بسم الله الرحمن الرحیم

دانشگاه پردیس بین المللی واحد ارس

پایان نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد در رشته خاک و پی

عنوان :

بررسی تاثیر میکرو سیلیس بر تغییرات مقاومت و حدود اتربرگ در خاک رس تثبیت شده با سیمان

استاد راهنما :

جناب آقای دکتر محمد حسین امین فر

جناب آقای دکتر هوشنگ کاتبی

استاد مشاور :

جناب آقای دکتر توحید اخلاقی

نگارش :

احمد هاشم زاده

تابستان ۹۳

هر که راهی رود که در آن دانشی جوید، خدا او را به راه بهشت برد و به راستی فرشتگان برای طالب علم پرهای خود را فرو نهند به نشانه ی رضایت از او و این محقق است که برای طالب علم، هر که در آسمان و زمین است آمرزش خواهد تا برسد به ماهیان دریا، فضیلت عالم بر عابد چون فضیلت ماه است بر ستارگان در شب چهارده وبه راستی علما وارث پیغمبرانند زیرا پیامبران دینار و درهمی به ارث نگذاشته اند ولی ارث آنان علم بود و هر که از آن برگرفت بهره ی فراوانی برده است.

رسول اکرم (ص)

تقدیر و تشکر :

خداوند متعال را سپاس می گویم، به خاطر نعمت بی کرانش که به این بنده حقیر ارزانی داشته و مرا در مسیری هدایت نموده تا بتوانم گامی مثبت هر چند ناچیز در جهت خدمت به جامعه و علم بردارم و همچنین از تلاشها و عنایات ویژه عموم بزرگوارانی که از زحمتشان بهره برده ام بویژه **جناب آقای دکتر محمد حسین امین فر**، استاد راهنمای اول این پایان نامه که با صبر و شکیبایی و دقت نظر و درایت خاصشان مرا در این راه راهنمایی فرموده و با تحمل و اخلاق بزرگوارانه ی خود بنده را مدیون خود نموده اند و نیز جناب آقای دکتر **هوشنگ کاتبی** که به عنوان استاد راهنمای دوم بنده را یاری نموده اند سپاسگزاری می نمایم و همچنین از آقای دکتر **توحید اخلاقی** به عنوان استاد مشاور قدردانی می نمایم و نیز از جناب آقای مهندس **علیرضا سورچی** معاونت محترم فنی اداره کل آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک استان آذربایجان شرقی که نهایت همکاری را با بنده در جهت انجام آزمایشات مربوطه فرموده اند ، نهایت سپاس و قدردانی را دارم.

احمد هاشم زاده

تابستان۱۳۹۳

نام خانوادگی : هاشم زاده **نام :** احمد

عنوان پایان نامه : بررسی تاثیر میکروسیلیس بر تغییرات مقاومت و حدود اتربرگ در خاک رس تثبیت شده با سیمان

استاد راهنمای اول : جناب آقای دکتر محمد حسین امین فر

استاد راهنمای دوم : جناب آقای دکتر هوشنگ کاتبی

استاد مشاور : جناب آقای دکتر توحید اخلاقی

مقطع تحصیلی : کارشناسی ارشد **رشته :** مهندسی عمران **گرایش :** خاک و پی

دانشگاه : تبریز (واحد پردیس بین المللی ارس) **دانشکده:** مهندسی عمران **تعداد صفحات :**

کلید واژه : رس، تثبیت خاک ، سیمان، میکروسیلیس، مقاومت، حدود اتربرگ ، نفوذ پذیری

چکیده :

امروزه صنعت حمل و نقل جایگاه مهمی را در ابعاد مختلف اقتصادی، سیاسی و اجتماعی دارا است. حمل و نقل یکی از زیرساخت های اساسی توسعه یافتگی در جوامع بشری محسوب می گردد و توسعه و رشد اقتصادی کشورها وابسته به توسعه بخش حمل و نقل می باشد. در هنگام اجرای راه های آسفالتی در یک منطقه جغرافیایی همواره شرایط ایده آل وجود ندارد و اغلب نیاز به اصلاح خاک زمین های مورد نظر از جمله تثبیت خاک می باشد. تثبیت بسترهای سست و لایه های زیراساس و اساس با افزودن مواد تثبیت کننده از فنون رایج راهسازی می باشد.خاک های ریز دانه وقتی در معرض رطوبت قرار بگیرند ، معمولاً متورم شده و از مقاومت آنها کاسته میشود ، به همین علت وجود خاک های ریز دانه با قابلیت تورم، به عنوان یکی از مشکلات رایج در مهندسی ژئوتکنیک شناخته می شود . در این خصوص سیمان بعنوان یکی از تثبیت کننده های مهم خاک رس می باشد. هدف اصلی این پایان نامه پژوهش در مورد روند اثر ماده پوزلانی **میکروسیلیس** بر مقاومت تک محوری و حدود اتربرگ **خاک تثبیت شده با سیمان** می باشد . برای نیل به این هدف ۳۸ نمونه با ۱۰ طرح اختلاط مختلف ساخته شده و بر روی آنها آزمایشات مکانیک خاک و تعیین مقاومت تک محوری و حدود اتربرگ و نفوذ پذیری انجام شده است طرح اختلاطهای مورد مطالعه شامل طرح اختلاطهای نوع اول و نوع دوم می باشد که در طرح اختلاطهای

