بسم الله الرحمن الرحیم

دانشگاه تفرش

دانشکده مهندسی عمران

پایان نامه کارشناسی ارشد

بررسی اثر پیش تنیدگی برروی پایداری داخلی دیوارهای میخ کوبی شده تحت بارهای استاتیکی و لرزه ای

استاد راهنما:

آقای دکتر ناصر عرفاتی

دانشجو:

هومن آیت

۱۳۹۰

تقدیم به پدر و مادر عزیزم

خدای را بسی شاکرم که از روی کرم پدر و مادری فداکار نصیبم ساخته تا در سایه درخت پربار وجودشان بیاسایم

و از ریشه آنها شاخ و برگ گیرم

و از سایه وجودشان در راه کسب علم و دانش تلاش نمایم.

والدینی که بودنشان تاج افتخاری است بر سرم و نامشان دلیلی است بر بودنم چرا که این دو وجود پس از پروردگار،

مایه هستی ام بوده اند دستم را گرفتند و راه رفتن را در این وادی زندگی پر از فراز و نشیب آموختند.

آموزگارانی که برایم زندگی، بودن و انسان بودن را معنا کردند

حال این برگ سبزی است تحفه درویش تقدیم آنان....

تاریخ : ۹۰/۷/۱۹

شماره : ۶۵۴۹/۱۴۰۰۰

پیوست : .....

دانشگاه تفرش

مدیریت تحصیلات تکمیلی

صورتجلسه دفاعیه پایان نامه کارشناسی ارشد

نام و نام خانوادگی : هومن آیت شماره دانشجویی : ۸۷۳۱۴۲۰۰۳ دانشکده : مهندسی عمران

رشته تحصیلی/گرایش : مهندسی عمران/ مکانیک خاک و پی

عنوان پروژه : بررسی اثر پیش تنیدگی در پایداری داخلی دیوارهای میخکوبی شده تحت بارهای استاتیکی و لرزه ای

تعداد واحد : ۶ تاریخ تصویب : ۸۸/۰۹/۳۰ تاریخ دفاع : ۹۰/۰۶/۳۱

نمره نهایی : ۱۷/۵ به عدد : ۱۷/۵ به حروف : هفده و نیم

هیات داوران	نام و نام خانوادگی	رتبه علمی	محل اشتغال	امضاء
استاد راهنما	دکتر ناصر عرفاتی	استادیار	دانشگاه تفرش	
داور خارجی	دکتر علی اصغر لادریان	استادیار	دانشگاه اراک	
داور داخلی	دکتر حمید رضا صبا	استادیار	دانشگاه تفرش	صبا ۹۰/۷/۱۱
نماینده تحصیلات تکمیلی	دکتر حمید رضا صبا	استادیار	دانشگاه تفرش	صبا ۹۰/۷/۱۱

رئیس دانشکده : دکتر محمد قاسم سحاب

امضاء :

تاریخ :

مهر :

دانشگاه تفرش گروه مهندسی عمران

مدیر تحصیلات تکمیلی دانشگاه : دکتر حمید رضا دهقانپور

امضاء :

تاریخ : ۹۰/۷/۱۹

مهر :

دانشگاه تفرش اداره کل تحصیلات تکمیلی

به نام یزدان پاک

ای هستی بخش، وجود مرا بر نعمات بی کرانت توان شکر نیست ذره ذره وجودم برای تو و نزدیک شدن به تو می تپد. الهی مرا مدد کن تا دانش اندکم نه نردبانی باشد برای فزونی تکبر و غرور، نه حلقه ای برای اسارت و نه دست مایه ای برای تجارت، بلکه گامی باشد برای تجلیل از تو و متعالی ساختن زندگی خود و دیگران .

حال که توفیق جمع آوری و تهیه این مجموعه را یافته ام بر خود واجب می دانم از تمامی عزیزانی که در طی انجام این پژوهش از راهنمایی و یاری شان بهره مند گشته ام تشکر و قدردانی کنم و برای ایشان از درگاه پروردگار مهربان آرزوی سعادت و پیروزی نمایم .

در ابتدا صمیمانه ترین تقدیرها تقدیم به خانواده عزیز و مهربانم که همواره حامی و مشوقم بوده اند و پیمودن روزهای سخت و آسان زندگی ام بدون دعای خیر، و برکت وجودشان غیرممکن بود .

از استاد راهنمای ارجمند جناب آقای دکتر ناصر عرفاتی که با سعه صدر و صبوری مرا راهنمایی نموده و با ارائه نظرات سازنده و رهنمودهای بی دریغشان در پیشبرد این پایان نامه سعی تمام مبذول داشتند، کمال تشکر را دارم .

