

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



دانشگاه صنعتی اصفهان

دانشکده مهندسی عمران

بررسی عملکرد دیوارهای حائل خاک مسلح با تسلیح کننده‌های مورب و شیب‌داری رویبه

پایان‌نامه کارشناسی ارشد مکانیک خاک و پی

محمد جواد شعبانی رمنی

استاد راهنما

دکتر محمدعلی روشن ضمیر



دانشگاه صنعتی اصفهان

دانشکده مهندسی عمران

پایان نامه کارشناسی ارشد رشته مکانیک خاک و پی آقای محمد جواد شعبانی رمنی

تحت عنوان

**بررسی عملکرد دیوار حائل خاک مسلح با
تسلیح کننده های مورب و شیب داری رویه**

در تاریخ

توسط کمیته تخصصی زیر مورد بررسی و تصویب نهایی قرار گرفت.

۱- استاد راهنمای پایان نامه

دکتر محمد علی روشن ضمیر

۲- استاد مشاور مشاور پایان نامه

دکتر عباس اسلامی حقیقت

۳- استاد داور

دکتر محمود هاشمی اصفهانیان

۴- استاد داور

دکتر سید مهدی ابطحی فروشانی

سرپرست تحصیلات تکمیلی دانشگاه

دکتر عبدالرضا کبیری

مشکر و قدردانی

با سپاس از عنایت خداوند که بار دیگر به لطف بیکرانش توانستم گامی هر چند کوچک در ادامه راه زندگی ام بردارم که بی تردید اگر لطفش نبود، سختی راه ادامه آن را بس دشوار می نمود.

بوسه می زخم بردستان پدر و مادرم، فرشتگانی که با بودنشان، بودنم معنا گرفت و هستی ام را به پاس یک عمر صبوری، تقدیم نگاه مهربان شان خواهیم کرد.

سپاس و تشکر استادان بزرگواری را که جرعه نوش دریای بیکران فریجتگی و دانش شان بودم، بالانحص مراتب سپاس خویش را از اساتید ارجمند: آقای دکتر محمد علی روشن ضمیر، آقای دکتر محمود وفانیان، آقای دکتر بهروز کوشا، آقای دکتر عباس اسلامی حقیقت، آقای دکتر مجتبی ازهری و آقای دکتر امیر مهدی حلیان، ابراز می دارم.

سپاس و درود بی دریغ من نثار عزیزترین دوستانم که همواره همراه و راهبهای من بوده اند.

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

تقدیم به:

پدرم که عالمانه به من آموخت تا چگونه در عرصه زندگی، ایستادگی را تجربه نمایم

تقدیم به:

مادرم، دریای بی کران فداکاری و عشق که وجودم برایش همه رنج بود و وجودش برایم همه مهر

و تقدیم به برادران عزیزم

که همواره باعث دلگرمی و انگیزه من برای کسب علم و دانش بوده اند...

فهرست مطالب

صفحه

عنوان

فصل اول: مقدمه

۲	۱-۱- مقدمه
۳	۲-۱- فرآیند بهسازی فیزیکی
۴	۱-۲-۱- ژئوسنتتیک
۴	۲-۲-۱- انواع ژئوسنتتیک
۷	۳-۱- فرآیند بهسازی شیمیایی
۸	۴-۱- انواع دیوارهای حائل
۹	۵-۱- پیشینه ابداع دیوار حائل خاک مسلح
۱۰	۶-۱- اهمیت تحقیق
۱۱	۷-۱- شیوه انجام تحقیق
۱۲	۸-۱- فصل بندی تحقیق