نوع اول با ثابت نگه داشتن ۵ درصد سیمان مقدار میکروسیلیس از ۲ تا ۸ درصد به تدریج افزایش می یابد و در طرح اختلاطهای نوع دوم درصد های سیمان با میکروسیلیس جایگزین می شود در ادامه جهت بررسی اثر میکروسیلیس بر نفوذ پذیری خاک تثبیت شده با سیمان ۴ طرح اختلاط مورد آزمایش ضریب نفوذ پذیری قرار گرفته اند. نحوه ساخت نمونه ها و استانداردهای آزمایشات مربوطه ،مصالح مورد استفاده ونحوه انجام آزمایشات در فصل مواد و روشها به تفصیل مورد بحث قرارگرفته است. نتایج آزمایشگاهی نشان می دهد افزودن میکروسیلیس بر خاک تثبیت شده با سیمان مقاومت تک محوری ۷ روزه و ۲۸ روزه ی خاک را به صورت خطی افزایش می دهد . در مورد جایگزینی سیمان با میکروسیلیس(طرح اختلاطهای نوع دوم) نتایج نشان می دهد که مقاومت با بیشتر شدن مقدار میکرو سیلیس و کاهش سیمان ، کاهش می یابد. استثنائاً در طرح اختلاط مربوط به ۳٪ سیمان با ۲٪ میکروسیلیس مقاومت افزایش می یابد.در ضمن نتیجه گیری می شود افزودن میکروسیلیس باعث افزایش نشانه خمیری با یک نمودار خطی و کاهش نفوذپذیری با یک نمودار خطی می گردد.

