

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



دانشگاه هرمزگان

دانشکده فنی و مهندسی

گروه مهندسی عمران

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

عنوان:

تثبیت خاک رس با آهک و پودر حاصل از ضایعات سنگی

استاد راهنما:

دکتر بهزاد کلانتری

نگارش:

آرمین روح بخشان

آذر ۱۳۹۲

اهدا

تقدیم به پدر و مادر عزیزم، که صبورانه مرا در رسیدن به اهدافم یاری رساندند و هر روز از خود کاستند تا ذره ای بر من بیفزایند. و همواره حضورشان سبب آرامش و دلگرمی بوده است.

و تقدیم به همسر مهربانم، که هرگز وصف خوبیهایش تاب تحمل الفاظ نباشد و حضور او نیز سبب آرامش و دلگرمی من بوده است.

همچنین تقدیم به همه کسانی که همیشه حامی من بوده و هیچ گاه مرا از مساعدهای خود بی نصیب نگذاشته اند.

چکیده:

در این تحقیق، لجن ضایعات سنگی به دست آمده از برش سنگ در کارخانجات سنگبری، برای تثبیت خاک رس به همراه آهک مورد استفاده قرار گرفت. پودر ریز دانه لجن سنگ با خاک رس و آهک ترکیب شد. بنابراین، تاثیرات استفاده از پودر ضایعات سنگی و آهک در تثبیت خاک ریز دانه رسی در آزمایشگاه بررسی شد. نمونه های خاک در حالت طبیعی و زمانی که با درصد های مختلف آهک و پودر ضایعات سنگی ترکیب شدند، مورد استفاده قرار گرفتند. تست های آزمایشگاهی شامل آزمایش حدود آتربرج، آزمایش دانه بندی، آزمایش تراکم استاندارد، آزمایش pH، آزمایش مقاومت فشاری و آزمایش نسبت باربری کالیفرنیا می باشند. نتایج بدست آمده، کاهش معنا داری در پلاستیسیته و تغییر در رطوبت بهینه و وزن واحد حجم ماکزیمم خاک رس را با افزایش مقادیر پودر ضایعات سنگی و آهک نشان می دهد. مقدار رطوبت بهینه با افزایش مقدار آهک و پودر ضایعات سنگی برای همه نمونه ها افزایش می یابد. همچنین چگالی خشک حداکثر با افزایش آهک کاهش می یابد، در حالی که حداکثر چگالی خشک با افزایش مقدار پودر ضایعات سنگی افزایش یافته است.

نتایج آزمایش های مقاومت فشاری و نسبت باربری کالیفرنیا نشان می دهد که در زمان های عمل آوری مختلف، افزودن پودر ضایعات سنگی و آهک باعث افزایش مقدار مقاومت فشاری تا ۶٪ پودر ضایعات سنگی و ۷٪ آهک، و افزایش مقدار نسبت باربری کالیفرنیا تا ۶٪ پودر ضایعات سنگی و ۹٪ آهک شده است، و برای درصدهای بیشتر، مقادیر مقاومت فشاری و نسبت باربری کالیفرنیا کاهش می یابد. بنابراین رفتار خواص ژئوتکنیکی خاک رسی که با پودر ضایعات سنگی و آهک مخلوط شده است نشان می دهد که این مواد اصلاح کننده خوبی برای خاک های مشکل دار می باشند.

کلمات کلیدی: پودر ضایعات سنگی، آهک، خاک رس، تثبیت خاک، آلودگی محیط زیست

تقدیر و تشکر

اکنون که به لطف خداوند متعال این پایان نامه به سرانجام رسید، شایسته است از استاد محترم و گرانقدر، جناب آقای دکتر بهزاد کلانتری، که در طول دوره کارشناسی ارشد و همچنین در تمام مراحل انجام این پایان نامه با راهنمایی های ارزشمند خود، بنده را هدایت نمودند، همچنین از زحمات خالصانه دکتر مسعود دهقانی و دکتر عادل عساکره، کمال سپاس و قدردانی را داشته باشم و در مقابل زحمات این عزیزان سر تعظیم فرو می آورم.

