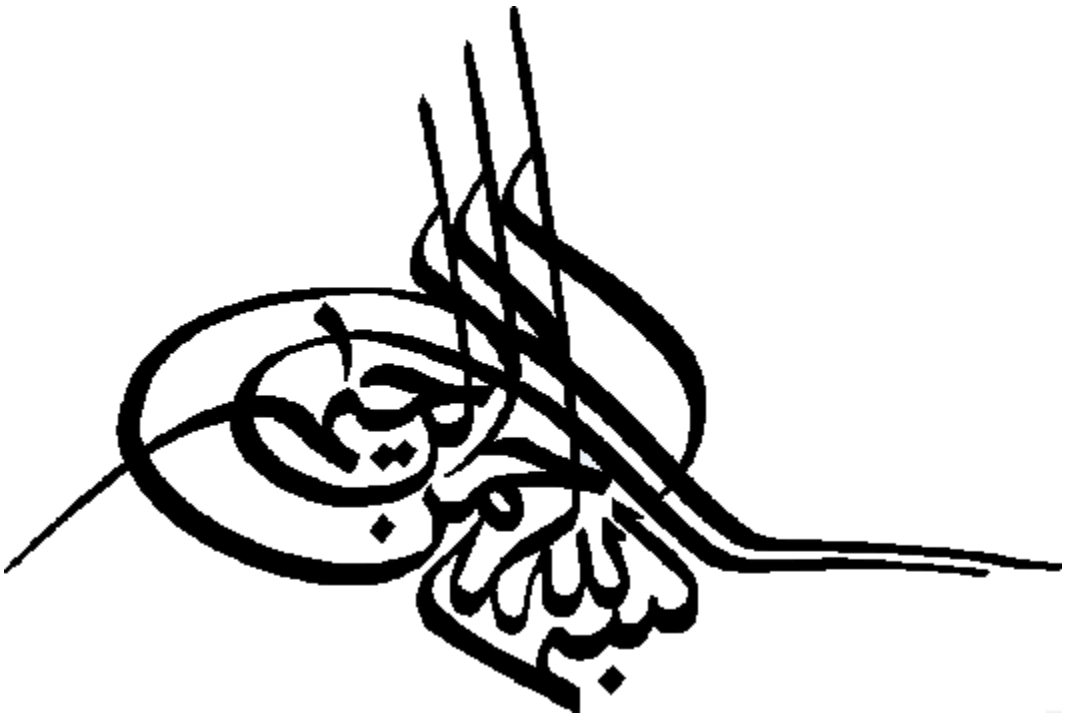

بسم الله الرحمن الرحيم

دانشگاه صنعتی اصفهان

دانشکده عمران

اثر گودبرداری بر ساختمان‌های مجاور

پایان نامه کارشناسی ارشد عمران

نجمه هاشمی شهرکی

استاد راهنما

دکتر محمود وفائیان

دانشگاه صنعتی اصفهان

دانشکده عمران

پایان‌نامه‌ی کارشناسی ارشد رشته‌ی مهندسی عمران – مکانیک خاک وپی نجمه هاشمی شهرکی

تحت عنوان

اثر گودبرداری بر ساختمان‌های مجاور

در تاریخ ۸۹/۱۲/۱۷ توسط کمیته‌ی تخصصی زیر مورد بررسی و تصویب نهایی قرار گرفت.

۱- استاد راهنمای پایان‌نامه **دکتر محمود وفائیان**

۲-استاد مشاور **دکترمه رشک میدانی**

۳- استاد داور **دکتربهروز کوشا**

٤- استاد داور **دکترمسعود میر محمد صادقی**

۵-سرپرست تحصیلات تکمیلی دانشکده **دکتر عبدالرضا کبیری**

سپاس و قدردانی

سپاسگزار آفریننده مهربان هستم چرا که لطفش را ارزانیم داشت تا استوار، گامی دیگر در راه بهتر بودن و بهتر زیستن بردارم و سپاس خدای را که چون به مصلحتی نعمت پدر را از من گرفت، رحمت عطوفت مادر را چنان برایم وسعت بخشید که جهان را جز به لطف و عطوفت مادرانه نتوانستم دید.از برادر عزیزم مهدی که مشوق اصلی من در تحصیل هستند متشکرم.

از جناب آقای دکتر وفائیان که در این مدت افتخار شاگردی ایشان نصیبم شد، کمال تشکر را دارم. از جناب آقای دکتر میدانی به خاطر راهنمایی های دلسوزانه شان متشکرم.