فهرست مطالب

۱- پیشینه و ضرورت تحقیق ۱

۱-۱- مقدمه ۲

۱-۲- پیشینه تحقیق ۲

۱-۳- هدف پایان نامه ۴

۱-۴- معرفی فصل های پایان نامه ۴

۲- کلیات و بررسی منابع ۵

۲-۱- خاک رس ۶

۲-۱-۱- واحد های اصلی تشکیل دهنده خاک رس ۶

۲-۱-۲- کائولینیت ۷

۲-۱-۳- ایلیت ۸

۲-۱-۴- مونت موریلونیت ۹

۲-۱-۵- بار الکتریکی رس ۱۱

۲-۱-۶- لایه دو گانه ۱۱

۲-۱-۷- ساختمان ذرات رس ۱۱

۲-۲- مارنها و خصوصیات مکانیکی آنها ۱۲

۲-۲-۱- منشاء و طرز تشکیل مارنها ۱۲

۲-۲-۲- خصوصیات فیزیکی و مکانیکی مارن ها ۱۲

۲-۳- پدیده تورم ۱۴

۲-۳-۱- مروری بر خاک های متورم شونده ۱۵

۲-۳-۲- عوامل تاثیر گذار بر تورم خاک ۱۶

۲-۳-۳- تاثیر مشخصات خاک بر پتانسیل تورم ۱۶

۲-۳-۴- تاثیر وضعیت تنش بر تورم ۱۷

۲-۳-۵- تاثیر سولفات بر تورم خاک ۱۷

۲-۴- روش های اصلاح خاک ۱۹

۲-۴-۱- تعریف تثبیت ۲۰

۲-۴-۲- اهداف تثبیت ۲۱

۲-۴-۳- روش های تثبیت خاک ها ۲۳

۲-۴-۳-۱- روش مکانیکی ۲۳

۲-۴-۳-۲- روش شیمیایی..... ۲۴
۲-۴-۳-۳- روش بیولوژیک..... ۲۶
۲-۴-۳-۴- روش فیزیکی..... ۲۶
۲-۴-۳-۵- روش الکتریکی..... ۲۷
۲-۴-۴- انواع تثبیت کننده ها..... ۲۷
۲-۴-۵- تثبیت خاک با آهک..... ۲۹
۲-۵- واکنش های شیمیایی خاک و آهک..... ۳۵
۲-۵-۱- جانشینی کاتیونی..... ۳۶
۲-۵-۲- واکنش پوزولانی..... ۳۹
۲-۵-۳- واکنش کربوناسیون..... ۴۳
۲-۶- تثبیت خاک با سیمان..... ۴۴
۲-۶-۱- خاک مناسب جهت تثبیت با سیمان..... ۴۵
۲-۶-۲- واکنش های بین سیمان و خاک..... ۴۵
۲-۶-۳- اصلاح خصوصیات مهندسی خاک ها در اثر افزودن تثبیت کننده های سیمانی..... ۴۶
۲-۶-۳-۱- تأثیر کوتاه مدت تثبیت کننده های سیمانی..... ۴۶
۲-۶-۳-۲- تأثیر دراز مدت تثبیت کننده های سیمانی..... ۴۷
۲-۶-۳-۳- واکنش های مخرب ناشی از ترکیب آهک و سیمان با خاک..... ۴۹
۲-۶-۴- طرح تثبیت خاک با سیمان..... ۵۱
۲-۶-۵- تعیین درصد سیمان لازم..... ۵۲
۲-۶-۶- عملیات اجرایی تثبیت خاک با سیمان..... ۵۲
۲-۶-۷- تعیین درصد سیمان لازم..... ۵۳
۲-۶-۸- خصوصیات و ویژگی های فنی خاک های تثبیت شده با سیمان..... ۵۶
۲-۶-۹- خصوصیات خمیری..... ۵۶
۲-۶-۱۰- تراکم..... ۵۸
۲-۶-۱۱- تغییر حجم..... ۵۹
۲-۶-۱۲- مقاومت..... ۶۰
۲-۶-۱۳- مقاومت فشاری..... ۶۰
۲-۶-۱۴- مقاومت کششی..... ۶۲
۲-۶-۱۵- مقاومت CBR..... ۶۲

۲-۶-۱۶- تنش – تغییر شکل نسبی..... ۶۳
۲-۶-۱۷- ضریب پواسون..... ۶۵
۲-۶-۱۸- خستگی..... ۶۵
۲-۷- میکروسیلیس..... ۶۶
۲-۷-۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی میکروسیلیس..... ۶۸
۲-۷-۲- استفاده از میکروسیلیس در ترکیب سیمان..... ۷۰
۲-۷-۳- تاثیر میکروسیلیس بر خاک های تثبیت شده..... ۷۱
۲-۷-۴- تاثیر میکروسیلیس بر PH خاک های تثبیت شده..... ۷۱
۲-۷-۵- تاثیر میکروسیلیس بر جلوگیری از اتفاق افتادن پدیده کربناسیون..... ۷۱
۲-۷-۶-تاثیر میکروسیلیس بر اثرات نامطلوب سولفات ها..... ۷۲
۲-۷-۷- تاثیر میکروسیلیس بر تورم خاک های تثبیت شده ۷۲
۳- مواد و روش ها..... ۷۴
۳-۱- مقدمه..... ۷۵
۳-۲- ترکیب طرح اختلاطهای مورد آزمایش..... ۷۵
۳-۳- مصالح مورد استفاده در آزمایش..... ۷۷
۳-۳-۱- خاک رس..... ۷۷
۳-۱-۲- سیمان..... ۷۹
۳-۱-۳- میکروسیلیس..... ۸۰
۳-۱-۴- آب..... ۸۱
۳-۲- روش ساخت نمونه ها برای آزمایش مقاومت تک محوری(استاندارد ASTMD2166)..... ۸۱
۳-۲-۱- توزین مصالح..... ۸۱
۳-۲-۲- ریختن نمونه ها در استوانه استاندارد..... ۸۲
۳-۲-۳- مرحله تعیین مقاومت نمونه ها..... ۸۳
۳-۲-۳-۱- آزمایش مقاومت فشاری تک محوری..... ۸۳
۳-۳- آزمایش نفوذ پذیری..... ۸۵
۳-۳-۱- آزمایش تعیین نفوذپذیری به روش بار ثابت (Constant-Head Method)..... ۸۶
۳-۳-۲- آزمایش نفوذپذیری با بار افتان (Falling Head Method)..... ۸۷
۳-۴ – آزمایش تعیین حد روانی و حد خمیری ۹۰
۴- بحث و نتیجه گیری..... ۹۲

۴-۱- مقدمه..... ۹۳
۴-۲- نتایج آزمایشات..... ۹۳
۴-۲-۱- نتایج آزمایش مقاومت تک محوری برای خاک رس خالص و نمونه های طرح اختلاط نوع اول..... ۹۴
۴-۲-۲- نتایج آزمایش مقاومت تک محوری برای نمونه های طرح اختلاط نوع دوم..... ۹۵
۴-۳- تحلیل نتایج حاصل از آزمایش مقاومت فشاری طرح اختلاطهای نوع اول..... ۹۶
۴-۴- تحلیل نمودارهای تنش- کرنش..... ۱۰۰
۴-۵- تحلیل نتایج حاصل از آزمایش مقاومت فشاری طرح اختلاطهای نوع دوم..... ۱۰۲
۴-۶- نتیجه گیری کلی از آزمایشات طرح اختلاطهای نوع اول و دوم..... ۱۰۴
۴-۷- نتایج آزمایش نفوذ پذیری..... ۱۰۵
۴-۸- دلایل کاهش نفوذپذیری با افزودن میکروسیلیس..... ۱۰۶
۴-۹- نتایج آزمایش حدود اتربرگ..... ۱۰۷
۴-۱۰- دلایل کاهش نشانه خمیری با افزودن میکروسیلیس..... ۱۱۰