فصل دوم: خاک مسلح و پیشینه علمی

۱۱	۱-۲- مقدمه
۱۱	۲-۲- تسلیح خاک
۱۲	۱-۲-۲- ژئوتکستایل
۱۲	۲-۲-۲- ژئوگرید
۱۷	۳-۲- تثبیت شیمیایی خاک
۱۷	۱-۳-۲- مواد شیمیایی سنتی
۱۷	۲-۳-۲- تثبیت سنتی خاک با قیر
۱۷	۳-۳-۲- خاک مناسب جهت تثبیت با قیر
۱۸	۴-۳-۲- انواع قیر
۱۸	۵-۳-۲- قیر نفتی و قیر طبیعی
۱۸	۶-۳-۲- قیر دمیده
۱۸	۷-۳-۲- قیر محلول یا مخلوط
۱۹	۸-۳-۲- قیر امولسیون
۱۹	۴-۲- لزوم تثبیت با مواد شیمیایی نوین

۲۰	..... چسب‌های پلیمری
۲۱	..... رفتار خاک مسلح
۲۱	..... ۱-۶-۲- اندرکنش خاک و تسلیح
۲۳	..... ۲-۶-۲- رفتار و مکانیزم دیوار خاک مسلح
۲۴	..... ۳-۶-۲- انواع گسیختگی خاک مسلح
۲۵	..... ۷-۲- دیوارهای خاک مسلح
۲۵	..... ۸-۲- انواع دیوار و شیب خاک مسلح به ژئوسنتتیک و معیار انتخاب آن
۲۸	..... ۹-۲- دلایل عملکرد ضعیف دیوارهای ساخته شده
۲۹	..... ۱۰-۲- خاکریز مورد استفاده در ساخت دیوار خاک مسلح
۳۱	..... ۱۱-۲- انواع رخ‌پوش‌های دیوارهای حائل مسلح به ژئوسنتتیک
۳۱	..... ۱۲-۲- طراحی دیوارهای خاک مسلح
۳۳	..... ۱۳-۲- مروری بر مطالعات انجام شده
۳۳	..... ۱-۱۳-۲- مطالعات آزمایشگاهی:
۳۳	..... ۲-۱۳-۲- بررسی مطالعات مربوط به ژئوسنتتیک‌های مهار نشده:
۴۸	..... ۳-۱۳-۲- بررسی مطالعات مربوط به ژئوسنتتیک مهار شده
۵۴	..... ۴-۱۳-۲- بررسی مطالعات دینامیکی
۶۱	..... ۵-۱۳-۲- بررسی مطالعات روی اندرکنش خاک و مسلح کننده
۶۲	..... ۶-۱۳-۲- مطالعات عددی
۶۸	..... ۷-۱۳-۲- بررسی مطالعات موردی دیوار خاک مسلح
۷۰	..... ۸-۱۳-۲- بررسی مطالعات روی تثبیت خاک‌ها
۷۲	..... ۱۴-۲- جمع‌بندی پیشینه
فصل سوم: تجهیزات، مصالح و نحوه انجام آزمایش	
۷۳	..... ۱-۳- مقدمه
۷۳	..... ۲-۳- آزمایش تعیین دانه‌بندی خاک
۷۴	..... ۳-۳- آزمایش تعیین وزن واحد حداکثر و حداقل
۷۵	..... ۴-۳- آزمایش تعیین چگالی ویژه
۷۶	..... ۵-۳- آزمایش برش مستقیم
۷۸	..... ۶-۳- تسلیح کننده

۷۸	..... ۷-۳- جعبه آزمایش
۸۰	..... ۸-۳- هندسه مدل
۸۰	..... ۱-۸-۳- ابعاد دیوار
۸۱	..... ۲-۸-۳- فونداسیون مدل‌های دیوار
۸۱	..... ۳-۸-۳- رویه دیوار
۸۱	..... ۹-۳- طراحی دیوار
۸۲	..... ۱۰-۳- نحوه‌ی ساخت و روش قرارگیری ماسه و لایه‌های تسلیح
۸۷	..... ۱۱-۳- صفحه بارگذاری
۸۷	..... ۱۲-۳- وسایل اندازه‌گیری
۸۷	..... ۱۳-۳- سیستم بارگذاری
۸۹	..... ۱۴-۳- مدل‌سازی المان محدود
۸۹	..... ۱-۱۴-۳- مدل مسئله
۸۹	..... ۲-۱۴-۳- المان‌ها
۹۰	..... ۳-۱۴-۳- رسم هندسه
۹۱	..... ۴-۱۴-۳- شرایط مرزی
۹۲	..... ۵-۱۴-۳- مدل کردن رفتار خاک