در پایان برای هم اتاقی ها و دوستان خوبم که همیشه به من محبت داشتند سلامتی آرزومندم و از دوست خوبم خانم مهندس نیکنام به خاطر محبت بی دریغش تشکر ویژه دارم.

کلیه‌ی حقوق مادی مترتب بر نتایج مطالعات،
ابتکارات و نوآوری‌های ناشی از تحقیق موضوع این
پایان‌نامه(رساله) متعلق به دانشگاه صنعتی اصفهان است.

تقدیم به اولین معلم زندگیم

مادر صبورم

و

به یاد روح پدر عزیزم

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فهرست مطالب .....هشت
چکیده ۱
فصل اول: مقدمه
۱-۱-کلیات ۲
۱-۲- پیشینه علمی،لزوم انجام تحقیق وهدف پایان نامه ۴
۱-۳- معرفی فصول پایان نامه ۵
فصل دوم: پیش زمینه و بررسی کارهای مشابه
۲-۱- مقدمه ۷
۲-۲- روشهای پیش بینی اثرات گود برداری ۷
۲-۲-۱- روش تجربی و نیمه تجربی ۹
۲-۲-۲- روشهای عددی ۱۴
۲-۳-گودهای مهار شده ۱۵
۲-۴- علل گسیختگی گودهای عمیق ۱۸
۲-۵- تاریخچه کارهای پیشین ۲۱
۲-۵-۱- بررسیهای تئوری ۲۲
۲-۵-۲- بررسیهای موردی(case studies) ۳۰
۲-۶- جمع بندی فصل ۵۰
فصل سوم : مدلسازی در PLAXIS
۳-۱- مقدمه ۵۱
۳-۲- انتخاب روش تحلیل ۵۱
۳-۳- معرفی PLAXIS ۵۲
۳-۴-کاربرد مدلهای مختلف ۵۲
۳-۵- تحلیل با مدلهای مختلف ۵۴
۳-۶- مدل کردن گودبرداری در PLAXIS ۵۶
۳-۷- جزئیات مدل سازی ۵۸
۳-۷-۱- خاکبرداری مرحله ای ونصب مهارها ۵۸
۳-۷-۲- انتخاب محدوده ی مناسب زمین وتشکیل شبکه المانها ۵۸
۳-۷-۳- اعمال شرایط مرزی ۵۹
فصل چهارم: نتایج مطالعات پارامتریک
۴-۱- مقدمه ۶۰
۴-۲- خصوصیات هندسی گود و عناصر و مصالح به کار رفته ۶۰

۴-۳- انتخاب ابعاد شبکه و ابعاد اجزای آن ۶۱
۴-۴- فرضیات در نظر گرفته شده ۶۳
۴-۵- متغیرهای مورد بررسی در تحلیلها ۶۳
۴-۶- بررسی ارتفاع پایدار در گودبرداری ۶۷
۴-۶-۱- اثر چسبندگی ۶۷
۴-۶-۲- اثرزاویه اصطکاک ۶۸
۴-۶-۳- اثر وزن واحد خاک ۶۸
۴-۶-۴- نمودار φ c- ۶۹
۴-۷-نشست ساختمان درگود مهار نشده ۷۲
۴-۷-۱- اثر پارامترهای موهر - کولمب ۷۲
۴-۷-۲- تاثیر مشخصات ساختمان ۸۰
۴-۷-۳- تاثیر مشخصات فیزیکی و هندسی گود ۸۱
۴-۸- نشست ساختمان در هر مرحله از گودبرداری ۸۴
۴-۹- مکانیزم گسیختگی خاک ۸۴
۴-۱۰- روش تشخیص خطر بر مبنای تئوری رانکین ۸۶
۴-۱۱- حداقل فاصله پایدار ساختمان ۸۹
۴-۱۲- نشست ساختمان درگود مهار شده ۹۱
۴-۱۲-۱- اثر پارامترهای موهر - کولمب ۹۴
۴-۱۲-۲- اثر پارامترهای دیوار دیافراگمی ۱۰۰
۴-۱۲-۳- اثر پارامترهای مهارهای عرضی ۱۰۲
۴-۱۲-۴- تاثیر مشخصات ساختمان ۱۰۶
۴-۱۲-۵- تاثیر مشخصات فیزیکی و هندسی گود ۱۰۹
۴-۱۳- نشست ساختمان در هر مرحله از گودبرداری ۱۱۲
۴-۱۴- تاثیر گود بر ساختمان و تاثیر ساختمان بر گود ۱۱۳
۴-۱۵- اعوجاج ساختمان ۱۱۴
۴-۱۶- آئین نامه شهرداری تهران ۱۱۵
۴-۱۷- اثر آب ۱۱۹
۴-۱۸- تائید مدل ۱۲۰