۵- نتایج و پیشنهادات..... ۱۱۱
۵-۱- چکیده نتایج پایان نامه..... ۱۱۲
۵-۲- پیشنهادات..... ۱۱۳
پیوست ها..... ۱۱۴
منابع..... ۱۳۴
چکیده انگلیسی..... ۱۳۹

فهرست اشکال

شکل ۲-۱ : چهار وجهی سیلیکا و ورقه چهار وجهی سیلیکا ۶
شکل ۲-۲ : هشت وجهی آلومینا و ورقه هشت وجهی آلومینا (گیبسیت) ۷
شکل ۲-۳ : ورقه سیلیکا ۷
شکل ۲-۴ : ورقه گیبسیت و بروسیت ۷
شکل ۲-۵ : ساختمان اتمی کائولینیت ۸
شکل ۲-۶ : ساختمان اتمی ایلیت ۹
شکل ۲-۷ : ساختمان اتمی مونت موریلونیت ۱۰
شکل ۲-۸ : a) کائولینیت b) ایلیت c) مونت موریلونیت ۱۰
شکل ۲-۹: تبادل یونی خاک رس ۳۷
شکل ۲-۱۰ : واکنش پوزولانی بین آهک و ذرات رس ۳۹
شکل ۲-۱۱ : تغییرات در منحنی های تنش – کرنش مصالح تثبیت شده با آهک با زمان ۴۸
شکل ۲-۱۲ : تاثیر سیمان بر روی خواص خمیری یک نمونه خاک رس لای دار ۵۷
شکل ۲-۱۳ : رابطه بین مقاومت فشاری تک محوری ۷ روزه با درصد رطوبت ۵۹
شکل ۲-۱۴ : رابطه بین مقاومت فشاری تک محوری و درصد سیمان ۶۱
شکل ۲-۱۵ : رابطه بین مقاومت فشاری تک محوری و درصد سیمان برای خاک های تثبیت شده ۶۳
شکل ۲-۱۶ : نتایج آزمایش خستگی خمشی چند نمونه خاک تثبیت شده با سیمان و بتن سیمانی ۶۶
شکل ۳-۱: نمودار تعیین رطوبت بهینه ی خاک رس ۷۸
شکل ۳-۲: نمودار دانه بندی و طبقه بندی خاک رس مورد استفاده ۷۸
شکل ۳-۳: قرار دادن نمونه خاک رس در دستگاه اون جهت تعیین رطوبت بهینه ۷۹
شکل ۳-۴: نمونه ای از خاک رس ، سیمان و میکروسیلیس مورد استفاده ۸۱
شکل ۳-۵: توزین مصالح با ترازوی دیجیتال ۸۲
شکل ۳-۶: ریختن و کمپکت مصالح اختلاط یافته در داخل استوانه استاندارد ۸۲
شکل ۳-۷: نمونه ی آماده شده جهت تست مقاومت تک محوری ۸۳
شکل ۳-۸: تست مقاومت در دستگاه تعیین مقاومت فشاری تک محوری ۸۵
شکل ۳-۹: نمونه شکست خورده ی خاک تثبیت شده ۸۵
شکل ۳-۱۰: آزمایش نفوذپذیری خاک به روش بار ثابت ۸۷
شکل ۳-۱۱: آزماش نفوذپذیری خاک به روش بار افتان ۸۸
شکل ۳-۱۲: لوازم آزمایش نفوذپذیری خاک ۸۹
شکل ۴-۱: نمودار تغییرات مقاومت تک محوری ۷ روزه در طرح اختلاط های نوع اول بر حسب تغییرات میکروسیلیس ۹۶
شکل ۴-۲: نمودار مقاومت تک محوری ۲۸ روزه ۹۶
شکل ۴-۳: نمودار تغییرات تنش- کرنش خاک رس ۹۷
شکل ۴-۴: نمودار تغییرات تنش- کرنش خاک رس + ۵ ٪ سیمان ۷ روزه ۹۸
شکل ۴-۵: نمودار تغییرات تنش- کرنش خاک رس + ۵ ٪ سیمان + ۴٪ میکروسیلیس ۷ روزه ۹۸
شکل ۴-۶: نمودار تغییرات تنش- کرنش خاک رس + ۵ ٪ سیمان + ۶٪ میکروسیلیس ۷ روزه ۹۹
شکل ۴-۷: نمودار تغییرات تنش- کرنش خاک رس + ۵ ٪ سیمان + ۸٪ میکروسیلیس ۷ روزه ۹۹
شکل ۴-۸: نمودار تغییرات تنش- کرنش ۷ روزه چند نمونه ۱۰۰
شکل ۴-۹ : نمودار تغییرات تنش – کرنش مصالح با فنریت مختلف ۱۰۱
شکل ۴-۱۰ : نمودار تغییرات مقاومت تک محوری ۷ روزه در طرح اختلاط های نوع دوم بر حسب تغییرات میکروسیلیس و سیمان ۱۰۲
شکل ۴-۱۱: نمودار تغییرات مقاومت تک محوری ۲۸ روزه در طرح اختلاط های نوع دوم بر حسب تغییرات میکروسیلیس و سیمان ۱۰۲
شکل ۴-۱۲ : نمودار تغییرات ضریب نفوذپذیری ۲۸ روزه با تغییرات میکروسیلیس ۱۰۶
شکل ۴-۱۳ : نمودار حد روانی ۱۰۸
شکل۴-۱۴ : نمودار حد خمیری ۱۰۸
شکل۴-۱۵: نمودار نشانه ی خمیری ۱۰۹
شکل ۴-۱۶ :نمودار تغییرات حدود اتربرگ با درصدهای مختلف میکروسیلیس ۱۰۹