فهرست

صفحه	عنوان
	فصل اول: مقدمه
۲	۱-۱- کلیات
۳	۲-۱- سئوالات مطرح شده در پژوهش
۴	۳-۱- اهداف پژوهش
۴	۴-۱- معرفی فصلهای پایان نامه
	فصل دوم: خاک رس و تثبیت آن با آهک و پودر حاصل از ضایعات سنگی
۶	۱-۲- مقدمه
۶	۲-۲- خاک رس
۶	۳-۲- واحدهای اصلی تشکیل دهنده خاک رس
۷	۱-۳-۲- کائولینیت
۸	۲-۳-۲- ایلیت
۹	۳-۳-۲- مونتموریلونیت
۱۱	۴-۲- بار الکتریکی رس
۱۱	۵-۲- لایه دوگانه
۱۱	۶-۲- ساختمان ذرات رس
۱۲	۷-۲- سطح مخصوص یا سطح ویژه خاک (SSA)
۱۲	۸-۲- pH خاک
۱۲	۹-۲- روشهای اصلاح خاک
۱۳	۱۰-۲- تثبیت خاک
۱۵	۱۱-۲- تثبیت خاک با آهک

۱۶	۱۲-۲- تعیین درصد بهینه آهک
۱۶	۱۲-۲-۱- روش pH
۱۶	۱۲-۲-۲- روش نشانه خمیری (PI)
۱۶	۱۲-۲-۳- روش نسبت باربری کالیفرنیا (CBR)
۱۷	۱۲-۲-۴- روش مقاومت فشاری تک محوری (UCS)
۱۷	۱۲-۲-۵- روش AASHTO
۱۷	۱۲-۲-۶- بررسی میزان تورم نمونه ها
۱۸	۱۳-۲- تأثیر آهک بر حدود اتربرگ
۱۸	۱۴-۲- تأثیر آهک بر تورم
۱۸	۱۵-۲- تأثیر آهک بر pH
۱۸	۱۶-۲- تأثیر آهک بر وزن مخصوص خشک
۱۹	۱۷-۲- تأثیر آهک بر رطوبت بهینه تراکم
۱۹	۱۸-۲- انواع آهک در شکلهای مختلف
۲۰	۱۹-۲- تأثیر انواع آهک در شکل های مختلف بر حدود اتربرگ
۲۰	۲۰-۲- تأثیر انواع آهک در شکل های مختلف بر تراکم
۲۰	۲۱-۲- تأثیر انواع آهک در شکل های مختلف بر مقاومت فشاری
۲۱	۲۲-۲- واکنش های آهک و خاک رس
۲۱	۲۲-۲-۱- تبادل کاتیونی
۲۴	۲۲-۲-۲- مجتمع شدن - لخته شدن
۲۴	۲۲-۲-۳- واکنش پوزولانی
۲۴	۲۲-۲-۴- کربناته شدن
۲۵	۲۳-۲- پوزولانها
۲۵	۲۳-۲-۱- انواع پوزولانها

۲۵	۲-۲۳-۲- کاربرد پوزولانها
۲۵	۲-۲۴- پودر ضایعات سنگی
۲۶	۲-۲۴-۱- مطالعه ای از صنعت سنگبری و معرفی تعدادی از واحد های تولیدی
۲۶	۲-۲۴-۱-۱- بخش فرآوری
۲۶	۲-۲۴-۱-۲- واحدهای فعال فرآوری سنگ
۲۷	۲-۲۵- پیشینه تحقیق
۲۷	۲-۲۵-۱- مروری بر مطالعات پیشین تثبیت خاک با آهک و برخی از ضایعات صنعتی
۳۰	۲-۲۵-۲- مروری بر مطالعات پیشین تثبیت خاک با مواد زائد و دور ریختنی
۳۲	۲-۲۵-۳- مروری بر مطالعات پیشین استفاده از پودر ضایعات سنگی
۳۳	۲-۲۵-۳-۱- مشکلات زیست محیطی
۳۳	۲-۲۵-۳-۲- مشکلات ایمنی (بهداشتی)
۳۴	۲-۲۵-۳-۳- مشکلات اقتصادی
۳۴	۲-۲۵-۳-۴- برنامه های کاربردی پسماندهای سنگی
	فصل سوم: مصالح و روش های آزمایش
۳۸	۳-۱- مقدمه
۳۸	۳-۲- مصالح مورد استفاده در تحقیق
۳۸	۳-۲-۱- آماده سازی پودر ضایعات سنگی مصرف شده:
۴۱	۳-۳- آزمایش دانه بندی
۴۱	۳-۳-۱- دانه بندی خاک
۴۱	۳-۴- آزمایش تعیین درصد رطوبت
۴۲	۳-۵- آزمایش تراکم
۴۲	۳-۶- آزمایش تعیین حد خمیری و حد روانی
۴۲	۳-۷- آزمایش نسبت باربری کالیفرنیا