از تمامی همکارانم در شرکت مهندسین مشاور پی کاو به خصوص جناب آقای مهندس قاسم غلامپور، جناب آقای مهندس محمد حسین غلامپور و جناب آقای مهندس لهراسب کیخسروپور کمال قدر دانی و تشکر را دارم که بدون رهنمودهای ایشان انجام این تحقیق غیر ممکن بود.

از داوران محترم که زحمت بازخوانی و داوری این مجموعه را به عهده داشتند، صمیمانه تشکر و قدردانی می نمایم . از کلیه اساتید گرانقدر گروه که در دوران تحصیل از محضرشان کسب فیض نمودم، تشکر می نمایم .

و در نهایت از تمامی دوستان و هم کلاسیهای عزیزم که در طول این مدت افتخار آشنایی و مصاحبت با آنها را داشتم، به پاس محبت های بی دریغشان سپاسگزارم .

چکیده

میخکوبی روش مسلح کردن درجای خاک می باشد. که در طول ۲ دهه گذشته عمدتاً در فرانسه و آلمان برای سیستم نگهدارنده ترانشه ها و پایداری شیب ها استفاده شده است. مفهوم پایه ای میخ کوبی شامل مسلح کردن زمین توسط المان های نزدیک هم، به منظور ایجاد سازه ثقلی منسجم می باشد و بدین وسیله مقاومت برشی کلی خاک محل افزایش می یابد و جابجایی آن محدود می شود. این تکنیک از توسعه "روش جدید حفر تونل اتریشی" آغاز شد که شاتکریت مسلح را با سنگ دوزها ترکیب کرد تا یک سیستم حائل انعطاف پذیر برای حفاری ایجاد کند

اغلب میخ ها به عنوان یک المان تک بعدی که فقط مکانیسم کششی دارد، در نظر گرفته می شود. اما این المان نیز در خاک دچار تغییر شکل های خمشی شده، بنابراین ممان های پیش بینی نشده ای در میخ ها به خصوص در ناحیه اتصال به شاتکریت و ناحیه گیرداری ایجاد می شود.

در سال های اخیر نوع جدیدی از میخ ها تولید شده است که قابلیت پیش تنیده شدن دارد. در این تحقیق به مطالعه و بررسی میخ های پیش تنیده در سه حالت استاتیک، دینامیک و انفجار بر روی یک خاکبرداری به ارتفاع پانزده متر در یک خاک ماسه ای ضعیف می پردازیم و با تغییر ضخامت شاتکریت و ضریب پیش تنیدگی در میخ ها، برروی گسیختگی داخلی دیوار میخ کوبی شده تمرکز می کنیم. تمامی تحلیل ها توسط نرم افزار اجزاء محدود دو بعدی PLAXIS صورت گرفته است.

نتایج نشان می دهد که پیش تنیدگی تاثیر مثبتی بر روی کاهش جابجایی افقی (تا ۳۰ درصد) در شرایط استاتیک داشته است. اما در شرایط زلزله و انفجار پیش تنیدگی چندان موثر واقع نشد. همچنین پیش تنیدگی باعث کاهش ممان مخرب ایجاد شده در میخ ها در ناحیه اتصال به شاتکریت می شود. ممان ایجادشده، در ناحیه اتصال به شاتکریت میخ های بالایی خاکبرداری (در این تحقیق میخ های شماره ۱ تا ۵) در ۰/۲ تا ۰/۳ تنش تسلیم میخ تقریبا صفر می شود. در میخ های پایینی (در این تحقیق میخ های ۶ تا ۱۰) پیش تنیدگی نمی تواند ممان ایجاد شده در ناحیه اتصال به شاتکریت را صفر کند ولی باعث کاهش این ممان مخرب تا حدود ۳۰ درصد می گردد. لازم به ذکر است که پیش تنیدگی در مقادیر ۰/۱ تا ۰/۶ تنش تسلیم میخ صورت گرفته است.