فهرست جداول

جدول ۲-۱ : ضرایب ارتجاعی پیشنهادی جهت استفاده در تحلیل سازه ای روسازی ها..... ۶۴
جدول ۲-۲ : نوع عیار فروسیلیکان و میزان Sio_2 موجود در میکروسیلیس ۶۷
جدول ۲-۳ : درصد ترکیبات شیمیایی موجود در میکروسیلیس..... ۷۰
جدول ۳-۱: طرح اختلاطهای خاک رس ، سیمان و میکرو سیلیس..... ۷۶
جدول ۳-۲: نتایج آزمایش تراکم خاک رس مورد استفاده..... ۷۷
جدول ۳-۳: مقایسه مواد اولیه تولید سیمان تیپ II کارخانه سیمان صوفیان با سیمان استاندارد..... ۷۹
جدول ۳-۴: مشخصات شیمیایی سیمان پرتلند نوع II..... ۸۰
جدول ۳-۵: مشخصات فیزیکی و مکانیکی سیمان پرتلند نوع II..... ۸۰
جدول ۳-۶ : طرح اختلاطهای مورد آزمایش جهت بررسی اثر میکروسیلیس..... ۸۹
جدول ۳-۷: طرح اختلاطهای مورد آزمایش جهت بررسی اثر میکروسیلیس بر حدود اتربرگ..... ۹۱
جدول ۴-۱: طرح اختلاط های نوع اول..... ۹۴
جدول ۴-۲: طرح اختلاط های نوع دوم..... ۹۵
جدول ۴-۳: نتایج آزمایش نفوذ پذیری..... ۱۰۵
جدول ۴-۴: نتایج آزمایش حدود اتربرگ..... ۱۰۷

فصل اول

پیشینه و ضرورت تحقیق

۱-۱- مقدمه

راه ها از عناصر اصلی صنعت حمل و نقل هستند که نقش مهمی در ارتباط بین روستاها، شهرها و کشورها و نیز جابجایی انسان و کالا دارند ، به گونه ای که می توان گفت راههای موجود در هر کشوری از بیانگر توسعه یافتگی و رشد آن کشور محسوب می گردد و این مسأله باعث سرمایه گذاری کشورها در توسعه و ساخت راه ها و نیز نگهداری راه های موجود شده است. در هنگام اجرای راه های آسفالتی در یک منطقه جغرافیایی همواره شرایط ایده آل وجود ندارد و اغلب نیاز به اصلاح خاک زمین های مورد نظر از جمله تثبیت خاک می باشدبهبود خصوصیات خاکهای رسی در وضعیت در جا با استفاده از مواد افزودنی به پایدار کردن یا تثبیت خاک معروف است. این روش بیشتر برای خاکهای ریزدانه مورد استفاده قرار می گیرد. در واقع تثبیت خاک فرایندی است که طی آن مواد طبیعی و مصنوعی با عنوان مواد افزودنی به خاک اضافه شده و باعث بهبود مشخصات خاک می شود. انتخاب روش بهسازی خاک به صورت طبقه بندی شده دشوار است . مهندس ژئوتکنیک با توجه به کلیه مسائل فنی ، اقتصادی ، نیروی انسانی ، ماشین آلات ، تجربه و نتایج آزمایشها ، روش بهینه را انتخاب و اقدام به بهسازی خاک می نماید .

