موضوع، فرضیات در نظرگرفته شده در محاسبات تحلیلی و چارجوب تحقیق پرداخته شده است. در فصل دوم به طور کلی و مختصر به بیان مهندسی ژئوتکنیک و روش های حل مسائل در آن پرداخته شده است. در فصل سوم روش های مختلف برای بدست آوردن معادله تعادل دینامیکی برای هر سیستم ارتعاشی دلخواه آورده شده است. در فصل چهارم به روش دقیق ریاضی به حل ارتعاش جانبی تیرها پرداخته شده است و شرایط مرزی گوناگون سیستم های ارتعاش جانبی آورده شده است. در فصل پنجم روش های حل تقریبی تحلیلی سیستم های ارتعاشی پرداخته شده است که اساس و پایه تمام محاسبات انجام گرفته در این پایان نامه خواهد بود. در فصل ششم محاسبات مربوط به بدست آوردن فرکانس ارتعاش آزاد دیوارهای حائل بدون مسلح کننده با بستر صلب آورده شده است. همچنین برای این حالت فرمولاسیون ساده در عین حال دقیق و قابل اطمینان برای مود اول ارتعاش به صورت یک رابطه تحلیلی آورده شده است. در فصل هفتم با اضافه شدن اثر اندرکنش خاک و دیوار، محاسبات مربوط به بدست آوردن فرکانس ارتعاش آزاد دیوارهای حائل بدون مسلح کننده با بستر انعطاف پذیر آورده شده است. همچنین برای این حالت فرمولاسیون جدید ساده در عین حال دقیق و قابل اطمینان برای مود اول ارتعاش به صورت یک رابطه تحلیلی آورده شده است. در فصل هشتم با اضافه کردن مسلح کننده ها و ارائه یک روش جدید برای رفتار مسلح کننده ها در ارتعاش دیوار حائل، محاسبات مربوط به بدست آوردن فرکانس ارتعاش آزاد برای مود اول دیوارهای حائل مسلح با بستر انعطاف پذیر آورده شده است. همچنین برای این حالت فرمولاسیون جدید ساده در عین حال دقیق و قابل اطمینان برای مود اول ارتعاش به صورت یک رابطه تحلیلی آورده شده است. در فصل نهم نیز نتایج بدست آمده از این تحقیق و پیشنهادات برای ادامه تحقیق آورده شده است.

۱–۷– فرضیات درنظرگرفته شده در پایان نامه :

1- در تمام محاسبات تحلیلی انجام گرفته شده، مود جا به جایی به صورت انتقالی (Transition) درنظر گرفته شده است.
2- با توجه به اینکه سیستم در نظر گرفته شده شامل دیوار حائل، محیط خاکی و مسلح کننده ها از جمله المان هایی هستند که دارای میرایی قابل توجهی نمی باشند، در آنالیز مودال انجام گرفته تاثیر میرایی ناچیز خواهد بود. درنتیجه در کل محاسبات انجام گرفته شده از اثر میرایی صرف نظر شده است.
3- در کل محاسبات انجام گرفته رفتار سیستم ارتعاشی به صورت خطی درنظرگرفته شده است. این رفتار خطی در رفتار مسلح کننده ها نیز درنظر گرفته شده است.
4- دیوار حائل در محاسبات به صورت انعطاف پذیر درنظر گرفته شده است.
5- در این تحقیق از جرم خاک پشت دیوار حائل صرف نظر شده است و در محاسبات تنها سختی خاک درنظر گرفته شده است.

۱–۸– نوآوری های پایان نامه :

ارائه روش تحلیلی پیشنهادی و سه فرمولاسیون تحلیلی جدید به شرح زیر :

1- ارائه رابطه تحلیلی پیشنهادی و یک فرمولاسیون تحلیلی ساده در عین حال قابل اطمینان برای بدست آوردن فرکانس ارتعاش آزاد دیوارهای حائل بدون مسلح کننده با بستر صلب.
2- ارائه رابطه تحلیلی پیشنهادی و یک فرمولاسیون تحلیلی ساده در عین حال قابل اطمینان برای بدست آوردن فرکانس ارتعاش آزاد دیوارهای حائل بدون مسلح کننده با بستر انعطاف پذیر.
3- ارائه رابطه تحلیلی پیشنهادی و یک فرمولاسیون تحلیلی ساده در عین حال قابل اطمینان برای بدست آوردن فرکانس ارتعاش آزاد دیوارهای حائل مسلح با بستر انعطاف پذیر.

فصل دوم

ژئوتکنیک و روش های حل مسائل ژئوتکنیکی

۲–۱– مقدمه :

ژئوتکنیک شاخه ای از مهندسی و شامل به کارگیری علوم مختلف به ویژه مکانیک خاک و مکانیک سنگ و همچنین زمین شناسی مهندسی است. در ابتدا لازم است تعاریف مربوط به این علوم ارائه و تفاوت علوم و مهندسی بیان شود. آنگاه تصویر بهتری از ژئوتکنیک که شاخه ای از مهندسی است، بدست می آید.