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فصل اول

۱-۱- مقدمه ۵

۱-۲- خلاصه دانش روز سیستمهای حائل گودبرداری ۵

۱-۳- انواع سیستمهای حائل گودبرداری موجود در شهر NABLUS ۷

۱-۴- پایگاه اطلاعاتی دیوارهای حائل گودهای عمیق (بررسی موردی شهر WUHAN) ۹

۱-۵- پایگاه اطلاعاتی روشهای کنترل آب زیرزمینی (بررسی موردی شهر WUHAN) ۱۰

۱-۶- طراحی دیوار حائل و سیستم نگهداری گود عمیق (تجربیات در مالزی) ۱۰

۱-۷- طراحی دیوار حائل برای گود عمیق ۱۲

۱-۸- جابجایی زمین مرتبط با گودبرداری ۱۵

۱-۹- ملاحظات ارزیابی پاسخ ساختمان به گودبرداری ۱۵

فصل دوم

۲-۱- اصول و مفاهیم پایه ۱۸

۲-۲- محتویات و تکنیکهای نصب ۱۹

۲-۳- رویه و نما در سیستمهای حائل میخکوبی شده ۲۱

۲-۴- زهکشی ۲۲

۲-۵- اندرکنش خاک- میخ ۲۳

۲-۶- تخمین ظرفیت بیرون کشش از آزمایشات درجا ۲۴

۲-۷- معیار کاربری، مزایا و محدودیتها (میخ و مهار) ۲۵

۲-۸- ارزیابی امکان سنجی (میخ و مهار) ۲۷

۲-۹- عملکرد کوتاه مدت ۲۷

۲-۱۰- عملکرد بلندمدت ۲۸
۲-۱۱- ملاحظات دوام ۲۸
۲-۱۲- طراحی سیستم حائل خاک میخکوبی شده ۲۹
۲-۱۳- تحلیل پایداری موضعی ۳۷
۲-۱۴- تحلیل پایداری کلی ۳۸
۲-۱۵- ارزیابی شیوه های تحلیل پایداری کلی ۴۰
۲-۱۶- طراحی المان دیواره (نما) ۴۱
۲-۱۷- تحلیل پایداری و طراحی سیستم جدید میخکوبی پیش تنیده در کره ۴۳

فصل سوم

۳-۱- نرم افزار PLAXIS ۴۸
۳-۲- صحت سنجی نرم افزار PLAXIS ۴۸

فصل چهارم

۴-۱- مطالعه پارامتریک دیوار های قائم میخ کوبی شده به کمک نرم افزار PLAXIS ۵۷
۴-۲- پیش تنیدگی ۶۱
۴-۳- اثر دینامیکی زلزله ۶۵
۴-۴- اثر انفجار ۶۶
۴-۵- بررسی تغییر ضخامت شاتکریت ۶۸
۴-۶- لنگر در میخ ها ۷۵
۴-۷- لنگر در ناحیه گیرداری میخ و بحث PULL OUT ۷۸
۴-۸- اثر پیش تنیدگی ۸۲