۱-۲- پیشینه تحقیق

یکی از روشهای تثبیت خاک استفاده از سیمان می باشد، اثرات سیمان به عنوان ماده تثبیت کننده بر خواص خاکهای رسی به تفصیل در تحقیقات پیشین مورد پژوهش قرار گرفته است. بعنوان نمونه های شاخص، آقایان رضا عبداللهی،حمیدرضا وثوقی بر تاثیر سیمان برخواص ژئوتکنیکی و مقاومت فشاری ،حدود اتربرگ و برش مستقیم خاک رس تحقیقات آزمایشگاهی انجام داده اند[۳۱]،نمونه دیگر تحقیق آقایان رسول عالی پور ومحمد سیروس پاکباز با عنوان بررسی پارامترهای خاک رس تثبیت شده با سیمان می باشد، رابطه‌ای تجربی برای به دست آوردن نسبت تخلخل پس از عمل‌آوری نمونه‌های مورد نظر نتیجه این تحقیق می‌باشد.[۳۰] تحقیق دیگر، تحقیق آقای حسن طاهر خانی با عنوان مقایسه تاثیر سیمان در خاکهای رسی با دانه خمیری بالا و پایین می باشد این مقاله به بررسی تاثیر ماده افزودنی سیمان برروی

دونوع خاک رس می پردازد یک نوع خاک رس با دامنه خمیری پایین و دیگری با دامنه خمیری بالا انتخاب شده ا ند و به هرکدام مقادیر مختلفی ازسیمان اضافه شده و خصوصیات حدود اتربرگ تراکم مقاومت فشاری و تورم بررسی گردیده اند[۲۳] و سایر تحقیقاتی که عناوین انها در پیوست منابع خواهد آمد.تحقیق حاضر سعی به بررسی اثر یک ماده پوزلانی به نام میکروسیلیس بر خواص خاک رس تثبیت شده با سیمان دارد. میکروسیلیس یکی از موادی است که در دهه اخیراستفاده از آن به طور جدی مورد توجه محققین قرار گرفته است. به دلیل خصوصیات بارز پوزولانی میکروسیلیس، استفاده از آن جهت بهبود خواص مکانیکی رو به افزایش است .میکروسیلیس یک محصول فرعی حاصل از کوره های قوس الکتریکی ، در جریان تولید آلیاژ فروسیلیس می باشد که از طریق کاهش خلوصیت بالای کوارتز به همراه زغال سنگ و خرده چوب بدست می آید .تا چندی پیش این ماده از دودکش کارخانجات ، خارج و باعث آلودگی هوا می شددر سال های اخیر توجه ویژه ای برای استفاده از میکروسیلیس به جای بخشی از سیمان مصرفی در بتن شده است . برای اولین بار در کانادا از میکروسیلیس در ترکیب سیمان استفاده شده است و مقدار میکروسیلیس استفاده شده است. در سال ۱۹۹۴ تحقیقات شیمیایی کاملی توسط مک کنون و همکارانش بر روی واکنش شیمیایی میکروسیلیس با آهک و خاک انجام گرفت نتایج این تحقیق حاکی از این واقعیت بود که میکروسیلیس به عنوان یک ماده بهبود دهنده خواص شیمیایی ، در خاک های مورد تثبیت قابل استفاده است[۱۴]. .در این خصوص لازم به ذکر است که میکروسیلیس در ایران به وفور تولید می شود، در صورتیکه اثرات آن بر بهبود خواص سمنتاسیون، افزایش مقاومت فشاری و کاهش تورم خاک های تثبیت شده قابل ملاحظه می باشد.در تحقیقاتی در داخل کشور جهت بررسی اثر میکروسیلیس بر خاک تثبیت شده با آهک صورت گرفته است بعنوان نمونه آقای محمود ولی الله پور امیری تاثیرمیکروسیلیس برCBR خاک رس تثبیت شده با آهک را بررسی نموده است.آنچه دراین تحقیق مورد ارزیابی قرارگرفت تاثیر افزودن میکروسیلیکا و الیاف پلی پیروپیلن pp برنسبت باربری کالفرنیا CBR مخلوطهای خاک آهک درخاک مورد مطالعه رس لای دار با حدروانی کم میباشد که با افزودن درصد های مختلف و پس ازعمل آوری ازطریق ازمایشات مکانیک خاک مورد مطالعه قرارگرفته است در

تحقیق دیگری همین محقق تاثیر مواد مذکور را بر مقاومت خاک رس بررسی نموده است [۸] نظر به تحقیق اخیر ذکر شده ضرورت آن مینمود که تاثیرات میکروسیلیس بر خاک تثبیت شده با سیمان نیز مطالعه گردد.

۱-۳- هدف پایان نامه

درتحقیق حاضر اثر توام سیمان و میکروسیلیس بر خاک رس بررسی می شودهدف از این پایان نامه بررسی اثر میکروسیلیس بر مفاومت تک محوری ، حدود اتربرگ و نفوذپذیری خاک تثبیت شده با سیمان می باشد.برای بررسی موضوع از ترکیب طرح اختلاطهای مختلف و تغییر مقادیر میکروسیلیس با ثابت نگهداشتن سیمان در قالب طرح اختلاطهای نوع اول و تغیر میکروسیلیس و سیمان در قالب طرح اختلاطهای نوع دوم استفاه شده است. کلیه ترکیبات و طرح اختلاطها در فصل سوم به تفصیل خواهد آمد. لازم بذکر است کلیه آزمایشات در آزمایشگاه مستقر در اداره کل آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک استان آذربایجان شرقی وابسته به وزارت راه و شهرسازی واقع در شهر تبریز انجام گرفته است.