۴۴	..... ساخت نمونه های آزمایش CBR ۱-۷-۳
۴۵	..... انجام آزمایش تورم ۲-۷-۳
۴۶	..... دستگاه آزمایش نسبت باربری کالیفرنیا CBR ۳-۷-۳
۴۷	..... آزمایش فشاری محدود نشده ۸-۳
۴۸	..... ابعاد نمونه آزمایش فشاری محدود نشده ۱-۸-۳
۴۹	..... ساخت نمونه آزمایش فشاری محدود نشده ۲-۸-۳
۵۲	..... دستگاه آزمایش مقاومت فشاری محدود نشده ۳-۸-۳
۵۲	..... آزمایش pH ۹-۳
۵۳	..... آزمایش برش مستقیم: ۱۰-۳
۵۴	..... ترکیب ساخت نمونه ها ۱۱-۳
فصل چهارم: نتایج آزمایش ها و تحلیل آنها	
۶۰	..... ۱- مقدمه ۱-۴
۶۰	..... ۲- نتایج آزمایش دانه بندی ۲-۴
۶۰	..... ۱-۲-۴ دانه بندی خاک رس
۶۱	..... ۱-۲-۴ دانه بندی آهک
۶۲	..... ۱-۲-۴ دانه بندی پودر ضایعات سنگی
۶۲	..... ۳-۴ نتایج آزمایش تعیین درصد رطوبت
۶۲	..... ۱-۳-۴ تعیین درصد رطوبت خاک رس
۶۲	..... ۴-۴ نتایج آزمایش تعیین حد خمیری خاک رس
۶۲	..... ۱-۴-۴ نتایج آزمایش تعیین حد خمیری خاک رس ترکیب شده با درصد های مختلف آهک و پودر ضایعات سنگی
۶۳	..... ۵-۴ نتایج آزمایش تعیین حد روانی خاک رس
۶۶	..... ۶-۴ نتایج آزمایش تراکم
۶۵	..... ۱-۶-۴ نتایج آزمایش تراکم خاک رس

۶۷	۲-۶-۴- نتایج آزمایش تراکم پودر ضایعات سنگی.....
۶۸	۲-۶-۴- نتایج آزمایش تراکم خاک با درصد های مختلف آهک و پودر ضایعات سنگی.....
۷۲	۷-۴- نتایج آزمایش pH
۷۲	۸-۴- نتایج آزمایش CBR.....
۷۳	۱-۸-۴- نتایج آزمایش CBR در حالت خشک.....
۷۷	۲-۸-۴- نتایج آزمایش CBR در حالت اشباع.....
۷۹	۳-۸-۴- مقایسه نتایج آزمایش CBR در حالت ۷ و ۲۸ روزه خشک.....
۸۱	۴-۸-۴- مقایسه نتایج آزمایش CBR در زمان های مختلف عمل آوری.....
۸۴	۹-۴- آزمایش اندازه گیری تورم.....
۸۴	۱-۹-۴- نتایج آزمایش اندازه گیری تورم.....
۸۷	۱۰-۴- نتایج آزمایش مقاومت فشاری محدود نشده (UCS).....
۸۸	۱-۱۰-۴- نتایج مقایسه ای آزمایش مقاومت فشاری محدود نشده.....
۹۳	۱۳-۴- تحلیل اقتصادی طرح:.....
	فصل پنجم : نتیجه گیری و پیشنهادات
۹۵	۱-۵- نتایج.....
۹۶	۲-۵- پیشنهادها.....
۹۸	منابع.....

