دانشگاه آزاد اسلامی

واحد تهران مرکزی

دانشکده فنی ، گروه عمران

پایان‌نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد(M.Sc)

گرایش : مکانیک خاک و پی

عنوان :

بهبود مقاومت برشی خاک ریزدانه-درشت دانه بااستفاده از سیمان بیولوژیک

استاد راهنما:

دکتر مهدی سیاوش نیا

استاد مشاور:

دکتر فاطمه تابنده

پژوهشگر :

علی بابایی

زمستان ۹۰

با تشکر از اساتید گرامی

جناب آقای دکتر مهدی سیاوش نیا و سرکار خانم دکتر فاطمه تابنده

تقدیم به پدر و مادر مهربانم

فهرست مطالب

عنوان صفحه

چکیده ۱
پیشگفتار ۲
فصل اول : کلیات بهسازی بیولوژیک بر پایه رسوب القایی کربنات کلسیم
۱-۱-مقدمه ۶
۱-۲-بهسازی بیولوژیک خاک ۶
۱-۲-۱- انواع روشهای بهسازی بیولوژیک خاک ۷
۱-۲-۱-۱- معدنی سازی زیستی ۸
۱-۲-۱-۱-۱-سیمانی سازی زیستی ۱۰
۱-۲-۱-۱-۲-انسداد زیستی ۱۱
۱-۲-۱-۲-گاز زیستی ۱۳
۱-۲-۱-۳-بیوفلیم ۱۳
۱-۲-۲-پایش فرآیند ۱۴
۱-۲-۳-رسوی القایی سنگ آهک بواسطه هیدرولیز اوره ۱۴
۱-۲-۴- فرآیند سیمانی سازی زیستی و محدودیت ها و ملزمات ۱۶
۱-۲-۴-۱- حذف محصولات باقی مانده ۱۷
۱-۲-۴-۲-ملزومات شناسایی شده برای سیمانی سازی زیستی ۱۷
۱-۲-۵-تبدیل از مقیاس آزمایشگاهی به مقیاس زمین ۱۸

فهرست مطالب

عنوان صفحه

فصل دوم : پیشینه تحقیق
۲-۱-مقدمه ۲۰
۲-۲- وایفن (۲۰۰۷) ۲۰
۲-۲-۲- میکروارگانیزم ۲۱
۲-۲-۳-مشخصات تزریق ۲۱
۲-۲-۴- فعالیت سنجی ۲۱
۲-۲-۵- سنجش سختی ، مقاومت، تخلخل و نفوذ پذیری ۲۲
۲-۲-۶- بحث ۲۴
۲-۲-۶-۱- تاثیر سمنتاسیون روی خواص مهندسی ۲۷
۲-۳- د جانگ (۲۰۰۶ و ۲۰۰۹) ۳۰
۲-۳-۱- میکروارگانیزم ۳۰
۲-۳-۲- دادههای شماتیک و آزمایشگاهی از مراحل تزریق و افزایش ۳۱
۲-۳-۳ -نتایج ۳۲
۲-۳-۳-۱- ماسه بهسازی نشده ۳۲
۲-۳-۳-۲- ماسه بهسازی توسط گچ ۳۲
۲-۳-۳-۳- ماسه بهسازی به واسطه رسوب القایی کربنات کلسیم ۳۲
۲-۳-۳-۴- بررسی اثر سمنتاسیون در مقیاس میکروسکوپی با استفاده از میکروسکوپ الکترونی ۳۴
۲-۳-۴- گامی بین مقیاس آزمایشگاهی و مقیاس بزرگ (ساختگاه) ۳۵
۲-۴- لئون آندریاس ون پاسن (۲۰۰۹) ۳۶