فصل چهارم: ارائه نتایج حاصل از شیب تسلیح، شیب رویه و مهار تسلیح‌کننده‌ها

۹۴	..... ۱-۴- مقدمه
۹۴	..... ۲-۴- مدل‌های اصلی برای بررسی پارامترهای متغیر
۹۵	..... ۳-۴- تعداد لایه تسلیح
۹۷	..... ۴-۴- افزایش طول لایه‌های تسلیح
۹۸	..... ۵-۴- تاثیر شیب تسلیح‌کننده‌ها
۹۹	..... ۶-۴- تاثیر شیب رویه دیوار
۱۰۱	..... ۷-۴- تاثیر کاربرد مهار
۱۰۴	..... ۸-۴- تاثیر توام شیب تسلیح و مهار
۱۰۶	..... ۹-۴- تاثیر توام شیب رویه و مهار
۱۰۷	..... ۱۰-۴- بهینه‌سازی عملکرد دیوار خاک مسلح با استفاده از نتایج آزمایشگاهی

- ۱۰۸-۴-۱۱- بررسی نتایج حاصل از تحلیل عددی
 ۱۰۹-۴-۱۲- تعداد لایه ژئوگرید
 ۱۱۱-۴-۱۳- افزایش طول تسلیح کننده
 ۱۱۲-۴-۱۴- تاثیر شیب تسلیح کننده
 ۱۱۳-۴-۱۵- تاثیر شیب رویه
 ۱۱۵-۴-۱۶- بهینه‌سازی عملکرد دیوار خاک مسلح با استفاده از نتایج تحلیل عددی
 ۱۱۶-۴-۱۷- سطح گسیختگی

فصل پنجم: ارائه نتایج حاصل از تاثیر توام شیداری و اندود شیمیایی عناصر تسلیح

- ۱۱۹-۵-۱- مقدمه
 ۱۱۹-۵-۲- تست برش
 ۱۲۰-۵-۳- مواد پلیمری
 ۱۲۰-۵-۴- نحوه‌ی آماده‌سازی ژئوتکستایل با مواد پلیمری
 ۱۲۱-۵-۵- ارائه نتایج حاصل از تست برش
 ۱۲۱-۵-۵-۱- تاثیر استفاده از چسب پلیمری
 ۱۲۲-۵-۵-۲- تاثیر مدت زمان عمل‌آوری چسب پلیمری
 ۱۲۳-۵-۵-۳- تاثیر غلظت چسب پلیمر
 ۱۲۶-۵-۵-۴- تاثیر مدت زمان عمل‌آوری برای امولسیون قیر
 ۱۲۷-۵-۵-۵- مقایسه تاثیر چسب پلیمری و امولسیون قیر آغشته بر ژئوتکستایل بر سطح مشترک
 ۱۳۰-۵-۶- مدل‌های دیوار خاک مسلح برای بررسی پارامترهای متغیر
 ۱۳۲-۵-۷- ارائه نتایج
 ۱۳۲-۵-۷-۱- تاثیر طول تسلیح کننده‌ها
 ۱۳۴-۵-۷-۲- تاثیر شیب تسلیح کننده‌ها
 ۱۳۶-۵-۷-۳- تاثیر چسب پلیمری
 ۱۳۸-۵-۷-۴- مقایسه تاثیر چسب پلیمری و امولسیون قیر
 ۱۴۰-۵-۷-۵- تاثیر افزایش ۲۵٪ طول لایه‌های تسلیح آغشته به مواد شیمیایی
 ۱۴۲-۵-۸- بهینه‌سازی عملکرد دیوار خاک مسلح