فهرست جداول

جدول ۱- ۱ ..... ۸

جدول ۱- ۲ ..... ۹

جدول ۱- ۳ ..... ۱۰

جدول ۱- ۴ ..... ۱۶

جدول ۱- ۵ ..... ۱۶

جدول ۲- ۱ ..... ۳۰

جدول ۳- ۱ ..... ۵۰

جدول ۳- ۲ ..... ۵۲

جدول ۳- ۳ ..... ۵۳

جدول ۴- ۱ ..... ۵۶

جدول ۴- ۲ ..... ۶۲

فهرست اشکال

شکل ۱- ۱ ..... ۷

شکل ۱- ۲ ..... ۸

شکل ۱- ۳ ..... ۱۲

شکل ۱- ۴ ..... ۱۳

شکل ۱- ۵ ..... ۱۴

شکل ۱- ۶ ..... ۱۴

شکل ۱- ۷ ..... ۱۵

شکل ۱- ۸ ..... ۱۵

شکل ۲- ۱ ..... ۱۸

شکل ۲- ۲ ..... ۲۰

شکل ۲- ۳ ..... ۲۰

شکل ۲- ۴ ..... ۲۱

شکل ۲- ۵ ..... ۲۲

شکل ۲- ۶ ..... ۲۲

شکل ۲- ۷ ..... ۲۳

شکل ۲- ۸ ..... ۲۴

شکل ۲- ۹ ..... ۲۴

شکل ۲- ۱۰ ..... ۲۷

شکل ۲- ۱۱ ..... ۲۸

شکل ۲- ۱۲ ..... ۲۹

شکل ۲- ۱۳ ..... ۳۰

شکل ۲- ۱۴ ..... ۳۱

شکل ۲- ۱۵ ..... ۳۲
شکل ۲- ۱۶ ..... ۳۲
شکل ۲- ۱۷ ..... ۳۳
شکل ۲- ۱۸ ..... ۳۴
شکل ۲- ۱۹ ..... ۳۵
شکل ۲- ۲۰ ..... ۳۵
شکل ۲- ۲۱ ..... ۳۶
شکل ۲- ۲۲ ..... ۳۸
شکل ۲- ۲۳ ..... ۳۹
شکل ۲- ۲۴ ..... ۳۹
شکل ۲- ۲۵ ..... ۴۰
شکل ۲- ۲۶ ..... ۴۲
شکل ۲- ۲۷ ..... ۴۲
شکل ۲- ۲۸ ..... ۴۳
شکل ۲- ۲۹ ..... ۴۳
شکل ۲- ۳۰ ..... ۴۴
شکل ۲- ۳۱ ..... ۴۴
شکل ۲- ۳۲ ..... ۴۵
شکل ۲- ۳۳ ..... ۴۵
شکل ۲- ۳۴ ..... ۴۵
شکل ۲- ۳۵ ..... ۴۵
شکل ۲- ۳۶ ..... ۴۵
شکل ۲- ۳۷ ..... ۴۶

شکل ۳- ۱ ..... ۴۸
شکل ۳- ۲ ..... ۴۹
شکل ۳- ۳ ..... ۵۰
شکل ۳- ۴ ..... ۵۱
شکل ۳- ۵ ..... ۵۳
شکل ۳- ۶ ..... ۵۴
شکل ۴- ۱ ..... ۵۷
شکل ۴- ۲ ..... ۵۸
شکل ۴- ۳ ..... ۵۹
شکل ۴- ۴ ..... ۶۱
شکل ۴- ۵ ..... ۶۱
شکل ۴- ۶ ..... ۶۲
شکل ۴- ۷ ..... ۶۳
شکل ۴- ۸ ..... ۶۴
شکل ۴- ۹ ..... ۶۵
شکل ۴- ۱۰ ..... ۶۵
شکل ۴- ۱۱ ..... ۶۶
شکل ۴- ۱۲ ..... ۶۷
شکل ۴- ۱۳ ..... ۶۷
شکل ۴- ۱۴ ..... ۶۸
شکل ۴- ۱۵ ..... ۶۹
شکل ۴- ۱۶ ..... ۷۰
شکل ۴- ۱۷ ..... ۷۱

شکل ۴- ۱۸ ..... ۷۲
شکل ۴- ۱۹ ..... ۷۳
شکل ۴- ۲۰ ..... ۷۴
شکل ۴- ۲۱ ..... ۷۵
شکل ۴- ۲۲ ..... ۷۶
شکل ۴- ۲۳ ..... ۷۷
شکل ۴- ۲۴ ..... ۷۸
شکل ۴- ۲۵ ..... ۷۹
شکل ۴- ۲۶ ..... ۷۹
شکل ۴- ۲۷ ..... ۸۰
شکل ۴- ۲۸ ..... ۸۱
شکل ۴- ۲۹ ..... ۸۱
شکل ۴- ۳۰ ..... ۸۳
شکل ۴- ۳۱ ..... ۸۵
شکل ۴- ۳۲ ..... ۸۶
شکل ۴- ۳۳ ..... ۸۸
شکل ۴- ۳۴ ..... ۹۰
شکل ۴- ۳۵ ..... ۹۱
شکل ۴- ۳۶ ..... ۹۳

پیشگفتار:

میخ کوبی خاک یک روش تسلیح در جای خاک می باشد که امروزه در موارد مختلف از جمله پایدار سازی شیبها و شیروانی ها مورد توجه بسیاری از مهندسین ژئوتکنیک قرار گرفته است. در این زمینه همواره میخ ها به عنوان عضو هایی تک بعدی که فقط قابلیت تحمل کشش را دارند در نظر گرفته شده اند و طراحی هندسه ی میخ ها با توجه به میزان نیروی کششی ایجاد شده در میخ می باشد. در این تحقیق بحث وجود لنگر در میخ به عنوان یک پارامتر مخرب میخ در دیوارهای دارای جابجایی زیاد مطرح شده و با کمک شبیه سازی با نرم افزار اجزاء محدود دو بعدی Plaxis برای رفع این مشکل پیش تنیده کردن میخ پیشنهاد می گردد در این پایان نامه این مسئله به تفصیل مورد بررسی قرار گرفته و بخش مختلف این مطالعه به قرار زیر است:

- *فصل اول: مقدمه*
- *فصل دوم: میخ کوبی*
- *فصل سوم: صحت سنجی نرم افزار Plaxis*
- *فصل چهارم: مطالعه پارامتریک*