فهرست مطالب

عنوان صفحه

۲-۴-۱- آزمایش های m^3 ..... ۳۶

۲-۴-۲- آزمایش $۱۰۰m^3$ ۴۱

۲-۴-۲-۱- بحث در مورد ناهمگونی خواص بدست آمده ۴۴

۲-۴-۳- نتایج ۴۷

فصل سوم: مواد و روشها

۳-۱- مقدمه ۵۳

۳-۲- مواد و روشها ۵۳

۳-۲-۱- انتخاب سویه میکروبی ۵۳

۳-۲-۱-۱- محیط های کشت و رشد سویه ۵۴

۳-۲-۱-۲- روشهای شناسایی سویه ۵۴

۳-۲-۱-۳- روش نگهداری سویه ۵۵

۳-۲-۲- سیمان بیولوژیک ۵۵

۳-۲-۲-۱- روش کشت سویه ها ۵۵

۳-۲-۲-۲- سنجش فعالیت اوره آز ۵۶

۳-۲-۲-۳- تهیه محلول واکنش ۵۷

۳-۲-۲-۴- تولید سیمان زیستی ۵۷

۳-۳- مصالح به کار برده شده در تحقیق ۵۸

۳-۳-۱- نامگذاری نمونه ها ۵۸

فهرست مطالب

عنوان | صفحه

۳-۳-۲- آزمایش دانه بندی ۵۹
۳-۳-۲-۱- دانه بندی رس و لای ۶۰
۳-۳-۲-۲- آزمایش تعیین درصد رطوبت خاک ۶۰
۳-۳-۲-۳- آزمایش تعیین چگالی (G_s) ۶۰
۳-۳-۲-۴- آزمایش حد روانی و خمیری ۶۱
۳-۴- آزمایش تراکم پراکتور اصلاح شده ۶۱
۳-۵- آزمایشهای نسبت باربری کالیفرنیا (CBR) ۶۲
۳-۵-۱- معرفی آزمایش ۶۲
۳-۵-۲- بهره گیری از نتایج آزمایش CBR ۶۵
۳-۵-۳- عوامل موثر بر CBR ۶۵
۳-۵-۴- نمونه های به کار برده شده در آزمایش CBR ۶۷
۳-۵-۵- اندازه گیری تورم ۶۸
۳-۶- آزمایش مقاومت فشاری محدود نشده ۶۹
۳-۶-۱- معرفی آزمایش ۶۹
۳-۶-۲-اهمیت آزمایش ۷۰
۳-۶-۳- کاربرد آزمایش ۷۱
۳-۶-۴- مزایا و معایب آزمایش مقاومت فشاری محدود نشده ۷۱
۳-۶-۵- دستگاه آزمایش مقاومت فشاری محدود نشده ۷۲
۳-۶-۶- ابعاد نمونه ۷۲