فصل پنجم: بحث و نتیجه گیری

۵-۱- مقدمه ۱۲۵
۵-۲- نتایج تحلیلها ۱۲۶
۵-۳- پیشنهادات ۱۲۷

پیوست

پ-۱- آئین نامه های موجود ۱۲۸

پ-۲- بررسی موردی ۱۵۱
مراجع ۱۷۰

چکیده

در سال‌های اخیر با افزایش تراکم و تعداد طبقات و نیاز به تأمین پارکینگ و سایر سطوح خدماتی در ساختمان‌ها، عمق گودبرداری نیز بیشتر شده است. گودها می‌توانند باعث انحراف جانبی دیوار و حرکت زمین (حرکت جانبی و نشست سطحی) شوند که ممکن است باعث آسیب به ساختمان‌ها و تجهیزات مجاور شود. با توجه به اینکه در اغلب کارهای انجام شده تغییر مکان ساختمان‌ها تنها در اثر وزن خودشان بوده و تاثیر گودبرداری لحاظ نشده است، بررسی این مسئله ضروری به نظر می‌رسد. در این پایان نامه با کمک نرم افزار PLAXIS به بررسی پارامتری گود پرداخته شده است. از روش تجربی، ارتفاع بحرانی گود به دست آمد و با ارتفاع بحرانی به دست آمده از نرم افزار PLAXIS مقایسه شده و اثر هر یک از پارامترهای موثر(چسبندگی، زاویه اصطکاک و وزن واحد) بر ارتفاع بحرانی بررسی شده است. نتایج نشان می دهد که ارتفاع بحرانی با افزایش چسبندگی و زاویه اصطکاک بیشتر و با افزایش وزن واحد، کمتر می شود. بررسی‌ها برای دو گود مهار نشده و مهار شده انجام شد و اثر پارامترهای خاک (پارامترهای مدل موهر-کولمب)، پارامترهای ساختمان(عرض ساختمان، فاصله ساختمان و تعداد طبقات ساختمان)، پارامترهای گود(عرض و عمق گود و مراحل گودبرداری)، پارامترهای دیوار(ضخامت و عمق مدفون دیوار) و پارامترهای مهارهای عرضی(نوع مهارهای عرضی، فاصله افقی و قائم آن‌ها)بر نشست ساختمان مورد بررسی قرار می‌گیرد. تعدادی از نتایج بدست آمده به این شرح است: نشست ساختمان در اثر وزن خودش در فاز الاستیک می‌باشد. با افزایش مدول الاستیسیته خاک در فاز الاستیک ، بالا آمدگی ساختمان ناشی از گودبرداری کم‌تر خواهد شد و در فاز پلاستیک ، نشست ساختمان ناشی از گودبرداری کم‌تر خواهد شد. در فاز الاستیک با افزایش نسبت پواسون خاک، بالا آمدگی ساختمان ناشی ازگودبرداری کم‌تر و در فاز پلاستیک نشست ساختمان ناشی ازگودبرداری بیش‌تر خواهد شد. در فاز الاستیک با افزایش چسبندگی، زاویه اصطکاک و زاویه اتساع بالا آمدگی ناشی ا ز گودبرداری بیش‌تر شده و در فاز پلاستیک کم‌تر خواهد شد. در فاز الاستیک با افزایش عرض ساختمان و تعداد طبقات ساختمان بالا آمدگی در نتیجه گودبرداری کاهش می‌یابد و با افزایش فاصله ساختمان از لبه گود بالا آمدگی افزایش می یابد. در فاز پلاستیک با افزایش تعداد طبقات ساختمان، نشست ناشی ازگودبرداری افزایش می‌یابد و با افزایش فاصله ساختمان از لبه گود و عرض ساختمان نشست کاهش می یابد.در فاز الاستیک با افزایش عرض گود، بالا آمدگی در نتیجه گودبرداری افزایش می‌یابد. در فاز پلاستیک با افزایش عرض گود نشست ناشی از گودبرداری کاهش و با افزایش عمق گود نشست افزایش می‌یابد. در فاز الاستیک با افزایش ضخامت دیوار و عمق مدفون دیوار بالاآمدگی در نتیجه گودبرداری کاهش و در فاز پلاستیک نشست ناشی از گودبرداری کاهش می‌یابد. درفاز الاستیک با افزایش سختی مهار، بالاآمدگی افزایش می‌یابد و با افزایش فاصله افقی و قائم مهارها بالاآمدگی کاهش می‌یابد. در فاز پلاستیک با افزایش سختی مهار، نشست کاهش می‌یابد و با افزایش فاصله افقی و قائم مهارها نشست افزایش می‌یابد. هم‌چنین آئین نامه شهرداری تهران با نتایج این کار بررسی شده است.