۱-۴- معرفی فصل های پایان نامه

مطالب پایان نامه در قالب چهار فصل گنجانده شده است غیر از فصل حاضر (فصل اول)که شامل توضیحی در مورد اهداف و ضرورت تحقیق می شود فصل دوم شامل کلیات و بررسی منابع می باشد فصل سوم ،مواد و روشها و استانداردهای آزمایشات انجام گرفته را تشریح خواهد نمود فصل چهار (فصل آخر) شامل بحث و نتیجه گیری از آزمایشات و بیان یافته های تحقیق و نیز پیشنهاداتی جهت تحقیقات آینده می باشد.

فصل دوم

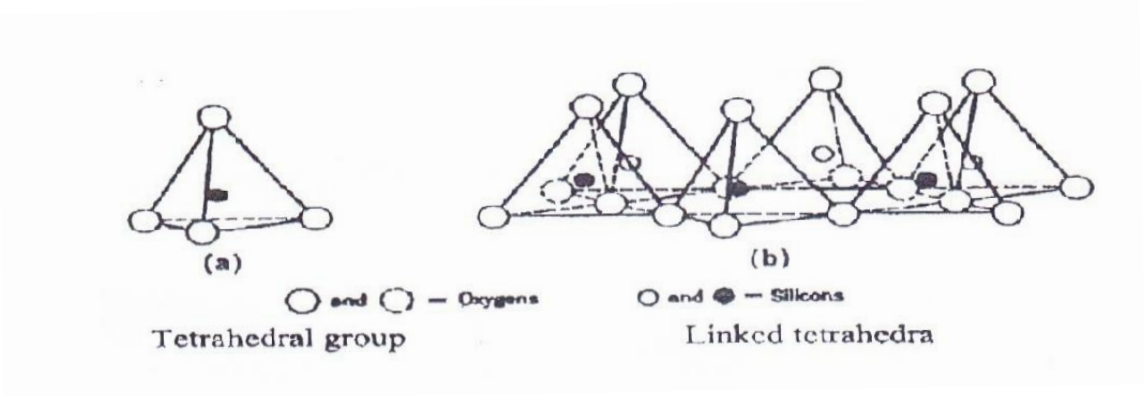
کلیات و بررسی منابع

۲-۱- خاک رس

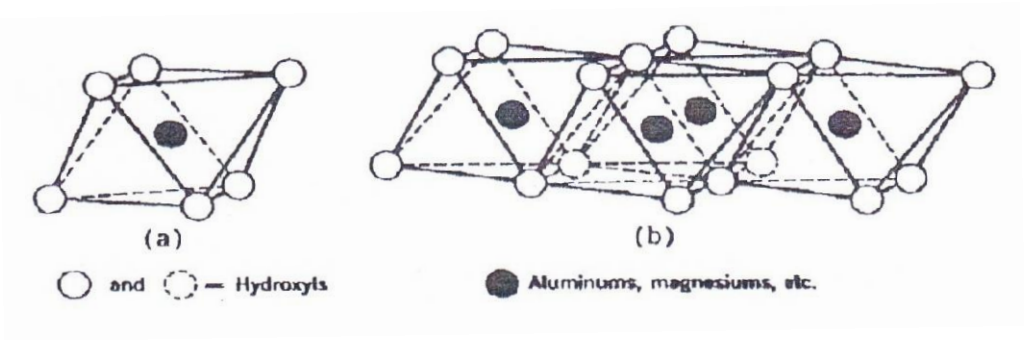
دو نوع تعریف برای خاک رس بر اساس خصوصیات ژئوتکنیکی ویا کانی شناسی میتوان ارائه کرد . از لحاظ ژئوتکنیکی به ذرات کوچکتر از ۰/۰۰۲ میلیمتر ، و از لحاظ کانی شناسی به زنجیر های از کانیهای مشخص که به یکدیگر پیوند خورده اند رس گفته میشود ؛ در این تعریف از لحاظ اندازه ذرات ، محدودیتی در نظر گرفته نشده است . به بیان دیگر طبق دو تعریف فوق ممکن است ذرات کوچکتر از ۰/۰۰۲ میلیمتر ، از لحاظ کانی شناسی به عنوان رس شناخته نشوند و یا به خاکی از لحاظ کانی شناسی رس اطلاق شود که دارای اندازه ذرات بزرگتر از ۰/۰۰۲ میلیمتر باشد[۳۵].

۲-۱-۱- واحد های اصلی تشکیل دهنده خاک رس

واحد های اصلی تشکیل دهنده خاک رس عبارتند از چهار وجهی سیلیکا و هشت وجهی آلومینا که این صفحات میتوانند با یکدیگر ترکیب شده و کانیهای مختلفی بسازند . ترکیب واحد های چهار وجهی سیلیکا تولید ورقه سیلیکا و ترکیب واحد های هشت وجهی آلومینا تولید ورقه هشت وجهی به نام ورقه گیبسیت می کند که در شکل های (۲-۱) و (۲-۲) ، نشان داده شده است . همچنین اگر در واحد های هشت وجهی ، اتم منیزیم جایگزین اتم آلومینیم شود به ورقه ایجاد شده ورقه بروسیت گفته می شود[۳۵] .