فهرست مطالب

عنوان صفحه

۳-۶-۷- ساخت نمونه ها ۷۴

۳-۶-۸- انجام آزمایش مقاومت فشاری محدود نشده ۷۵

فصل چهارم: نتایج و بحث

۴-۱. مقدمه ۷۷

۴-۲- نتاج ۷۹

۴-۲-۱- منحنی رشد و فعالیت سنجی ۷۹

۴-۲-۲- نتایج آزمایش جهت تعیین مشخصات خاک درشت دانه ۸۰

۴-۲-۳- نتایج آزمایش جهت تعیین مشخصات خاک ریزدانه ۸۲

۴-۲-۳-۱- **نتایج آزمایش دانه بندی** ۸۲

۴-۲-۳-۲- نتایج آزمایش حد روانی و حد خمیری ۸۴

۴-۲-۳-۳- **نتایج آزمایش تراکم** ۸۴

۴-۲-۴- آزمایش نسبت باربری کالیفرنیا ۸۷

۴-۲-۵- آزمایش تورم ۱۰۴

۴-۲-۵-۱- میزان تورم نمونه های مختلف ۱۰۴

۴-۲-۶- مقاومت فشاری محدود نشده ۱۱۴

۴-۳- جمع بندی ۱۱۹

فصل پنجم: نتیجه گیری و پیشنهادات

۵-۱. مقدمه ۱۲۳

۵-۲. نتیجه گیری ۱۲۳

۵-۳. پیشنهادات ۱۲۵

مراجع فارسی ۱۲۶

مراجع لاتین ۱۲۷

فهرست جداول

عنوان صفحه

جدول۱-۱- مکانیزم سیمانی شدن زیستی ۱۰
جدول ۱-۲- مکانیزم انسداد زیستی ۱۲
جدول۲-۱- مشخصات ماسه **Itterbeek** ۲۰
جدول ۲-۲- مراحل تزریق ۲۱
جدول ۲-۳- ماسه استفاده شده در آزمایشات دجانگ ۳۰
جدول ۲-۴- مشصات محیط کشت و محلول استفاده شده توسط دجانگ ۳۱
جدول ۲-۵- خلاصه ای از نتایج بدست آمده از مقره های ماسه بهسازی شده ۴۸
جدول ۲-۶- خلاصه از پارامترهای به دست آمده با استفاده از نرم افزار **Rocklab** ۵۱
جدول۳-۱- مشخصات و احجام تزریق. ۵۷
جدول ۳-۲- مشخصات روش آزمایش تراکم استاندارد(**ASTM D1557**) ۶۲
جدول ۳-۳- موارد استفاده خاکها در روسازی ۶۵
جدول ۳-۴- نسبتهای مختلف اختلاط خاک ریز دانه و درشت دانه و درصد رطوبتهای متفاوت مورد استفاده در تعیین **CBR** ۶۷
جدول ۳-۵- نسبتهای اختلاط خاک و درصد رطوبتهای مورد استفاده در آزمایش تک محوری ۷۶
جدول۴-۱- مشخصات ماسه ۸۱
جدول ۴-۲- مشخصات خاکهای ریزدانه ۸۳
جدول ۴-۳- خلاصه ای از نتایج آزمایشات **CBR** و میزان تورم ۱۱۱
جدول ۴-۴- خلاصه ای از نتایج آزمایشات تک محوری محصور نشده ۱۱۸

فهرست اشکال

عنوان صفحه

شکل۱-۱- کنترل و مدیریت فرآیند بهسازی بیولوژیک خاک ۸
شکل۱-۲- انسداد زیستی و سیمانی شدن زیستی..... ۹
شکل ۱-۳- رسوب القایی کربنات کلسیم در اطراف ریشه گیاهان..... ۱۱
شکل ۱-۴- تصویر بیوفیلم ***Staphylococcus aureus***..... ۱۴
شکل۲-۱- همبستگی میان میزان کربنات کلسیم رسوب داده شده و مقاومت فشاری سه محوی..... ۲۲
شکل۲-۲- میزان نفوذ پذیری در طول ستون ۲۲
شکل۲-۳- میزان مقاومت و محتوای کربنات کلسیم رسوب داده شده ۲۳
شکل۲-۴- میزان کربنات کلسیم و سختی **E50**..... ۲۵
شکل۲-۵- حرکت جبهه واکنش در طی فاز تزریق..... ۲۶
شکل ۲-۶- مراحل تزریق و تغییر در سرعت موج برشی بصورت شماتیک ۳۱
شکل ۲-۷- نمودار داده های آزمایشگاهی تست سه محوری زهکشی نشده و سرعت موج برشی..۳۳
شکل ۲-۸- ماسه سیمانی نشده ، تصویر**SEM**..... ۳۴
شکل ۲-۹- شکل شماتیک تزریق و تغییر در سرعت موج برشی بواسطه تغییر بر میزان سمنتاسیون ۳۵
شکل ۲-۱۰- منحنی بارگذاری صفحه ای و میزان جابجایی در مرکز پی..... ۳۶
شکل ۲-۱۱- ماسه سیمانی شده که در اثر تزریق یک نقطه ای و نتیجتا بر اثر جریان شعاعی به صورت کروی در آمده ۴۰

فهرست اشکال

عنوان صفحه

شکل ۲-۱۲- آزمایش ۱۰۰ متر مکعبی ۴۱
شکل ۲-۱۳- جسم ماسه سیمانی شده در مقیاس ۱۰۰ متر مکعب ۴۲
شکل ۲-۱۴- مقطع عرضی در امتداد طولی جریان بین نقاط تزریق و خروجی ۴۳
شکل ۲-۱۵- ماژول برشی در کرنش پائین در طول تزریق ۴۹
شکل ۲-۱۶- همبستگی میان کربنات کلسیم و مقاومت فشاری تک محوری ۴۹
شکل ۲-۱۷- رفتار تغییر شکل سه نمونه مشابه با سه فشار جانبی ۳ و ۱۰۰و ۵۰۰ کیلو پاسکال ۵۰
شکل ۲-۱۸- معیار شکست **hoek-Brown** با استفاده از داده های آزمون کشش برزیلی ۵۰
شکل ۲-۱۹- برارزش عددی داده های آزمون کششی برزیلی ۵۱
شکل۳-۱- منحنی رشد **Sporosarcina pasteurii** ۵۶
شکل۳-۲- نمودار کالیبراسیون هیدرولیز – هدایت الکتریکی **(Whiffen 2004)** ۵۶
شکل۳-۳- دستگاه **CBR** ۶۴
شکل۳-۴- نحوه غوطه ور سازی نمونه ها در آب ۶۹
شکل۳-۵- دستگاه آزمایش تک محوری ۷۳
شکل۳-۶- جک خارج کننده نمونه از قالب ۷۵