کلمات کلیدی: گودبرداری ، ساختمان مجاور، مدل موهر-کولمب

فصل اول
مقدمه

۱-۱ کلیات

گودبرداری درمواردی انجام می شود که باید تمام یا قسمتی از ساختمان، پایین تر از سطح طبیعی زمین احداث شود. در بسیاری ازمحل‌ها اندازه کوچک قطعات زمین و فاصله ناچیز ساختمان‌ها از یکدیگر موجب می‌شودکه گودبرداری امری دلهره‌آور و نگران کننده برای مالکان ساختمان‌ها و همسایگان باشد. در سال‌های اخیر با افزایش تراکم و تعداد طبقات و نیاز به تأمین پارکینگ و سایر سطوح خدماتی در ساختمان‌ها، عمق گودبرداری نیز بیشتر شده است، اما در بیشتر موارد از همان روش‌های سنتی استفاده می‌شود که در گودهای کم عمق گذشته استفاده می‌شده است. متأسفانه هنوز بسیاری از افراد فکر می‌کنند که به کارگیری تمهیدات ایمنی لازم در گودبرداری هزینه و زمان بیهوده‌ای را به کار تحمیل می‌کند، در حالی‌که گودبرداری اصولاً جزو کارهای پیچیده و بسیار خطرناک مهندسی محسوب می‌شود و به ویژه در گودهای با عمق زیادتر نیازمند بررسی‌های همه جانبه، دقت و نظارت و در نهایت صرف وقت و هزینه قابل ملاحظه‌ای است تا جان و مال مردم از این طریق به خطر نیافتد. با این حال عدم آشنایی به اصول فنی، سهل‌انگاری و یا سودجویی غیرمسئولانه منجر به ایجاد حادثه می‌شود.

موارد ایمنی مربوط به گودبرداری را می‌توان در سه دسته عمده زیر قرار داد:

- ایمنی کارکنان داخل و اطراف گود و عابران و وسایل نقلیه در مقابل حوادث احتمالی به ویژه خطر ریزش گود

- جلوگیری از خطر آسیب‌دیدگی و تخریب ساختمان‌های مجاور گود در اثر گودبرداری یا ریزش گود

- جلوگیری از خطر آسیب‌دیدگی تاسیسات و شریان‌های شهری در اثر گودبرداری یا ریزش گود

موارد زیر علامت خطرناک بودن گود بوده و بررسی‌ها و احتیاط‌های همه‌جانبه بیشتری را ضروری می‌کنند:

الف- ضعیف و یا حساس بودن ساختمان مجاور: مواردی نظیر عدم وجود اسکلت، ضعیف بودن ملات دیوارها و علائم ضعف اجرایی ساختمان، وجود ترک و شکستگی یا نشست و شکم‌دادگی دیوارها، از این جمله‌اند

ب- ضعیف بودن خاک: معمولاً هر چه خاک محل ضعیف‌تر باشد خطر بیشتری برای ریزش گود و تخریب ساختمان‌های مجاور وجود دارد. خاک‌های دستی بارزترین نمونه خاک‌های ضعیف هستند.

ج- عمیق بودن گود: معمولاً هرچه عمق گود بیشتر شود خطر بیشتری کارکنان و ساختمان‌های مجاور را تهدید می‌کند. در سال‌های اخیر با افزایش تراکم ساختمانی، نیاز به پارکینگ و انباری و سطوح مشاع دیگر افزایش یافته و باعث افزایش تعداد طبقات زیرزمین شده است

د- مدت بازماندن گود: معمولاً با افزایش زمان بازماندن گود حتی اگر بارندگی یا تغییرات جوی مطرح نباشد خطر ریزش گود بیشتر می‌شود، یکی از علت‌های این پدیده خزش می‌باشد.