فهرست اشکال

- شکل ۱-۲ - چهاروجهی سیلیکا و ورقه چهاروجهی سیلیکا [۱] ۶
- شکل ۲-۲ - هشت وجهی آلومینا و ورقه هشت وجهی آلومینا (گیسیت) [۱] ۷
- شکل ۳-۲ - ورقه سیلیکا [۱] ۷
- شکل ۴-۲ - ورقه گیسیت و بروسیت [۱] ۷
- شکل ۵-۲ - ساختمان اتمی کائولینیت [۱] ۸
- شکل ۶-۲ - ساختمان اتمی ایلیت [۱] ۹
- شکل ۷-۲ - ساختمان اتمی مونتموریلونت [۱] ۱۰
- شکل ۸-۲ - کانی های مختلف رسی شامل الف) کائولینیت ب) ایلیت ج) مونتموریلونیت [۶] ۱۱
- شکل ۹-۲ - نمودار تعیین درصد بهینه آهک در روش آشتو [۲۸] ۱۷
- شکل ۱۰-۲ - مکانیزم تبادل کاتیونی [۱] ۲۳
- شکل ۱-۳ - الف) عکس هوایی از کارخانجات سنگبری شهرستان بروجرد (google earth)، (ب) نمای بزرگ شده از کارخانه ۳۹
- شکل ۲-۳ - دستگاه برش سنگ در کارخانه سنگبری ۳۹
- شکل ۳-۳ - الف) و (ب) - نمایی از ضایعات اطراف کارخانجات سنگبری ۴۰
- شکل ۴-۳ - نحوه ترکیب مصالح با خاک به صورت خشک ۴۴
- شکل ۵-۳ - مصالح ترکیب شده با خاک و ریخته شده در کیسه های نایلون ۴۵
- شکل ۶-۳ - فرآیند اندازه گیری تورم نمونه های CBR ۴۶
- شکل ۷-۳ - دستگاه آزمایش CBR در حالت بدون بارگذاری ۴۷
- شکل ۸-۳ - نحوه آماده سازی نمونه های آزمایش فشاری محدود نشده ۴۹
- شکل ۹-۳ - نمونه خارج شده از قالب آزمایش فشاری محدود نشده ۵۰

- شکل ۳-۱۰- عمل آوری نمونه های آزمایش تک محوری در حالت ۷ و ۲۸ روزه خشک ۵۰
- شکل ۳-۱۱- نمونه های آزمایش تک محوری پیچانده شده با سلفون و چسب ۵۱
- شکل ۳-۱۲- غرقاب کردن نمونه های آزمایش تک محوری در حالت ۷ و ۲۸ روزه مرطوب ۵۱
- شکل ۳-۱۳- دستگاه آزمایش تک محوری در حالت بارگذاری آزمایش تک محوری ۵۲
- شکل ۳-۱۴- دستگاه مولتی متر TWT ۵۳
- شکل ۳-۱۵- دستگاه آزمایش برش مستقیم ۵۳
- شکل ۴-۱- منحنی دانه بندی خاک رس مصرفی ۶۱
- شکل ۴-۲- مقایسه نتایج آزمایش حد خمیری برای نمونه های تثبیت شده ۶۳
- شکل ۴-۳- نمودار خمیری کاساگرانده ۶۴
- شکل ۴-۴- مقایسه نتایج آزمایش حد روانی برای نمونه های تثبیت شده ۶۴
- شکل ۴-۵- مقایسه نتایج دامنه خمیری برای نمونه های تثبیت شده ۶۵
- شکل ۴-۶- منحنی آزمایش تراکم استاندارد خاک ۶۶
- شکل ۴-۷- انواع منحنی های تراکم بر اساس نتایج lee و suedkamp [۸۱] ۶۷
- شکل ۴-۸- منحنی آزمایش تراکم استاندارد پودر ضایعات سنگی ۶۷
- شکل ۴-۹- تغییرات مشخصات تراکمی با تغییر پودر ضایعات سنگی و ۳٪ درصد آهک ۶۸
- شکل ۴-۱۰- تغییرات مشخصات تراکمی با تغییر پودر ضایعات سنگی و ۶٪ درصد آهک ۶۹
- شکل ۴-۱۱- تغییرات مشخصات تراکمی با تغییر پودر ضایعات سنگی و ۹٪ درصد آهک ۶۹
- شکل ۴-۱۲- تغییرات مشخصات تراکمی با تغییر پودر ضایعات سنگی و ۱۱٪ درصد آهک ۷۰
- شکل ۴-۱۳- تغییرات حداکثر وزن مخصوص خشک با تغییر پودر ضایعات سنگی و آهک ۷۱
- شکل ۴-۱۴- تغییرات رطوبت بهینه با تغییر پودر ضایعات سنگی و آهک ۷۱
- شکل ۴-۱۵- منحنی مقاومت CBR برای نمونه های ۷ روزه خشک ۷۴