فهرست اشکال

عنوان صفحه

شکل۴-۱- منحنی رشد ۷۹
شکل۴-۲- فعالیت سنجی ۸۰
شکل۴-۳- منحنی دانه بندی ماسه ۸۱
شکل۴-۴- منحنی تراکم استاندارد ماسه ۸۲
شکل۴-۵- منحنی دانه بندی خاک ریز دانه ۸۳
شکل۴-۶- منحنی تراکم استاندارد نمونه های با خاک ریز دانه رس (بدون افزودنی) ۸۴
شکل۴-۷- منحنی تراکم استاندارد نمونه های با خاک ریز دانه لای (بدون افزودنی) ۸۵
شکل۴-۸- تغییرات **CBR** اشباع در مقابل تغییر رطوبت (رس بدون ماسه) ۸۹
شکل۴-۹- مقادیر **CBR** اشباع در مقابل تغییر رطوبت وزمان عمل آوری(رس بدون ماسه)..... ۸۹
شکل۴-۱۰- تغییرات **CBR** اشباع در مقابل تغییر رطوبت(رس به همراه ۱۰ درصد ماسه). ۹۱
شکل۴-۱۱- مقادیر **CBR** اشباع در مقابل تغییر رطوبت وزمان عمل آوری(رس به همراه۱۰ درصد ماسه)..... ۹۱
شکل۴-۱۲- تغییرات **CBR** اشباع در مقابل تغییر رطوبت(رس به همراه ۲۰ درصد ماسه) ۹۳
شکل۴-۱۳- مقادیر **CBR** اشباع در مقابل تغییر رطوبت وزمان عمل آوری (رس به همراه ۲۰ درصد ماسه) ۹۳
شکل۴-۱۴- تغییرات **CBR** اشباع در مقابل تغییر رطوبت در حالت بدون افزودنی (عمل آوری در زمان صفر، نمونه هایی با خاک ریز دانه رس)..... **۹۴**

فهرست اشکال

عنوان صفحه

شکل۴-۱۵- مقادیر **CBR** اشباع در مقابل تغییر رطوبت در حالت بدون افزودنی (عمل آوری در زمان صفر، نمونه هایی با خاک ریز دانه رس) **۹۴**

شکل۴-۱۶- تغییرات **CBR** اشباع در مقابل تغییر رطوبت با عمل آوری ۷ روزه(نمونه هایی با خاک ریز دانه رس) ۹۵

شکل۴-۱۷- مقادیر **CBR** اشباع در مقابل تغییر رطوبت با عمل آوری ۷ روزه(نمونه هایی با خاک ریز دانه رس) ۹۵

شکل۴-۱۸- تغییرات **CBR** اشباع در مقابل تغییر رطوبت با عمل آوری ۲۸ روزه(نمونه هایی با خاک ریز دانه رس) ۹۶

شکل۴-۱۹- مقادیر **CBR** اشباع در مقابل تغییر رطوبت با عمل آوری ۲۸ روزه(نمونه هایی با خاک ریز دانه رس) ۹۶

شکل۴-۲۰- تغییرات **CBR** اشباع در مقابل تغییر رطوبت(لای بدون ماسه) ۹۸

شکل۴-۲۱- مقادیر **CBR** اشباع در مقابل تغییر رطوبت وزمان عمل آوری(لای بدون ماسه) ۹۸

شکل۴-۲۲- تغییرات **CBR** اشباع در مقابل تغییر رطوبت(لای به همراه ۱۰ درصد ماسه) ۹۹