و- آب‌های سطحی و زیرسطحی: بالا بودن سطح عمومی آب‌های زیرزمینی در منطقه معمولاً عملیات آبکشی جهت پایین انداختن سطح آب زیرزمینی را ضروری می‌سازد. معمولاً وجود سطح آب زیرزمینی بالا خطر ریزش گود را افزایش می‌دهد به ویژه بعد از چند روز از انجام عملیات گودبرداری و رسیدن سطح آب زیرزمینی به تعادل

از آنجایی که اجرای گودبرداری در خاک‌ها معمولا همراه با مشکلات اساسی می باشد و خاک‌ها نسبت به تغییر شکل حساس بوده و ممکن است مقاومت برشی کافی نداشته باشند و موجب آسیب رسانی به سازه‌های مجاور

گردند، بنابراین، جلوگیری از آسیب رسیدن به ساختمان‌های مجاور گود برداری یک مسئله بسیار مهم می باشد. گود برداری در مجاورت ساختمان‌ها احتمالا منجر به آسیب‌های ساختاری در طی اجرای پروژه در مناطق شهری می شود که این آسیب‌ها به شرح زیرند:

- نشست اضافی یا کج شدن ساختمان‌های جدید
- نشست تحکیمی ساختمان‌های قدیمی نزدیک ساختمان‌های بنا شده جدید
- نشست نامطلوب گود برداری‌ها روی سازه‌های مجاور

گودها از لحاظ ابعاد وهم چنین از نظر پایداری به گروه‌های زیر تقسیم بندی می‌شوند.

از نظر ابعاد: گود باز و گود ترانشه ای

گود باز: به گودی گفته می شود که عرض آن نسبت به عمق بیشتر باشد.
گود ترانشه ای : به گودی گفته می شود که عمق نسبت به عرض کف بیشتر باشد.

از نظر پایداری : گود مهار شده و گود مهار بندی نشده

گود مهار بندی نشده: گودی است که در شرایط طبیعی پایدار است.
گود مهار شده: در شرایط طبیعی پایدار نیست و نیاز به مهار دارد که پایدار سازی جداره گودها با استفاده از سازه‌های حائل و سیستم‌های نگه دارنده صورت می گیرد. سیستم‌های حائل شامل روش‌هایی مثل شمع‌های پشت بند، دیوار دیافراگمی، سپرکوبی و سیستم‌های نگه داری شامل روش‌هایی مثل مهاربند، دوخت به پشت، مهارهای عرضی، سیستم‌های مهاربندی خرپائی و میخکوبی می‌باشد.

۱-۲ پیشینه علمی،لزوم انجام تحقیق وهدف پایان نامه

مطالعات اولیه پاسخ زمین و ساختمان در اثر گودبرداری توسط" اسکمپتن" و "مکدونالد"(۱۹۵۷)، "بیروم"(۱۹۶۳)، "مایرهوف"(۱۹۵۳و۱۹۵۶)، پلوشین" و "تکار"(۱۹۵۷)، "بورلند" و "راث"(۱۹۷۴) و "والز" (۱۹۸۱)انجام شده که نشست ساختمان تحت اثر وزن خودش را بررسی کردند. "مارکو" و همکاران (۱۹۸۹)اثر گود برداری بر پاسخ ساختمان را نیز بررسی کردند[1] . "کلاف" و "اوروک" (۱۹۹۰)کار "پک"(۱۹۶۹)را توسعه دادند و به صورت تجربی نشست را حساب کردند[2]. "کوردینگ" (۱۹۸۵)یک ابزار برای بررسی توزیع حرکت زمین پشت دیوار گودبرداری بر مبنای روابط حجمی روی مشاهدات میدانی تحقیقاتی فراهم کرده است[3]. "ایو" و

همکاران(۱۹۹۳) اطلاعات میدانی را گردآوری و آنالیز کردند و گستره تاثیر آشکار[۱](AIR) بر روی سازه‌های مجاور را تعیین کردند[4]. اخیرا" یو"(۲۰۰۱) اطلاعات میدانی روی حرکات دیوار جانبی برای خاک‌های منتهی شده با سنگ را در بیش از ۶۰ محل گودبرداری متفاوت به دست آورده و اطلاعات را با انواع دیوارها وسازه‌های نگهبان آنالیز کرده است[5].

روش اجزای محدود به صورت گسترده در مطالعات حرکت دیوار و زمین همراه گود برداری عمیق مورد توجه قرار گرفته است. مطالعات توسط "کلاف" و همکاران(۱۹۷۹)، "مانا" و "کلاف" (۱۹۸۱)، "ونگ" و "برامس" (۱۹۷۴) و "هشاش" و" ویتل"(۱۹۹۶) به منظور پیش بینی حرکات دیوار برای گودبرداری در خاک نرم انجام شده است[6] .