علوم مکانیک خاک و مکانیک سنگ، مربوط به مطالعه خواص مکانیکی خاک و سنگ و استفاه از آنها در کارهای مهندسی اند. بررسی تغییر شکل ناشی از کرنش خاک و یا سنگ در پاسخ به تنش های وارد بر آنها، در مکانیک خاک و سنگ انجام می شود. مکانیک خاک و سنگ هر دو اصل مکانیک مهندسی را به ترتیب برای خاک یا سنگ بکار می گیرند، بنابراین آنها را می توان شاخه ای از علم مکانیک مهندسی قلمداد کرد. مکانیک مهندسی شاخه ای از علم فیزیک است، که پاسخ اجسام را تحت نیروهای وارد مطالعه می کند. بخش عمده مکانیک مهندسی بر پایه قوانین نیوتن استوار است. تیموشنکو که از 1878 الی 1972 میلادی زندگی کرده، به دلیل تحقیقات و کتاب های مشهورش در مورد الاستیسیته، مقاومت مصالح، ارتعاشات، صفحات و پوسته ها و تحلیل سازه ها، پدر مکانیک مهندسی مدرن نامیده می شود. ژئومکانیک شاخه ای از مکانیک مهندسی است و شامل دو بخش اصلی مکانیک خاک و مکانیک سنگ می شود.

مکانیک خاک کاربردهای زیادی در طراحی و اجرای پی ساختمان ها، خاکریزها، ابنیه نگهبان خاک، زیر اساس راه ها، عملیات خاکی، پی سدها و نظایر آن دارد. مکانیک سنگ در طراحی و اجرای سازه های سنگی همچون شیروانی های سنگی، تونل ها، معادن، فضاهای زیرزمینی و چاهک های قائم در سنگها به کار می رود. اگر چه شناخت سنتی رفتار مکانیکی خاک و سنگ به دلیل کاربردهای گسترده آنها از گذشته های تاریخی وجود داشته، اما اولین مطالعه علمی مکانیک خاک توسط فیزیکدان مشهور فرانسوی، کولب انجام شده است که نظریه فشار خاک ها را در سال 1773 منتشر کرد. البته توسعه اصلی مکانیک خاک، سال ها بعد در زمان ترزاقی اتفاق افتاد. کارل ترزاقی از سال 1883 تا 1963 زندگی کرده و او را به دلیل کارهای گسترده اش پدر مکانیک خاک می نامند. وی فعالیت های حرفه ای و انتشارات علمی خود را از اوایل قرن بیستم آغاز کرد و کتاب مشهورش در مورد مکانیک خاک نظری را در سال 1943 منتشر کرد. توسعه علمی مکانیک سنگ نیز به تقریب همزمان با مکانیک خاک انجام شده است.

مهندسی ژئوتکنیک از دیدگاه کاربردی، گسترده تر از ژئومکانیک است. ژئومکانیک همانطور که قبل از این ذکر شد، شاخه ای از علم است نه مهندسی و به طور کلی مهندسی شامل تحلیل، طراحی و ساخت برای اهداف کاربردی است. مهندس از تصور، قضاوت، منطق و تجربه استفاده می کند، تا علوم فیزیکی، ریاضیات و فناوری را در عمل به کار گیرد. بنابراین مهندس ژئوتکنیک اگر چه علم ژئومکانیک را به کار می گیرد اما وظایف گسترده تری دارد. برای مثال رعایت اقتصاد طرح، انجام قضاوت مهندسی، در نظر گرفتن ساخت پذیری طرح و نظایر آن از جمله وظایف مهندس ژئوتکنیک بوده، ولی موضوع ژئومکانیک نیست. در مهندسی ژئوتکنیک علاوه بر علم ژئومکانیک به زمین شناسی و حتی علوم دیگر نیاز داریم. استفاده از زمین شناسی در مهندسی ژئوتکنیک اهمیت زیادی دارد و تخصص ویژه ای محسوب می شود، که

زمین شناسی مهندسی نام دارد. زمین شناسی مهندسی علم کاربرد زمین شناسی در کارهای مهندسی است، تا عوامل زمین شناسی موثر بر محل، طراحی، ساخت، بهره برداری و نگهداری پروژه های مهندسی تشخیص داده شده و نقش آنها به خوبی در نظر گرفته شود. علم زمین شناسی مهندسی به دلیل کاربردهای گسترده آن از گذشته های تاریخی به وجود آمده است. اما دوران توسعه مدرن آن به تقریب همزمان با توسعه علم مکانیک خاک و سنگ است. امروزه مهندسی ژئوتکنیک که شاخه ای از مهندسی است، به صورت گسترده سه علم مکانیک خاک و سنگ و زمین شناسی مهندسی را به کار می گیرد.