شکل۴-۲۳- مقادیر **CBR** اشباع در مقابل تغییر رطوبت وزمان عمل آوری(لای به همراه ۱۰ درصد ماسه) ۹۹

شکل۴-۲۴- تغییرات **CBR** اشباع در مقابل تغییر رطوبت(لای به همراه ۲۰ درصد ماسه) ۱۰۰

شکل۴-۲۵- مقادیر **CBR** اشباع در مقابل تغییر رطوبت وزمان عمل آوری(لای به همراه ۲۰ درصد ماسه) ۱۰۰

فهرست اشکال

عنوان صفحه

شکل۴-۲۶- تغییرات **CBR** اشباع در مقابل تغییر رطوبت در حالت بدون افزودنی (عمل آوری در زمان صفر، نمونه هایی با خاک ریز دانه لای) ۱۰۱

شکل۴-۲۷- مقادیر **CBR** اشباع در مقابل تغییر رطوبت در حالت بدون افزودنی (عمل آوری در زمان صفر، نمونه هایی با خاک ریز دانه لای) **۱۰۱**

شکل۴-۲۸- تغییرات **CBR** اشباع در مقابل تغییر رطوبت با عمل آوری ۷ روزه(نمونه هایی با خاک ریز دانه لای) **۱۰۲**

شکل۴-۲۹- مقادیر **CBR** اشباع در مقابل تغییر رطوبت با عمل آوری ۷ روزه(نمونه هایی با خاک ریز دانه لای) ۱۰۲

شکل۴-۳۰- تغییرات **CBR** اشباع در مقابل تغییر رطوبت با عمل آوری ۲۸ روزه(نمونه هایی با خاک ریز دانه لای) ۱۰۳

شکل۴-۳۱- مقادیر **CBR** اشباع در مقابل تغییر رطوبت با عمل آوری ۲۸ روزه(نمونه هایی با خاک ریز دانه لای) ۱۰۳

شکل۴-۳۲- تغییرات تورم خاک در مقابل تغییر رطوبت در زمان عمل آوری صفر، ۷ و ۲۸ روزه (رس بدون ماسه) ۱۰۶

شکل۴-۳۳- مقادیر تورم خاک در مقابل تغییر رطوبت در زمان عمل آوری صفر، ۷ و ۲۸ روزه (رس بدون ماسه) ۱۰۶

شکل۴-۳۴- تغییرات تورم خاک در مقابل تغییر رطوبت در زمان عمل آوری صفر، ۷ و ۲۸ روزه (رس به همراه ۱۰ درصد ماسه) ۱۰۸

فهرست اشکال

عنوان صفحه

شکل۴-۳۵- مقادیر تورم خاک در مقابل تغییر رطوبت در زمان عمل آوری صفر، ۷ و ۲۸ روزه (رس به همراه ۱۰ درصد ماسه).....۱۰۸
شکل۴-۳۶- تغییرات تورم خاک در مقابل تغییر رطوبت در زمان عمل آوری صفر، ۷ و ۲۸ روزه (رس به همراه ۲۰ درصد ماسه).....۱۰۹
شکل۴-۳۷- مقادیر تورم خاک در مقابل تغییر رطوبت در زمان عمل آوری صفر، ۷ و ۲۸ روزه (رس به همراه ۲۰ درصد ماسه).....۱۱۰
شکل۴-۳۸- منحنی مربوط به تغییرات مقاومت تک محوری به تغییرات رطوبت،خاک رس بدون افزودنی (عمل آوری در زمان صفر).....۱۱۶
شکل۴-۳۹- منحنی مربوط به تغییرات مقاومت تک محوری به تغییرات رطوبت،خاک لای بدون افزودنی (عمل آوری در زمان صفر).....۱۱۶
شکل۴-۴۰- منحنی مربوط به تغییرات مقاومت تک محوری به تغییرات رطوبت(خاک رس مخلوط با ماسه عمل آوری ۷ روزه).....۱۱۷
شکل۴-۴۱- منحنی مربوط به تغییرات مقاومت تک محوری به تغییرات رطوبت(خاک لای مخلوط با ماسه عمل آوری ۷ روزه).....۱۱۷

چکیده

در بسیاری از نقاط جهان خواص مکانیکی خاکهای ریزدانه برای مقاصد عمرانی مناسب نمی‌باشد. با توجه به اهمیت بهسازی خاکها ریزدانه امروزه با تاثیر پذیری از مکانیسم های موجود در طبیعت و با مطالعه و ترکیب علم ژئوتکنیک،میکروبیولوژی و ژئوشیمی سعی بر آن شده است که راهکاری مناسب جهت بهبود مقاومت برشی این نوع خاکهای ارائه شود.