با توجه به اینکه در اغلب کارهای انجام شده تغییر مکان ساختمان‌ها تنها در اثر وزن خودشان بوده و تاثیر گودبرداری لحاظ نشده است بنابراین در پروژه تحقیقی حاضر تاثیر گود برداری بر نشست ساختمان‌های مجاور بررسی می‌گردد. در این بررسی موارد زیر مورد نظر است:

الف)تاثیر گود برداری بر پایداری آن بدون وجود ساختمان‌های موجود با توجه به عمق و نوع خاک و زمان

ب)بررسی تاثیر گود برداری‌های پایدار بر ساختمان‌های مجاور آن با در نظر گرفتن:

۱)فاصله ساختمان

۲)وسعت و بزرگی ساختمان

۳)سنگینی حاصل از ساختمان

٤)مقدار مجاز تغییر شکل آن

روش تحقیق در پایان نامه حاضر، مبتنی بر محاسبات و تحلیل‌های نرم افزاری است که توسط نرم افزار PLAXIS صورت گرفته است.

۱-۳ معرفی فصول پایان نامه

این پایان نامه در پنج فصل تنظیم شده است که در ادامه توضیح مختصری ارائه می‌شود.

---

[۱] Apparent influence range

در فصل اول کلیاتی راجع به موضوع پایان نامه، لزوم انجام تحقیق، چهارچوب کلی و نیز فصل بندی پایان نامه ارائه شده است.

فصل دوم شامل پژوهش‌های پیشینیان و ادبیات فنی موضوع می‌باشد.

فصل سوم به معرفی نرم افزارPLAXIS و روش‌ها، مراحل و جزئیات مدل سازی و معادلات حاکم بر مسئله می‌باشد.

نتایج حاصل از مطالعات پارامتریک به همراه تجزیه و تحلیل این نتایج در فصل چهارم ارائه شده است. این مطالعات با هدف بررسی پایداری گود، تاثیر وجود ساختمان مجاور و چگونگی تاثیر پارامترهای خاک، پارامترهای سیستم نگه دارنده و سیستم حائل می‌باشد.

در نهایت فصل پایانی جمع بندی و نتیجه گیری می‌باشد.

فصل دوم

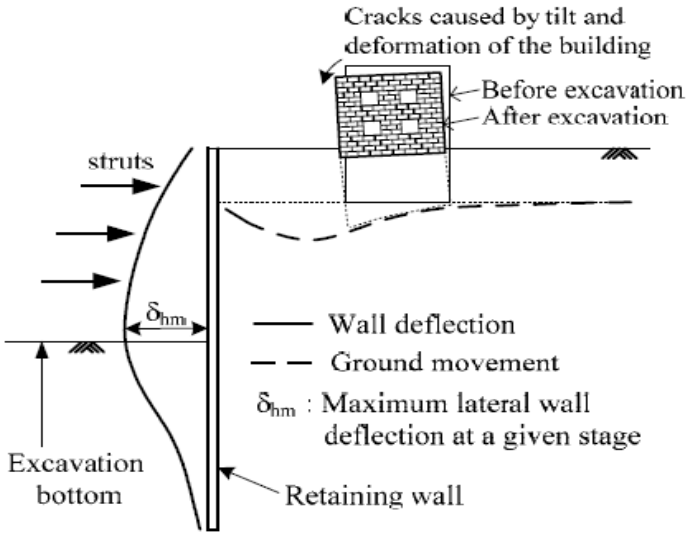
پیش زمینه و بررسی کارهای مشابه

۲-۱ مقدمه

در بسیاری از ساخت وسازها گودبرداری لازم می‌باشد و گودها می‌توانند باعث انحراف جانبی دیوار و حرکت زمین(شامل حرکت جانبی و نشست سطحی) شوند که ممکن است باعث آسیب به ساختمان‌ها و تجهیزات مجاور شود، بنابراین شناخت کافی از نحوه اجرا، عملکرد و رفتار خاک و رفتار ساختمان ضروری می‌باشد. در این فصل سعی شده است که در ابتدا روش‌های پیش بینی اثرات گودبرداری ارائه شود و سپس کلیه منابع در دسترس در رابطه با مطالعات و تحقیقات انجام شده در این زمینه بررسی گردد.

۲-۲ روش‌های پیش بینی اثرات گود برداری

گودها می‌توانند باعث انحراف جانبی دیوار و حرکت زمین(شامل حرکت جانبی و نشست سطحی) شوند. این اثرات در شکل۲- ۷ دیده می‌شود که شامل انحراف دیوار، حرکت زمین و پاسخ ساختمان می باشد [7] .