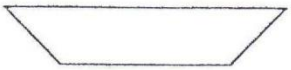


شکل (۲-۱) ، چهار وجهی سیلیکا و ورقه چهار وجهی سیلیکا



شکل (۲-۲) ، هشت وجهی آلومینا و ورقه هشت وجهی آلومینا (گیبسیت)

در معرفی ساختار صفحه های رسی صفحه سیلیکا به صورت شکل (۲-۳) ، و صفحه آلومینا به صورت شکل (۲-۴) ، نشان داده می شود . در شکل (۲-۴)، حرف G معرف ورقه ی گیبسیت و حرف B معرف ورقه ی بروسیت می باشد.



شکل (۲-۳) ، ورقه سیلیکا

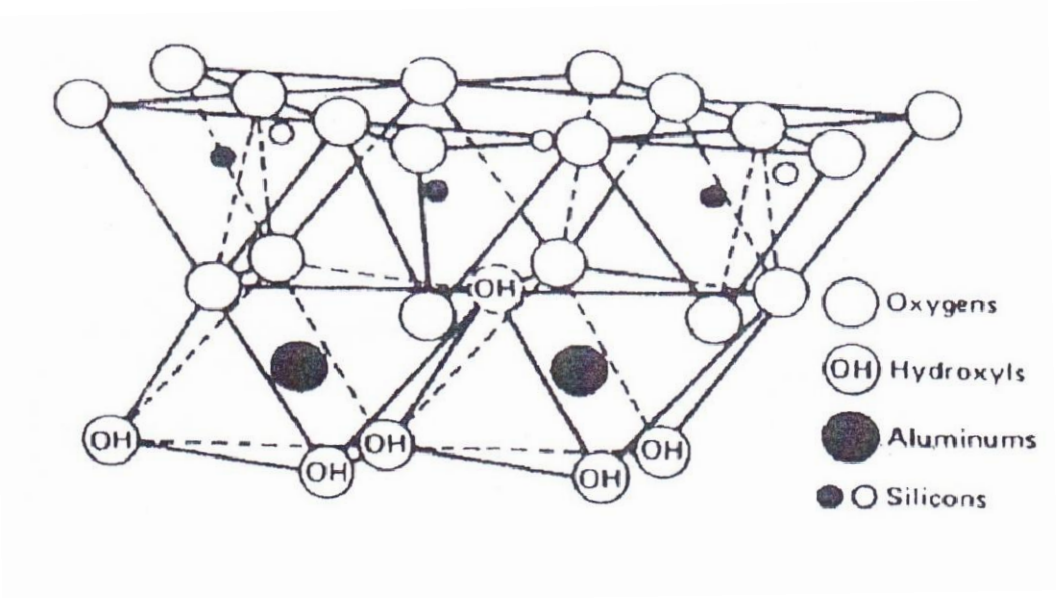
شکل (۲-۴) ، ورقه گیبسیت و بروسیت

با ترکیب این واحد ها و برقراری پیوند بین آنها کانیهای مختلف رسی تشکیل می شوند که مهمترین آنها عبارتند از : کائولینیت ، ایلیت ، مونت موریلونیت.

۲-۱-۲- کائولینیت

کائولینیت از تکرار لایه های سیلیکا – گیبسیت که توسط پیوند هیدروژنی به یکدیگر متصل شده اند ، تشکیل می شود [۱۶].

کائولینیت ساده ترین گروه رسها را تشکیل می دهد . ساختمان اتمی کائولینیت در شکل (۲-۵) ، نشان داده شده است . کائولینیت در شرایطی شکل می گیرد که آلومینا در محیط فراوان و میزان سیلیکا بسیار کم باشد ،میزان نمک های محلول و PH محیط کم بوده و یونهایی که تمایل به یکپارچه کردن سیلیکا دارند ، مانند Mg ، Ca، Fe به وسیله تراوش از محیط خارج شوند . در واقع در شرایط آب و هوایی که میزان بارش زیاد است ، تشکیل کائولینیت بیشتر است[۳۵].



(۲-۵) ، ساختمان اتمی کائولینیت

۲-۱-۳- ایلیت

ایلیت متداولترین کانی موجود در پروژه های مهندسی است . ایلیت شامل ورقه های گیبسیت است که با پیوند فلزی توسط یونهای پتاسیم ، به دو ورقه سیلیکا متصل است . ساختمان اتمی ایلیت در شکل (۲-۶) ، نشان داده شده است . وجود سنگ مادر آذرین باعث تشکیل این کانی است . همچنین در مناطقی که میزان تبخیر بیشتر از بارش است و باعث افزایش غلظت الکترولیت می شود ، این کانی شکل می گیرد[۳۵] .