- شکل ۴-۱۶- منحنی مقاومت CBR برای نمونه های ۲۸ روزه خشک ۷۵
- شکل ۴-۱۷- منحنی مقاومت CBR در برابر تغییرات پودر ضایعات سنگی برای نمونه های ۷ روزه خشک
..... ۷۵
- شکل ۴-۱۸- منحنی نسبت CBR خاک تثبیت شده برای نمونه های ۷ روزه خشک ۷۶
- شکل ۴-۱۹- منحنی مقاومت CBR در برابر تغییرات پودر ضایعات سنگی برای نمونه های ۲۸ روزه خشک
..... ۷۷
- شکل ۴-۲۰- منحنی نسبت CBR خاک تثبیت شده برای نمونه های ۲۸ روزه خشک ۷۷
- شکل ۴-۲۱- نمودار CBR نمونه های ۹۶ ساعته اشباع ۷۸
- شکل ۴-۲۲- منحنی نسبت CBR خاک تثبیت شده برای نمونه های ۹۶ ساعته اشباع ۷۹
- شکل ۴-۲۳- مقایسه مقاومت CBR نمونه با درصدهای مختلف آهک در حالت ۷ و ۲۸ روزه خشک ۷۹
- شکل ۴-۲۴- مقایسه مقاومت CBR نمونه با درصدهای مختلف آهک و ۳٪ پودر ضایعات سنگی در حالت
۷ و ۲۸ روزه خشک ۸۰
- شکل ۴-۲۵- مقایسه مقاومت CBR نمونه با درصدهای مختلف آهک و ۶٪ پودر ضایعات سنگی در حالت
۷ و ۲۸ روزه خشک ۸۰
- شکل ۴-۲۶- مقایسه مقاومت CBR نمونه با درصدهای مختلف آهک و ۹٪ پودر ضایعات سنگی در حالت
۷ و ۲۸ روزه خشک ۸۱
- شکل ۴-۲۷- مقایسه زمان عمل آوری در مقاومت CBR نمونه با درصدهای مختلف پودر ضایعات سنگی و
۳٪ آهک در حالت خشک ۸۲
- شکل ۴-۲۸- مقایسه زمان عمل آوری در مقاومت CBR نمونه با درصدهای مختلف پودر ضایعات سنگی
و ۶٪ آهک در حالت خشک ۸۲
- شکل ۴-۲۹- مقایسه زمان عمل آوری در مقاومت CBR نمونه با درصدهای مختلف پودر ضایعات سنگی
و ۹٪ آهک در حالت خشک ۸۳