شکل۲-۱- اثرات گود برداری (انحراف دیوار، حرکت زمین و پاسخ ساختمان) [7]

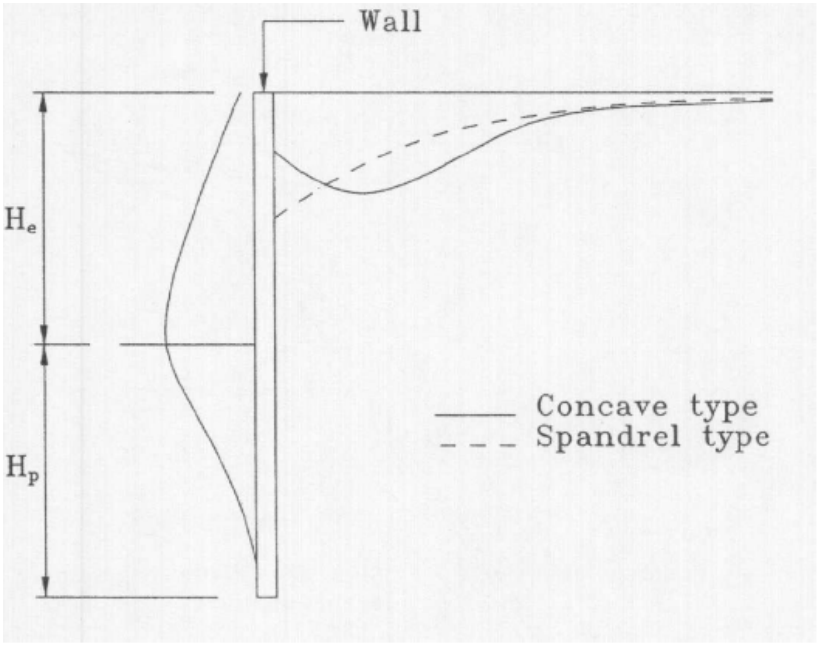
همان طور که در شکل۲-۲ دیده می‌شود دو نوع پروفیل نشست در نتیجه گودبرداری وجود دارد[8].

۱-نوع نشست کاهشی[۱]: ماکزیمم نشست سطحی در کنار دیوار گود اتفاق می‌افتد.

۲-نوع مقعر: ماکزیمم نشست سطحی در فاصله ای از دیوار اتفاق می‌افتد.

اندازه و شکل انحراف دیوار بر نوع پروفیل نشست موثر است. اگر در مرحله اولیه گودبرداری مقدار زیادی انحراف دیوار اتفاق بیفتد و انحراف دیوار در مراحل بعدی نسبتا کم باشد و دیوار یک انحراف نوع طره ای داشته باشد پروفیل نشست از نوع نشست کاهشی می‌باشد. در عوض اگر در مراحل اولیه گودبرداری مقدار کمی انحراف دیوار اتفاق بیفتد و انحراف دیوار در مراحل بعدی نسبتا زیاد باشد پروفیل نشست از نوع مقعر می‌باشد[8].

[۱] spandrel



شکل۲-۲- دو نوع پروفیل نشست در نتیجه گودبرداری[8]

چندین روش برای پیش بینی حرکت خاک پشت یک گود تقویت شده وجود دارد :

- تجربی و نیمه تجربی
- عددی (اجزای محدود وتفاضل محدود)

روش‌های تجربی در شرایطی قابلیت استفاده را دارد که خاک موجود مشابه خاک استفاده شده در کارهای پیشین باشد. در حال حاضر روش اجزا محدود به خاطر نرم افزارهای موجود اهمیت زیادی دارد. در زیر به شرح مختصری از هر روش پرداخته می‌شود.