فصل اول

مقدمه

۱.۱- مقدمه

سیستم‌های نگهدارنده مهارها (soil anchor) و میخ‌ها (soil nail)، برای پایداری سازه‌های مهندسی و طبیعی طراحی می‌شوند تا جابجایی آن‌ها را با استفاده از المان‌های مقاومتی-کششی مهار کنند. مفاهیم پایه طراحی شامل انتقال نیروهای مقاوم کششی در مهار و میخ داخل زمین است که توسط اصطکاک و یا چسبندگی بسیج شده در فصل مشترک (interface) ایجاد می‌شود. این سیستم‌ها اجازه استفاده مؤثر از زمین برای ایجاد سازه نگهدارنده قائم را می‌دهند. این سیستم‌ها فواید فنی مهمی در برابر دیوارهای حائل صلب وزنی (conventional rigid gravity retaining wall) و یا سیستم مهارهای خارجی (external bracing system) دارند که منجر به کاهش هزینه و زمان ساخت می‌شود. استفاده از این سیستم‌ها در سازه‌های دائمی نیازمند ارزیابی دقیق دوام المان‌های سازه‌ای و عملکرد بلند مدت سیستم می‌باشد. انواع مختلف مهار و میخ، سیستم‌های محافظ خورندگی و روش‌های نصب، توسط پیمانکاران گسترش یافته‌اند.

در بعضی موارد کار ساخت نیازمند گودبرداری با شیب قائم یا نزدیک به قائم است و دیواره‌های گود نیاز به حفاظت از طریق سیستم مهاری موقتی دارند تا مساحت گودبرداری را حداقل کند، دیواره‌های گود عمیق را پایدار نگهدارد، سرعت و کیفیت ساخت پروژه را ارتقاء دهد و اطمینان حاصل دهد که آسیب‌های محتمل رخ نخواهد داد. علیرغم اهمیت زیاد سیستم‌های حائل گودبرداری، اکثر طراحان و پیمانکاران اطلاعات کمی درباره طراحی و ساخت دارند و بیشتر بر اساس تجربه کار می‌کنند. برخی آسیب‌های محتمل وارده به شرح ذیل است: مردن انسان‌ها، از دست رفتن اموال و خانه مردم در مجاور گود، آسیب به خیابان، آسیب‌های نسبی به ساختمان‌ها، آسیب به خطوط آب، فاضلاب، برق و تلفن.

۲.۱- خلاصه دانش روز سیستم‌های حائل گودبرداری

دو نوع اصلی گودبرداری در پروژه های عمرانی وجود دارد: گودبرداری باز و مهار شده (open & braced excavation). گودبرداری باز نیازی به مهار برای نگهداری خاک وجود ندارد. خاک با بیشترین شیب پایدار خود برداشته می‌شود که شیب معمولاً ۳ افقی به ۲ قائم برای خاک ماسه‌ای است و برای گودهای کم عمق در رس سفت

و سنگ متلاشی شده، شیب تندتر است. وقتی استفاده از گودبرداری باز، غیر اقتصادی، غیر مجاز یا غیر ممکن است، مهاربندی استفاده می‌شود.

سیستم‌های مهاری زیادی موجود است که معمول‌ترین آن تیرک حائل (soldier beam) است که با فولاد یا الوار کوبیده شده در زمین قبل از گودبرداری ایجاد می‌شود. همزمان با روند گودبرداری تخته‌بندی (قطعه الوار افقی lagging) بین تیرک‌های حائل جاگذاری می‌شود، سپس پشتبند افقی (whale) و دستک‌ها (struts) (تیرهای افقی فولادی یا چوبی) تصب می‌شود. برای گودهای عریض شمعک‌های مهار یا شمع مایل (rakers)، که تیرهای فولادی و الوار (timber) شیبدارند، پس از رسیدن گود به عمق مورد نظر نصب می‌شوند.

سپرها (sheet piles) معمولاً قبل از گودبرداری به عمق بیشتری از عمق نهایی رانده می‌شوند. پشتبندهای افقی و دستک‌ها (تیرهای فولادی افقی) پس از اینکه گودبرداری به عمق دلخواه رسید، نصب می‌شوند که این عمدتاً برای ترانشه‌ها و گودهای کم‌عرض می‌باشد. برای گودهای عریض و بر طبق بارگذاری و شرایط سازه‌ای، سپرهای طره‌ای (cantilever) یا مهار شده (anchored sheet piles) استفاده می‌شوند.