- شکل ۴-۳۰- مقایسه زمان عمل آوری در مقاومت CBR نمونه با درصد های مختلف پودر ضایعات سنگی و ۱۱٪ آهک در حالت خشک..... ۸۳
- شکل ۴-۳۱- نمودار مقایسه ای تورم در برابر آهک مصرفی برای مقادیر مختلف پودر ضایعات سنگی . ۸۴
- شکل ۴-۳۲- مقایسه تورم در برابر گذشت زمان برای ۳٪ آهک و مقادیر مختلف پودر ضایعات سنگی .. ۸۵
- شکل ۴-۳۳- مقایسه تورم در برابر گذشت زمان برای ۶٪ آهک و مقادیر مختلف پودر ضایعات سنگ ... ۸۶
- شکل ۴-۳۴- مقایسه تورم در برابر گذشت زمان برای ۹٪ آهک و مقادیر مختلف پودر ضایعات سنگی .. ۸۶
- شکل ۴-۳۵- مقایسه تورم در برابر گذشت زمان برای ۱۱٪ آهک و مقادیر مختلف پودر ضایعات سنگی ۸۷
- شکل ۴-۳۶- مقایسه نمونه های آزمایش مقاومت فشاری محدود نشده در حالت ۷ روزه خشک ۸۸
- شکل ۴-۳۷- مقایسه نمونه های آزمایش مقاومت فشاری محدود نشده در حالت ۷ روزه مرطوب ۸۹
- شکل ۴-۳۸- مقایسه نمونه های آزمایش مقاومت فشاری محدود نشده در حالت ۲۸ روزه خشک ۹۰
- شکل ۴-۳۹- مقایسه نمونه های آزمایش مقاومت فشاری محدود نشده در حالت ۲۸ روزه مرطوب ۹۱
- شکل ۴-۴۰- صحت سنجی ۵ نمونه تصادفی برای آزمایش UCS ۹۲

فهرست جداول

- جدول ۳-۱- مشخصات روش A در آزمایش تراکم استاندارد [۷۶] ۴۲
- جدول ۳-۲- مقادیر بار استاندارد آزمایش CBR [۷۸] ۴۳
- جدول ۳-۳- تفاوت دو روش تراکم خاک براساس ASTM [۷۶] ۴۳
- جدول ۳-۴- تقسیم بندی رتبه خاک بر اساس عدد CBR [۷۹] ۴۴
- جدول ۳-۵- رابطه بین استحکام و مقاومت [۷۷] ۴۸
- جدول ۳-۶- مشخصات و علامت اختصاری استفاده شده در نمونه های آزمایش ۵۴
- جدول ۳-۷- ترکیب نمونه های آزمایش تراکم ۵۴
- جدول ۳-۸- ترکیب نمونه های آزمایش PH ۵۵
- جدول ۳-۹- ترکیب نمونه های آزمایش حدود آتبرگ ۵۵
- جدول ۳-۱۰- مشخصات نمونه های آزمایش CBR ۵۶
- جدول ۳-۱۱- مشخصات نمونه های آزمایش تک محوری ۵۷
- جدول ۳-۱۲- ترکیب نمونه های تکرار پذیری آزمایش تک محوری ۵۸
- جدول ۴-۱- ترکیبات شیمیایی خاک رس و آهک مصرفی در آزمایش های انجام شده [۸۰] ۶۱
- جدول ۴-۲- نتایج آزمایش تعیین درصد رطوبت طبیعی خاک رس ۶۲
- جدول ۴-۳- نتایج آزمایش حد خمیری خاک رس ۶۲
- جدول ۴-۴- نتایج آزمایش حد خمیری برای نمونه های تثبیت شده ۶۳
- جدول ۴-۵- مقادیر PH خاک رس ترکیب شده با مقادیر مختلف آهک و پودر ضایعات سنگی ۷۲

فصل اول

مقدمه

۱-۱- کلیات

خاکهای رسی معمولاً دارای مقاومت و ظرفیت باربری کم و مشکلات تورمی هستند. یکی از راههای مقابله با مشکلات این نوع خاکها، تثبیت خاک رس است. تثبیت خاک شامل فعالیت هایی است که در نتیجه آنها مشخصات مهندسی خاک بهبود یافته و به ویژگیهای مورد نظر نزدیک است. این اقدامات باعث افزایش مقاومت، کاهش تورم، کاهش نفوذپذیری، افزایش کارایی و اثرات بسیار سودمند دیگر می شود. خاکهای ریزدانه رسی باتوجه به مقادیری که در سطح کشورمان دارند، مشکلات زیادی را در پایداری بستر پروژه های عمرانی ایجاد کرده اند که نیازمند تثبیت قبل از ساخت و ساز بوده است. هر کشوری با توجه به توسعه یافتگی محصولاتی که مواد اولیه آنها وابسته به رس است و نگاهش به صنعت، برای خود یک دسته بندی برای رس های صنعتی دارد. در ایران با توجه به منابع خاک های صنعتی و رس ها و کاربری آنها توصیه می شود که خاک های صنعتی به شکل زیر دسته بندی شوند:

۱. رس های کائولینیتی و نسوز
۲. رس های بنتونیتی
۳. رس های معمولی یا نیمه صنعتی

فلات ایران با آب و هوای خشک و نیمه خشکی که دارد دارای خاک های مختلف و متنوع می باشد که به جزء خاک های رسوبی تماماً جزء خاک های بیابانی می باشند. از مشخصات مناطق با خاک بیابانی، آب و هوای بسیار خشک و فقدان پوشش گیاهی می باشد، همین مشخصات به اضافه هموار بودن منطقه و وسعت زیاد موجب آن است که فرسایش باد در این مناطق شدید باشد و ذرات نرم خاک انتقال یابند در نتیجه چاله هایی در داخل خاک به وجود آید. خاک های بیابانی خود به دو دسته تقسیم می شوند: خاک های سرخ بیابانی - خاک های خاکستری بیابانی. این دو دسته خاک غالباً شور بوده از لحاظ مواد آلی فقیر هستند. خاک های بیابانی به طور کلی در سطح وسیعی از ایران گسترده شده اند و در غالب مناطق خشک منجمله در اطراف نائین - یزد - کرمان و زاهدان و قسمتی از کویر لوت و منطقه بجنورد یافت می شوند [۳].

نوع دیگر از خاک های این منطقه (نیمه خشک) با باران ۲۵۰ الی ۴۰۰ میلی متر خاک های قهوه ای می باشد، این خاک ها در سطح وسیعی از مناطق نیمه خشک فلات گسترده شده است، رستنی های آن علف های کوتاه می باشد که غالباً به صورت مرتع استفاده می شود مانند دشت مغان دشت گرگان - ناحیه شمال شرقی خراسان (باجگیران تا سرخس). در زمین های نواحی که بارندگی در زمستان و بهار کافی باشد غلات چون گندم و جو در آن کشت می شود همچنین در نقاطی که آب کافی در اختیار باشد همراه

گندم نباتات صنعتی چون پنبه - چغندر قند و غیره به عمل می‌آید. خاک قهوه‌ای فلات در ایران بیش از همه در شمال غربی و غرب ایران همچنین در شمال شرقی و جنوب غربی یافت می‌شود. در مناطق نیمه خشک روی شیب‌های نسبتاً تند و گاهی تند خاک‌های دیگر از نوع بلوطی رنگ دیده می‌شود که پوشش گیاهی آن غنی‌تر از خاک‌های قهوه‌ای می‌باشد که در آن علف‌ها و بوته‌ها روئیده می‌شوند. این نوع خاک‌ها در ایران زیاد نیست آنچه که هست به مقدار زیاد در دشت‌های مرتفع آذربایجان و به مقدار کم در ساحل دریای خزر اطراف دشت گرگان دیده می‌شود، عموماً از این نوع خاک‌ها در ایران جهت کشت گندم به‌طور دیم استفاده می‌گردد چنانچه آب وجود داشته باشد در این خاک پنبه نیز به عمل می‌آید [۳].

برای تثبیت خاک از مواد تثبیت کننده مختلفی نظیر سیمان، آهک، قیر، کلرور کلسیم یا سدیم استفاده می‌شود. انتخاب نوع ماده تثبیت کننده به عوامل زیادی از قبیل جنس خاک، شرایط جوی منطقه، وفور و سهولت استفاده در خاک، میزان بارگذاری و بهره برداری و نوع کاربرد و هزینه عملیات بستگی دارد. در تثبیت به وسیله مواد شیمیایی استفاده از آهک و سیمان بسیار متداول است. آهک به دلیل دامنه وسیع برای انواع خاک‌ها، قیمت مناسب، در دسترس بودن و اثرات دائمی کاربرد زیادی دارد. آنچه در این پایان نامه مورد ارزیابی قرار می‌گیرد تاثیر افزودن آهک و پودر ضایعات سنگی به خاک رس می‌باشد که از طریق آزمایش مقاومت فشاری محدود نشده (تک محوری) و آزمایش CBR مورد مطالعه قرار می‌گیرد.