۲-۲-۱ روش تجربی و نیمه تجربی

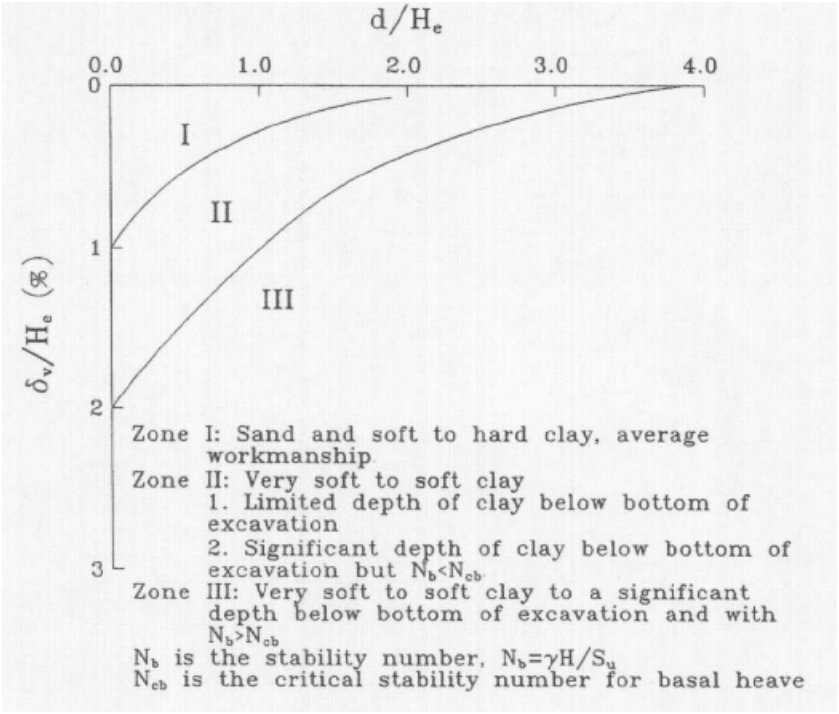
تعدادی روش تجربی و نیمه تجربی برای تخمین ماکزیمم انحراف دیوار و پروفیل نشست سطحی وجود دارد. تخمین ماکزیمم انحراف دیوار در پژوهش‌های"مانا" و "کلاف" [9]، "ونگ" و "برامس"[10]، "کلاف" و "اروورک" [2]، "هشاش" و "ویتل" [11] ،"آدنبروک" و همکاران [12]دیده می‌شود و پروفیل نشست سطحی در کار "پک"[13] "مانا" و "کلاف" [9]، "کلاف" و "اروورک" [2]"ایو" و همکاران[4]، "هشاش" و "ویتل" [14] "سیه" و "ایو" [8] وجود دارد. رفتار تغییر شکل یک گود مهار شده ممکن است تحت تاثیر فاکتورهایی مثل عرض و عمق گود،

سختی دیوار، فضای پایه‌ها، سختی سازه و پیش بار گذاری‌های روی پایه، عمق لایه‌های سخت زیرین، سختی خاک و توزیع مقاومت، عملکرد آب گیری و تحکیم و خزش خاک باشد[15].

اخیرا چندین روش تجربی در عملیات مهندسی استفاده می‌شود که در زیر ارائه شده است.

روش "پک"(۱۹۶۹)

اولین روش برای تخمین نشست حاصل از گودبرداری برای سیستم دیوارهای در محل توسط "پک"(۱۹۶۹) ارائه شده است. نمودار طراحی توسط "پک" بر مبنای اطلاعات گرد آوری شده برای نشست زمین مجاور برای دیوار سپر کوبی شده با مهار موقت ودیوارهای شمعی با سختی کم کامل شده است. با استفاده از طراحی‌های جدیدتر (استفاده از دیوار دیافراگمی) برای دیوارهای سخت تر نیز ارائه شده است[13].



شکل۲-۳- نمودار طراحی توسط "پک" برای نشست زمین مجاور[13]

روش "باولز"(۱۹۸۸)

"باولز"(۱۹۸۸) یک روش برای پیش بینی پروفیل نشست از نوع نشست کاهشی ارائه داده است که به شرح زیر است[16].

- بر آورد انحراف جانبی دیوار

- محاسبه حجم حرکت جانبی خاک(V_s)
- بر آورد منطقه اثر با استفاده از روش زیر :

$$D = (H_e + H_d) * \tan\left(45 - \frac{\varphi}{2}\right) \quad ۱-۲$$

H_eعمق نهایی گودبرداری وφ زاویه اصطکاک داخلی و برای خاک‌های چسبنده H_d =B و برای خاک‌های غیر چسبنده $H_d = 0.5 * B * \tan(45 + \varphi/2)$ می‌باشد.

- تخمین ماکزیمم نشست سطحی(δ_{vm}) که در نزدیک دیوار اتفاق می‌افتد.

$$\delta_{vm} = {}^{4v_s}/_{D} \quad ۲-۲$$

- منحنی نشست که سهمی شکل است از فرمول زیر به دست می‌آید.

$$\delta_v = \delta_{vm} * ({}^{x}/_{D})^2 \quad ۳-۲$$

x/D فاصله نرمال شده از دیوار می‌باشد[16].

روش "کلاف" و "اروورک (۱۹۹۰)"

"کلاف" و "اروورک" (۱۹۹۰)یک نمودار نیمه تجربی برای تخمین δ_{vm} برای رس‌های نرم تا متوسط ارائه داده اند که این نمودار گسترده ترین روش استفاده شده برای تخمین اولیه ماکزیمم انحراف جانبی دیوار است که در شکل۲-۴ نشان داده شده است[2] .