دیوارهای دیافراگمی (slurry walls)، دیوارهای بتنی پیوسته‌ای هستند که زیر سطح زمین قبل از گودبرداری ساخته می‌شوند. آنها سازه‌های گران و پیچیده‌ای برای ساخت هستند. به هر حال ممکن است در مکان‌هایی که اجازه سپرکوبی و یا تیرک‌های حائل وجود ندارد، لازم باشند.

سپرهای درجا (bored Cast-in-Place Sheet Pile wall)، شمع‌های درجایی هستند که می‌توانند تقریباً در هر مکان و شرایط زمین اجرا شوند. همچنین در شرایطی که محدودیت ارتفاع سقف مانع از کوبیدن سپر می‌شود و یا زمانیکه لازم است از لرزش سپرکوبی اجتناب شود، قابل اجرا می‌باشند. شمع‌های درجا همچنین می‌توانند در زمین‌های شامل قلوه‌سنگی استفاده شوند که سپرها را می‌شکافد و سبب می‌شود از قفل و بست خارج شوند.

صندوقه (cofferdam) سازه موقتی است که ساخته می‌شود که گودبرداری را با دیوارهای متراکم محصور کند تا نفوذ و ریزش خاک و یا آب را از گود خارج کند و بستر در آنجا خشک شود. صندوقه با کوبیدن سپرهای فلزی یا شمع‌ها و دربعضی موارد نصب ردیف شمع‌های درجا، ساخته می‌شود.

میخ‌کوبی (soil nailing) بعنوان سیستم مهاری است که مسلح‌کننده‌ها در داخل توده خاک مستعد گسیختگی قرار می‌گیرند درحالیکه، سیستم‌های مهار سنتی فشار زمین را با دیوارهای خارجی باید تحمل کنند.

تزریق خاک (soil grouting) مانند میخ‌کوبی سیستم جدید حائل گودبرداری می‌باشد. موارد مختلف تزریق خاک، با اضافه کردن دوغاب تزریق با مقاومت بالا برای پایدارسازی توده خاک سر و کار دارند.

تزریق با فشار (jet grouting) معمولی‌ترین روش در نگهداری گود است. این روش خاک را جابجا می‌کند و ستون خاکی غیر قابل نفوذی را برای نگهداری گود تشکیل می‌دهد.

انجماد خاک (soil freezing) روش جدید و نوینی است که از لوله‌های خنک‌کننده‌ای استفاده می‌کند تا خاک را منجمد کند و به توده پایدار جامد تبدیل کند. در مناطق با آب و هوای سرد و گودهایی که حائل کوتاه‌مدتی نیاز دارند این روش امکان‌پذیر است. مزیت دیگر این روش متوقف کردن جریان آب زیرزمینی می‌باشد که مانند سیستم خشک‌اندازی عمل می‌کند.

خشک‌اندازی (dewatering) مقوله‌ای است که هر وقت گود زیر سطح آب زیرزمینی ادامه یابد با آن سر و کار داریم.

زیربندی (underpinning) یک ملاحظه اضافی است که غالباً بر روند حائل سازی گود اثر می‌گذارد. وقتی گودبرداری نزدیک سازه‌های مجاور رخ می‌دهد، زیربندی یک مقوله می‌شود.

پایداری کف گود (stability of bottom excavation) را نیز باید لحاظ کرد. گودبرداری در خاک‌های رسی ممکن است سبب شود که کف ناپایدار شود که این بعلت برآمدگی (Heaving) است. پایداری با افزایش عمق نفوذ سپر افزایش می-یابد. بعلاوه پایداری کف گود در ماسه، وقتی با سطح آب زیرزمینی برخورد می‌کنیم باید چک شود.

۳.۱- انواع سیستم‌های حائل گودبرداری موجود در شهر **Nablus**

الف) ترانشه باز (open cut): قائم است و در مناطق شهری نیز کاربرد دارد. این روش ساده، ارزان و بدون نیاز به کارگر است و این سیستم بدون حائل می‌باشد.

ب) دیوارهای حائل وزنی و نیمه وزنی (gravity & semi-gravity retaining walls): این روش مخصوصاً وقتی سازه‌های سنگینی اطراف گود باشند تضمین نمی‌شود. بعلاوه مشکلات خطرناکی ممکن است در حین گودبرداری و ساخت دیوار حائل رخ دهد. محدودیت دیگر این روش کاهش مساحت زمین است که به علت عرض زیاد دیوار حائل مخصوصاً در کف آن می‌باشد (شکل ۱-۱-الف).