نتایج حاصل از آزمایش‌ها و مطالعات، تاثیر آهک و پودر ضایعات سنگی بر مقاومت خاک رس بوده است که با توجه به درصد مورد استفاده از لحاظ اقتصادی در پروژه‌های عمرانی مقرون به صرفه خواهد بود.

همچنین باتوجه به آگاهی از اثرات آلودگی‌های زیست محیطی مواد باطله، اگر بتوان شرایطی را فراهم کرد که از این مواد، در صورت داشتن خاصیت پوزولانی، در بحث تثبیت خاک استفاده شود، می‌تواند از نظر زیست محیطی و اقتصادی مفید باشد.

۱-۲- سئوالات مطرح شده در پژوهش

با توجه به انجام آزمایش در این مطالعه، سعی بر آن است که رابطه بین نتایج آزمایشگاهی را استخراج کرده و تاثیر آنها را بر روی تثبیت خاک مطرح کنیم.

بنابراین سؤال‌های اساسی در این تحقیق به شرح زیر خواهند بود:

۱- رابطه بین درصد آهک و نسبت باربری کالیفرنیا به چه صورت خواهد بود؟

۲- نسبت تغییرات پودر ضایعات سنگی به همراه آهک با نسبت باربری کالیفرنیا چگونه است؟

۳- رابطه بین درصد آهک و مقاومت بدست آمده از آزمایش UCS خاک تثبیت شده به چه صورت خواهد بود؟

۳-۱- اهداف پژوهش

در این پژوهش سعی شده است تأثیر تغییرات آهک و یک ماده ضایعاتی صنعتی (پودر ضایعات حاصل از کارخانجات سنگبری)، بر مقاومت و خصوصیات تورمی خاک رس مورد بررسی قرار بگیرد. بنابراین هدف از این پژوهش، بررسی کارائی روش تثبیت و یافتن بهترین ماده متناسب با شرایط خاک منطقه، همچنین تامین بهترین مقاومت با حداقل هزینه می باشد. بنابراین مزایای تثبیت را از نقطه نظر فنی و جنبه های اقتصادی باید مورد بررسی قرار داد.

۴-۱- معرفی فصلهای پایان نامه

فصل های موجود در این پایان نامه به شرح زیر است:

فصل اول : مقدمه

فصل دوم : خاک رس و تثبیت آن با آهک و پودر ضایعات سنگی

در این فصل کلیاتی راجع به خاک رس، آهک و پودر ضایعات سنگی بیان خواهد شد؛ همچنین به تثبیت خاک رس و واکنش های انجام گرفته و اصلاحات به وجود آمده در اثر تثبیت در خاک رس، اشاره می شود و در نهایت مروری بر مطالعات پیشین، بیان شده است.

فصل سوم: مصالح و روشهای آزمایش

فصل چهارم : نتایج آزمایش ها و تحلیل آنها

فصل چهارم این پایان نامه، به کلیه فعالیتها و آزمایش های انجام شده در طی انجام پایان نامه اختصاص دارد.

در این فصل نتایج به دست آمده از آزمایش ها و فعالیت های انجام گرفته دسته بندی شده و سپس مورد تحلیل قرار گرفته است.

فصل پنجم : نتیجه گیری و پیشنهادات

در فصل آخر نتایج کلی جمع آوری و مورد بحث قرار گرفته است و همچنین پیشنهادهای لازم جهت ادامه دادن مسیر این تحقیق و کار در زمینه های بعدی آمده است.

در انتها فهرست مراجع مورد استفاده در این پژوهش ارائه شده است.

فصل دوم

خاک رس و تثبیت آن با آهک و پودر ضایعات سنگی