فصل ششم: نتیجه‌گیری و پیشنهاد

- ۱۴۴-۶-۱- مقدمه

- ۱۴۴..... نتیجه گیری ۲-۶
- ۱۴۵..... تایج حاصل از قسمت اول تحقیق ۱-۲-۶
- ۱۴۶..... نتایج حاصل از قسمت دوم تحقیق ۲-۲-۶
- ۱۴۷..... پیشنهاد برای کارهای آینده ۳-۶
- ۱۴۸ مراجع

چکیده

روش‌های مختلف بهبود ساختار و خواص مکانیکی و نیز افزایش مقاومت خاک را می‌توان در ۵ گروه فرآیندهای فیزیکی، شیمیایی، مکانیکی، بیولوژیک و الکتریکی دسته‌بندی نمود. در فرآیند فیزیکی از قرار دادن عناصر مسلح‌کننده مانند ژئوگرید، ژئوتکستایل، تسمه‌های فلزی و پلیمری، و در فرآیند شیمیایی از تثبیت با موادی چون آهک، سیمان، خاکستر ذغال سنگ، آنزیم‌ها و پلیمرها استفاده می‌شود. یکی از کاربردهای خاک مسلح، ساخت دیوارهای حائل خاک مسلح می‌باشد. با توجه به بررسی مطالعات گذشته در قسمت اول تحقیق سعی شده تا تاثیر شیب‌داری رویه دیوار، تسلیح‌کننده‌های مورب و مهار تسلیح‌کننده‌ها به صورت آزمایشگاهی و عددی بر عملکرد دیوار مورد بررسی قرار گیرد. یکی از موارد بهبود خاک مسلح، افزایش سطح مشترک بین خاک و عناصر تسلیح می‌باشد. بنابراین در قسمت دوم تحقیق سعی شد تا تاثیر مواد شیمیایی روی تسلیح‌کننده‌ها برای افزایش سطح مشترک بین خاک و عناصر تسلیح در تست‌های برش مستقیم و همچنین ساخت مدل‌های فیزیکی از دیوار خاک مسلح مورد بررسی قرار گیرد. نتایج حاصل از بررسی آزمایشگاهی در قسمت اول تحقیق نشان داد که دیوار با شیب لایه‌های تسلیح ۱۰ درجه و شیب رویه ۸۰ درجه باعث کاهش قابل توجهی بر حداکثر تغییر شکل افقی رویه می‌شود. این دیوار به عنوان دیوار بهینه انتخاب گردید. همچنین این نتایج موافقت قابل قبولی با نتایج حاصل از تحلیل‌های عددی داشته است. نتایج حاصل از قسمت دوم تحقیق نشان داد که خصوصیات سطح مشترک خاک-ژئوتکستایل با آغشته کردن لایه‌های تسلیح به مواد شیمیایی افزایش می‌یابد. همچنین استفاده از لایه‌های تسلیح با سطح آغشته به مواد شیمیایی باعث بهبود عملکرد دیوار خاک مسلح می‌گردد.

کلمات کلیدی: دیوار خاک مسلح، تسلیح‌کننده‌های مورب، شیب‌داری رویه، مهار تسلیح‌کننده‌ها، اندود تسلیح‌کننده‌ها

فصل اول

مقدمه

۱-۱- مقدمه

بشر از دیرباز از خاک و سنگ به عنوان یک مصالح ساختمانی جهت ساخت سازه‌های خود سود برده است. فراوانی و در دست بودن این مصالح همواره بزرگترین مزیت آن نسبت به سایر مواد مورد نیاز در امور عمرانی بوده است. البته خاک نقش دیگری را هم در این بین به عهده دارد. نباید فراموش کرد بار تمام سازه‌ها در نهایت به زمین منتقل می‌شود و خاک و سنگ نقش انتقال دهنده این بارها را به عهده دارند. بنابراین استفاده از خاک در ساخت سازه‌های عمرانی و بررسی عملکرد آن در شرایط محیطی گوناگون همواره مطرح بوده است.