تحقیقات اخیر برای ایجاد رسوب میکروبی سنگ آهک (MCP) بر روی خاک ماسه ای نشان داد که می توان مقاومت و سختی اینگونه خاک های را افزایش داد. MCP نتیجه هیدرولیز اوره توسط آنزیم اوره آز ترشح شده از میکروارگانیزم ها می باشد. به واسطه این واکنش آنزیمی، pH افزایش می یابد و کریستال سنگ آهک روی سطح ذرات و بین حفرات خاک رسوب می کند و نهایتا منجر به اتصال ذرات به یکدیگر و انسداد حفرات خاک می شود.

در این تحقیق به منظور بهسازی خاک های ریز دانه از میکروارگانیزم یک سویه باسیلوس هوازی اختیاری(DSM33) Sporosarcina pasteurii به عنوان تولید کننده اوره آز برای رسوب کربنات کلسیم استفاده گردید. همچنین از خاک ماسه ای SP جهت اختلاط با خاک ریزدانه استفاده و نهایتا نمونه ها ساخته شده اند .

برای برآورد میزان بهسازی، از آزمایش CBR و آزمایش مقاومت فشاری تک محوری محدود نشده استفاده شده است.

نتایج بیانگر مواردی همچون : مقدار CBR در همه نمونه ها با خاک پایه لای که با محلول فرآوری و عمل آوری شده اند،نسبت به همان نمونه که با آب تهیه شده ،بین ۱۵ الی ۶۰ درصد افزایش داشته است.

عدد CBRدر بهترین حالت فرآوری برای نمونه هایی با پایه خاک رس نسبت به خاک طبیعی ، ۸ برابر و در نمونه هایی با پایه خاک لای ،۱/۲۵ برابر افزایش داشته است .

با افزایش ماسه به خاک رس به مقدار ۲۰ درصد و فرآوری با محلول در زمان ۷ و ۲۸ روزه ، مقدار تورم نمونه ها تقریبا به صفر رسیده است . مقاومت فشاری تک محوری محصور نشده به دست آمده برای نمونه رس CH ولای ML با افزودن ۲۰٪ماسه و عمل آوری شده نسبت به خاک رس ولای غیر بهسازی شده افزایش مقاومتی به ترتیب ۴ و ۱۰ برابر را نشان داده است .

درکل چنین می توان نتیجه گیری کرد که افزودن ماسه ومحلول به خاکهای ریز دانه مورد استفاده در این تحقیق جهت بهسازی به میزان زیادی تاثیر گذار می باشد .

کلید واژه: رسوب میکروبی سنگ آهک، سمنتاسیون زیستی،آزمایش CBR ، مقاومت فشاری تک محوری محدود نشده، Sporosarcina pasteurii

پیشگفتار

در بسیاری از نقاط جهان خواص مکانیکی خاک برای مقاصد عمرانی مناسب نمی‌باشد. بعضی از ساختمان ها، جاده ها، خطوط راه آهن معمولاً نشست می کنند و نیازمند نگهداری هستند. خاکریزها و شیب ها ناپایدار می شوند و سواحل و رودخانه ها در معرض فرسایش قرار می گیرند. زمین لرزه ها نیز می‌توانند باعث روانگرایی رسوبات شل شده و در نهایت به سازه‌ای که در بالای آن قرار گرفته آسیب می رسانند. چاه‌های آب و نفت در مناطق رسوبی معمولاً ریزش می کنند و خروج این مواد از داخل چاه هزینه گزافی در بر دارد. همچنین پروژه‌های احیاء اراضی که موضوع اساسی و مهم آنها تراکم مصالح می باشد، نیازمند یک شیوه کارا و کم هزینه می باشد. با رشد جمعیت نیاز به ساخت و ساز افزایش می یابد و این مهم جز با گسترش زیر ساخت های عمرانی امکان پذیر نمی باشد.