شکل ۱-۱: الف) دیوار حائل وزنی موفق بعنوان سیستم حائل (راست) ب) دیوار حائل طره‌ای موفق بعنوان سیستم مهار (وسط) ج) بلوک‌های سنگی استفاده شده برای پایدارسازی دیواره قبل از ساخت دیوار حائل (چپ) (**Jardaneh,** ۲۰۰۶)

ج) دیوارهای حائل طره‌ای (cantilever retaining walls): اینها درست مانند روش دیوارهای حائل وزنی استفاده و ساخته می‌شوند. به هر حال وقتی استفاده می‌شود که نوع خاک پایدار باشد و به کارگران اجازه ساخت بدون خطر دیوار را بدهد. بعضی اوقات بلوک‌های سنگی برای پایدارسازی شیب استفاده می‌شوند تا به کارگران اجازه ساخت دیوار در محیط امن‌تر را بدهند. این سیستم گران است و همیشه خود جزئی از سازه اصلی می‌شود. شکل ۱-۱-ب نمونه سیستم دیوار حائل طره‌ای و شکل ۱-۱-ج استفاده از بلوک‌های سنگی را نشان می‌دهد.

د) شمع‌های درجا (bored cast-in-situ piles): ساخت ردیف شمع‌های بتنی مسلح درجا بسیار گران است، به همین علت بعنوان آخرین راه حل می‌باشد. این سیستم عمدتاً وقتی ساختمان یا خیابان مهمی نزدیک گود است استفاده می‌شود ولی به هر حال این روش بسیار ایمن است. شکل۱-۲ نمونه‌ای را نشان می‌دهد.

در جدول ۱-۱ خلاصه‌ای از سیستم‌های حائل موجود و مزایا و محدودیت آنها را نشان می‌دهد.

شکل ۱-۲: سپر شمع‌های مجاور درجا بعنوان سیستم مهاری (۲۰۰۶ **Jardaneh,**)

جدول ۱-۱: خلاصه‌ای از سیستم‌های نگهدار گود با مزایا و محدودیت‌های آن‌ها (۲۰۰۶ **Jardaneh,**)

سیستم حائل گود	مزایا	محدودیت‌ها
ترانشه باز	– ارزان – ساده – به کارگر خاصی نیاز ندارد	– نیاز به فضای زیاد برای شیب پشت – برای ارتفاع کمتر از ۶ m – غیر ممکن در مناطق شهری
دیوار حائل وزنی	– در محل موجود و در دسترس است – به کارکن خاصی نیاز ندارد	– زمان‌بر – خطر تهدید کارگران و سازه‌های مجاور – کاهش فضای ساختمان بعلت عرض زیاد کف – گران
دیوار حائل طره‌ای	– در محل موجود و در دسترس است – به کارکن خاصی نیاز ندارد	– زمان‌بر – خطر تهدید کارگران و سازه‌های مجاور – کاهش فضای ساختمان بعلت عرض زیاد کف – گران
دیوار حائل طره‌ای با بلوک‌های سنگی پشت آن	– در محل موجود و در دسترس است	– زمان‌بر – خطر تهدید کارگران و سازه‌های مجاور – کاهش فضای ساختمان تا چند درجه – به کارکن خاص نیاز است – بسیار گران
سپرهای درجا	– در محل موجود و در دسترس است – ایمن – در اندازه ساختمان اثر نمی‌گذارد – تنها راه موجود برای برخی موارد	– به تجهیزات خاص نیاز دارد – به کارکن خاص نیاز دارد – بسیار گران

۴.۱- پایگاه اطلاعاتی دیوارهای حائل گودهای عمیق (بررسی موردی شهر **Wuhan**)

در اینجا برای مثال ۷ نوع دیوارهای حائل گود عمیق در شهر Wuhan چین آمده است:

- دیوار میخ‌کوبی soil nail wall (W۱)
- دیوار حائل وزنی gravity retaining wall (W۲)

- دیوار شمعی مهار شده anchored-pile wall (W۳)
- گود باز open excavation (W۴)
- دیوار دیافراگمی diaphragm wall (W۵)
- دیوار شمعی با مهار یا نگهدار داخلی internally-propped pile wall (W۶)
- دیوار شمعی کنسولی cantilever pile wall (W۷)

بر اساس هزینه از کمترین به زیادترین (راست به چپ) به شرح ذیل است:

W۴، W۱، W۲، W۳، W۶، W۷ و W۵. عملاً این ۷ نوع دیوار حائل به ندرت مستقلاً استفاده می‌شوند. در نتیجه زیرگروه‌هایی بوجود می‌آید که در جدول ۱-۲ آمده است.