خاک به عنوان یک محیط دانه‌ای طبیعی حاصل از فرسایش و دگرگونی سنگ‌ها قابلیت تحمل و انتقال نیروی کششی را نداشته، نیروی برشی بیشتر از تاب نهایی برشی خود را تحمل نمی‌کند و در مقابل بار تغییر شکل می‌دهد. لذا در بسیاری شرایط در اثر اعمال نیروهای مختلف و یا ناشی از سازه‌ها دچار گسیختگی شده و یا نشست می‌کند. همچنین به دلیل ماهیت نفوذپذیر آن و وجود آب در طبیعت، همواره در معرض رطوبت قرار داشته و نسبت به تغییرات شرایط اقلیمی حساس می‌باشند. بدین لحاظ تاسیسات بنا شده بر روی آن نیز با تغییر شرایط رطوبت دچار مشکلات عدیده‌ای می‌گردد.

انسان از دیرباز با مطالعه طبیعت اطراف خود با مفاهیم تقویت، تثبیت و تسلیح خاک به منظور افزایش قابلیت‌های ضعیف آن آشنا بوده است. انسان در طبیعت اصول ساخت پناهگاه‌های جانوران را با استفاده از الیاف گیاهان و گل مشاهده می‌کرده و خود از این شیوه برای سرپناه استفاده کرده است. در تاریخ می‌خوانیم اقوامی مثل بابلیان و مصریان با

استفاده از الیاف گیاهان در خاک اقدام به ساخت معابد کرده‌اند. در آسیا چینی‌ها و ژاپنی‌ها با بکارگیری گیاه بامبو در خاک مقاومت خاک بستر طبیعی را افزایش می‌داده‌اند. وجود این نوع شواهد بیانگر آن است که بشر با ضعف خاک و مصالح نظیر آن در تحمل نیرو، بخصوص نیروهای کششی و برشی آشنا بوده است و همواره سعی بر آن داشته تا با استفاده از موادی که از طبیعت سرچشمه می‌گرفته این ضعف را جبران کند [۱].

روش‌های مختلف بهبود ساختار و خواص مکانیکی و نیز افزایش مقاومت خاک را می‌توان در ۵ گروه، فرآیندهای فیزیکی، شیمیایی، مکانیکی، بیولوژیک و الکتریکی دسته‌بندی نمود. بعنوان مثال در فرآیند فیزیکی از قرار دادن عناصر مسلح‌کننده مانند ژئوگرید، ژئوتکستایل، تسمه‌های فلزی و پلیمری، در فرآیند شیمیایی از تثبیت با موادی چون آهک، سیمان، خاکستر ذغال سنگ، آنزیم‌ها و پلیمرها، در فرآیند مکانیکی از تراکم، تحکیم و زهکشی، در فرآیند بیولوژیک از رویاندن گیاهان و در الکتریکی با عبور جریان الکتریکی، می‌توان نام برد [۲]. در ادامه به بررسی دو فرآیند فیزیکی و شیمیایی از موارد بهسازی خاک پرداخته شده است.

۲-۱- فرآیند بهسازی فیزیکی

استفاده از مصالح مصنوعی و ساخته دست بشر در امر تقویت خاک برخلاف تاریخچه قدیمی تسلیح خاک عمر طولانی ندارد، چرا که مصالح بادوام و مقاوم که در محیط طبیعی بتوانند عمر طولانی داشته باشند و قابلیت انعطاف کافی با خاک را داشته باشند تا قبل از کشف نفت و مواد حاصل از آن در اختیار انسان نبوده است. پیشرفت‌های علم شیمی و بخصوص پتروشیمی و علوم وابسته در ساخت مصالح پلیمری مهمترین گام در این زمینه بوده است. در دوران معاصر اولین مورد استفاده از الیاف‌ها در مسلح‌سازی جاده‌ها به سال ۱۹۲۶ برمی‌گردد. در این سال اداره بزرگراه‌های ایالات کارولینای جنوبی با بکارگیری الیاف پنبه‌ای ضخیم در پوشش لایه اساس و روکش کردن آن با آسفالت گرم نخستین تجربیات را در این زمینه کسب نمود. این آزمایش‌ها در ۸ منطقه مختلف انجام شد و نتایج آن در سال ۱۹۳۵ منتشر گشت [۱].