۲–۲– مدل های تحلیلی :

مدل در واقع نشانگر یا توصیفی است که ساختمان یا روش کار یک سیستم را نشان می دهد. این توصیف می تواند با ساخت نمونه کوچک فیزیکی آن سیستم یا به صورت نظری و تحلیلی انجام شود. مدل های تحلیلی از زبان ریاضی برای توصیف یک سیستم استفاده می کنند. هر مدل تحلیلی در واقع یک ساختمان نظری است که سیستمی را با یک سری متغیر و روابط منطقی و کمی بین متغیرها بیان می کند. مدل های تحلیلی شاخه بسیار گسترده ای از روش های تحقیق در ژئوتکنیک را به خود اختصاص می دهند. حتی چند مجله بین المللی در این زمینه خاص منتشر می شود. این مدل ها برای شبیه سازی تحلیلی رفتار کل یک سیستم ژئوتکنیکی توسعه یافته اند. علاوه بر مطالعه کل سیستم گاهی رفتار یک جزء خاک و یا سنگ نیز به صورت تحلیلی مطالعه شده و منجر به ارائه ریاضی رفتار نظری خاک یا سنگ می شود.

۲–۳– انواع روشهای تحلیلی :

هر مدل تحلیلی نماینده و جایگزین یک سیستم است، که رفتار و جنبه های اساسی آن سیستم را به صورتی قابل استفاده نشان می دهد. این روش های تحلیلی که بیشتر در ژئوتکنیک استفاده شده اند ، به صورت زیر تقسیم می شوند:

الف) حل های ریاضی؛
ب) روش های تعادل حدی؛
ج) روش های تحلیل حدی؛
د) مدل های عددی؛

امکان دارد روش های تحلیلی خاصی غیر از موارد ذکر شده در بالا در ژئوتکنیک استفاده شده باشند یا در آینده به کار روند. بنابراین نمی توان روش های تحلیلی را محدود به روش های ذکر شده در بالا کرد. تقسیم بندی بالا شامل متداول ترین روشهای تحلیلی مورد استفاده در ژئوتکنیک بوده و یک تقسیم بندی ساده و کاربردی است.

۲-۳-۱- حل های ریاضی :

حل های بسته به صورت رابطه ای ارائه می شوند که با قرار دادن مقدار متغیرهای ورودی در آن می توان جواب را به سادگی حساب کرد. یکی از راه های ارائه حل بسته برای یک مسئله، حل ریاضی آن است. حل های ریاضی شامل حل مستقیم معادلات حاکم بر سیستم های ژئوتکنیکی هستند. این معادلات حاکم اغلب به صورت معادلات دیفرانسیل اند.
حل های ریاضی در هنگام حل معادلات از تقریب های کمتری استفاده می کنند بنابراین از این نظر مزیت دارند. در ضمن اگر منجر به حل های بسته شوند، به سادگی توسط سایرین قابل استفاده اند. یکی از عیب های روش های ریاضی این است که ممکن است اعمال شرایط مرزی در آنها مشکل باشد، زیرا امکان دارد یک حل بسته ساده در آنها به دست نیاید و نیاز به حل مجدد مسئله، با تغییر شرایط مرزی وجود داشته باشد. حل های ریاضی اغلب در حالت های ساده منجر به حل بسته می شوند، ولی در شرایط پیچیده اغلب نیاز به روش های عددی برای حل معادلات وجود دارد.

۲-۳-۲- روش های تعادل حدی :

حل مسئله تعادل در روش های تعادل حدی در یک شرایط خاص یعنی در لحظه گسیختگی انجام می شود. اگر چه این روش ها در سایر رشته های علوم ابداع شده اند، ولی به گستردگی در ژئوتکنیک توسعه یافته اند. برای مثال تعادل حدی پی سطحی برای مطالعه ظرفیت باربری را ترزاقی از مطالعات پراندت برای سوراخ شدن فلزات الهام گرفت. بعدها گوه های گسیختگی مشابه آن چه که ترازقی فرض کرده بود، برای تعیین ظرفیت باربری در شرایط پیچیده تر به کار رفت.
مراحل حل در روش تعادل حدی با توجه به مسئله مورد بررسی می تواند متفاوت باشد، ولی اغلب این مراحل به صورت زیر طی می شود:

1- فرض سازوکار گسیختگی (بر مبنای مطالعات قبلی آزمایشگاهی، محلی، عددی یا بر مبنای سعی و خطا)؛
2- فرضی برای تنش و تغییر شکل روی خطوط گسیختگی یا مناطق خمیری که به چند روش قابل انجام است. در روش کلاسیک، یک معیار گسیختگی انتخاب می شود و بر اساس آن فرض می شود که دایره مور تنش ها بر