جدول ۱-۲: پایگاه اطلاعاتی دیوارهای حائل (**Yang et al,** ۲۰۰۳)

نوع اصلی	نوع دیوار حائل در پایگاه اطلاعاتی
گود باز	گود باز با تزریق پوشش با فشار
	گود باز با پوشش نازک بتن
	گود باز با برم در پنجه شیب
	گود باز + میخ‌کوبی مسلح کننده
دیوار حائل وزنی	دیوار حائل وزنی با تزریق تحت فشار
	دیوار حائل وزنی با مخلوط کردن در عمق
	دیوار حائل وزنی با تزریق تراکمی
	دیوار حائل وزنی + میخ‌کوبی
	دیوار حائل وزنی + توده نگهدارنده (شمع) افقی در پایین دیوار
دیوار میخ‌کوبی شده	دیوار میخ‌کوبی شده
	دیوار میخ‌کوبی شده + شمع لغزشی با مقاومت کم
	دیوار میخ‌کوبی شده + مهارهای دراز تزریق شده
	دیوار میخ‌کوبی شده + بلوک مسلح شده
دیوار شمع طره‌ای	دیوار شمع طره‌ای با سوراخ حفاری شده ماشینی
	دیوار شمع طره‌ای با سوراخ حفاری شده دستی
	دیوار شمع طره‌ای رانده (کوبیده) شده
	دیوار شمع طره‌ای + سیستم نگهدارنده (شمع) افقی در پایین دیوار
دیوار شمع مهار شده	دیوار شمع مهار شده با سوراخ حفاری شده با ماشین
	دیوار شمع مهار شده با سوراخ حفاری شده دستی
	دیوار شمع مهار شده رانده (کوبیده) شده
	دیوار شمع مهار شده + بلوک نگهدارنده (شمع) افقی در پایین دیوار
	دیوار شمعی با چند ردیف مهاری
دیوار شمعی با مهار داخلی	دیوار شمعی با مهار داخلی با سوراخ حفاری شده با ماشین
	دیوار شمعی با مهار داخلی با سوراخ حفاری شده دستی
	دیوار شمعی رانده (کوبیده) شده با مهار داخلی
	دیوار شمعی با مهار داخلی همراه با تکیه‌گاه فلزی
	دیوار شمعی با مهار داخلی همراه با تکیه‌گاه بتنی مسلح
	دیوار شمعی با چند ردیف مهار داخلی

دیوار دیافراگمی	دیوار دیافراگمی دیوار دیافراگمی SMW دیوار دیافراگمی با نگهدارنده (شمع) داخلی دیوار دیافراگمی با مهاری‌ها

۵.۱- پایگاه اطلاعاتی روش‌های کنترل آب زیرزمینی (بررسی موردی شهر **Wuhan**)

۴روش معمول در شهر **Wuhan** چین برای کنترل آب زیرزمینی وجود دارد:

۱- زهکشی در کف گود

۲- استفاده از چاه عمیق برای پایین بردن سطح آب

۳- جلوگیری از گسیختگی ناشی از تراوش

۴- ترکیب روش ۲ و ۳

از ترکیب اینها زیرگروه‌هایی تشکیل می‌شود که در جدول ۱-۳ آمده است.

جدول ۱-۳: پایگاه اطلاعاتی برای کنترل آب زیرزمینی

روش اصلی	**روش کنترل آب در پایگاه اطلاعاتی**
زهکش	زهکشی
چاه عمیق	چاه عمیق
جلوگیری از تراوش	تزریق پرده اطرف گودال
	تزریق پرده اطراف گودال + پتوی نفوذناپذیر
	پتوی نفوذناپذیر در کف گودال
چاه عمیق + جلوگیری از تراوش	چاه عمیق + تزریق پرده اطراف گودال
	چاه عمیق + پتوی نفوذناپذیر در کف گودال
	چاه عمیق + تزریق پرده اطراف گودال + پتوی نفوذناپذیر در کف گودال

۶.۱- طراحی دیوار حائل و سیستم نگهداری گود عمیق (تجربیات در مالزی)

طراحی دیوارهای حائل و سیستم‌های نگهدارنده گودهای عمیق نیازمند تحلیل دقیق، طراحی و مانیتور کردن عملکرد آن است. این موضوع برای گودهای شهری که نیاز به فضا و قیمت بالای زمین است توجیه‌پذیر می‌باشد. بعلت مجاورت ساختمان-های موجود انتخاب دقیق نوع سیستم حائل مهم است و ملاحظات زیر باید لحاظ شود: ۱) کنترل حرکت زمین ۲) پایین آوردن سطح آب زمین و ۳) تجاوز به ملک همسایه و ... .