مشاهده می‌گردد عملاً تا قبل از تولید مصنوعات پلیمری، بکارگیری الیاف طبیعی در امر مسلح‌سازی خاک چندان رایج نبوده است. مهمترین علل این امر را می‌توان به شرح زیر بیان نمود:

۱. الیاف طبیعی مورد استفاده در امر مسلح‌سازی و تقویت خاک دارای طول عمر کمی در محیط طبیعی بوده‌اند.
۲. مقاومت نسبی این الیاف از جمله الیاف پنبه‌ای، کفنی و مشابه چندان زیاد نبوده است، لذا مزیت نسبی کاربرد آن‌ها قابل توجه نمی‌باشد.
۳. فقدان شناخت کافی از رفتار مکانیکی خاک و مصالح سنگی و مکانیزم مسلح‌سازی آن‌ها.

با بیان مطالب فوق‌الذکر به نظر می‌رسد تاریخچه تقویت و تسلیح خاک در دوران معاصر با تاریخچه ساخت و تولید مواد پلیمری وجه اشتراک فراوانی داشته باشند. بدون اغراق می‌توان ادعا کرد بیش از ۹۰ درصد مواد بکارگرفته شده در امر تسلیح خاک از جنس پلیمرهای مصنوعی هستند. این مواد با طول عمر زیاد و قابلیت‌های فراوان در بخش‌های مختلف مهندسی عمران از جمله محیط زیست، مصالح ساختمانی، مهندسی ژئوتکنیک، راه و ترابری، سازه، هیدرولیک و زهکشی بکار گرفته می‌شوند. از جمله پلیمرهای قابل استفاده برای ساخت ژئوسنتتیک می‌توان به پلی‌پروپیلن (PP)،

پلی اتیلن (PE)، پلی اتیلن با دانسیته بالا (HDPE)، پلی استر (PET)، پلی ونیل الکل (PVA) و آرامید (Aramid) اشاره کرد. در جدول ۱-۱ مقایسه انواع پلیمرها ارائه شده است.

جدول ۱-۱- مقایسه ویژگی های انواع پلیمر [۱]

پلیمر	ویژگی	PP	HDPE	PET	PVA	Aramid
قیمت	پایین	پایین	بالا	متوسط	بالا	خیلی بالا
مقاومت در درازمدت	پایین	پایین	متوسط	بالا	بالا	بالا
پایداری در محیط های شیمیایی	خوب	خوب	خیلی خوب	خوب	خوب	مقاوم در محیط بازی و ضعیف در محیط اسیدی
درصد کرنش نهایی	۱۲/۵	۱۲/۵	۱۲/۵	۶-۱۲	۵	۲
درصد کاهش مقاومت در اثر خزش	۷۰	۷۰	۶۴	۳۶/۵	۳۷/۹	۳۶
نصب	مشکل	مشکل	خیلی مشکل	آسان	آسان	آسان

۱-۲-۱- ژئوسنتتیک

آنچه امروزه به عنوان ژئوسنتتیک نامیده می شود در حقیقت محصولاتی است که نخستین بار در امر کنترل فرآیند فرسایش زمین توسط بارت در سال ۱۹۶۶ مورد استفاده قرار گرفت [۳]. ژئوسنتتیک ها در واقع محصولات مصنوعی هستند که از ترکیبات پلیمری ساخته شده و در فعالیت های عمرانی بکار می روند. ژئوسنتتیک ها در واقع همانند منسوجات مصنوعی از مواد پلیمری مثل پلی اتیلن و پلی پروپیلن ساخته می شوند و توسط شرکت های مختلف و با نام های تجاری متفاوت به بازار مصرف عرضه می گردند. مطابق تعریف استاندارد ASTM D4439 ژئوسنتتیک ها محصولات مسطحی هستند از جنس مواد پلیمری که به عنوان جزئی جداناپذیر همراه با مصالح طبیعی ژئوتکنیکی همانند خاک و سنگ در سازه های مهندسی عمران بکار برده می شوند.