از طرف دیگر کمبود زمین های مرغوب (زمین هایی که خاک آن برای ساخت وساز دارای خصوصیات مکانیکی مناسب است) مهندسین را به فکر ابداع روش هایی برای بهبود خواص خاک واداشت ،که حاصل آن ایجاد روش های مختلف بهسازی خاک شد. بهسازی خاک با افزودن موادی به آن به منظور بهبود خواص مکانیکی(تراکم پذیری ،سختی، مقاومت برشی، نفوذپذیری و...) انجام می پذیرد.

بهسازی خاک می تواند یکی از کاراترین شیوه ها برای پروژه هایی از این قبیل باشد. قبل و بعد از عملیات ساخت و ساز، بهسازی خاک معمولاً بر روی سطح (بهسازی سطحی) و یا زیر سطح (بهسازی عمیق) با روش هایی از قبیل تراکم، میخ کوبی خاک، سپر کوبی یا شمع، اختلاط خاک که با آهک و سیمان صورت می گیرد، انجام می شود (Karol 2003) [22]. در حال حاضر تقاضا برای روش های پایدار و مناسب برای بهبود خواص خاک رو به افزایش است با توجه به اینکه سالانه بیش از۴۰۰۰۰ پروژه با هزینه ای بالغ بر ۶ بیلیون دلار(ASCE 2006) [1] در سراسر دنیا صرف بهسازی خاک می شود .

رویکرد معمول در بهسازی تزریق مواد مصنوعی ساخت بشر مانند میکرو سیمان , اپوکسی, اکریلمید , فنوپلاست ها ,سیلیکات ها و پلیوراتان(Xanthakos, 1994) (Karol, 2003) [22] [43]در حفرات خاک به منظور متصل کردن ذرات خاک به یکدیگر است.

این رویکرد (به دلیل استفاده از مواد شیمیایی) نگرانی های محیطی زیادی بوجود آورده و طی تحقیقات انجام شده ، تمام مواد شیمیایی (به جز سیلیکات سدیم) که در تزریق شیمیایی بکار می روند سمی ویا زیان آور اند(Karol, 2003) [22].

در ۱۹۷۴ در ژاپن تزریق اکریلمید باعث مسمومیت آب در ۵ مورد و در نتیجه منجر به ممنوعیت تقریباً تمامی مواد شیمیایی تزریق شد (Karol, 2003) [22].

از دیگر معایب تزریق شیمیایی محدوده کم تآثیر (۱ تا ۲ متر از نقطه تزریق) آن است و درعین حال کنترل کیفیت در حین ساخت محدود به پایش فشار و حجم تزریق می شود و سنجش همزمان به منظور اطلاع از تغییرات زیر سطح انجام نمی شود، وعدم قطعیت در شرایط نهایی رخ داده در خاک باعث می شود طراح محافظه کارانه عمل کند و این منجر به بیش طراحی , هزینه های اضافی پروژه و مصرف مقدار بیشتر ماده تزریقی شود.

در هم آمیزی این فاکتورها جستجو و توسعه روش های جایگزین برای بهسازی خاک و تکنیک های قابل اعتبار پایش را واجب ساخته است که در این راستا فرصت های موجود استفاده از فرآیند های بیولوژیک را برای بهسازی خاک فراهم آورده است. این فرصت ها توسط تحقیقات بین رشته ای و در هم آمیزی میکروبیولوژی, ژئوشیمی و مهندسی عمران بوجود آمده است.

اهداف پژوهش

با توجه به پژوهشهای انجام شده در دنیا که تاثیر مواد بیولوژیکی بر روی خاک درشت دانه را بررسی کرده اند،در تحقیق حاضر سعی شده است تا با استفاده از نتایج کارهای قبلی و ایجاد رسوب بین دانه های ماسه که به خاک ریزدانه افزوده شده است، راه حلی مناسب برای بهسازی بیولوژیک خاک های ریزدانه ارائه شود که به عنوان معضلی بزرگ در مهندسی عمران و بحث ژئوتکنیک مطرح می باشد.