۱-۲-۲- انواع ژئوسنتتیک

ژئوسنتتیک ها با توجه به نوع مواد تشکیل دهنده و روش ساخت کاربردهای گوناگونی در عملیات عمرانی دارند. کاربردهای مختلف ژئوسنتتیک را می توان در ۵ بخش اصلی زیر طبقه بندی کرد:

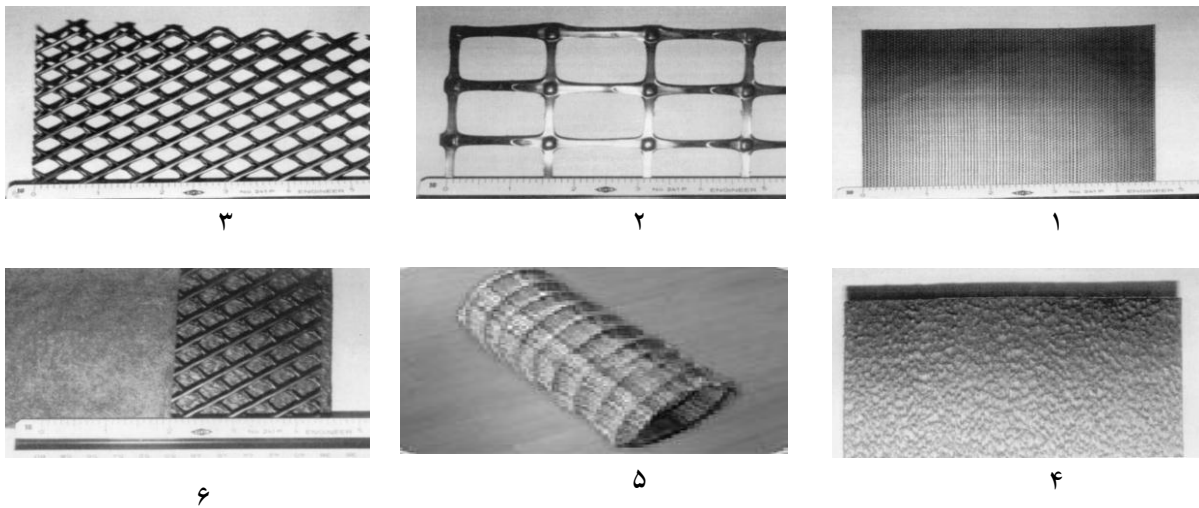
۱. جداسازی مصالح از یکدیگر با قرار دادن ژئوسنتتیک در میان لایه های مختلف
۲. تسلیح و تقویت خاک در شرایطی که نیاز به بالا رفتن تاب مقاومتی خاک باشد
۳. عمل فیلتراسیون به منظور جلوگیری از فرسایش لایه های خاک در سازه های آبی

۴. ایجاد زهکش و زهکشی لایه‌های خاک در شرایطی که قابلیت تراوایی لایه‌های خاک طبیعی محدود است
۵. حفاظت در مقابل رطوبت و آب‌بند نمودن بخش‌هایی از سازه و یا تاسیسات عمرانی در مقابل نفوذ آب یا مواد زائد

انواع ژئوسنتتیک‌ها عبارتند از:

۱. ژئوتکستایل
۲. ژئوگریدها
۳. ژئونت‌ها
۴. ژئوممبرین‌ها
۵. ژئوپایپ‌ها
۶. ژئوکامپوزیت‌ها

شکل ۱-۱ انواع ژئوسنتتیک را نشان می‌دهد. در جدول ۱-۲ مشخصات کلی و کاربردهای این محصولات بیان شده است [۴].



شکل ۱-۱- انواع ژئوسنتتیک‌ها

جدول ۱-۲- مشخصات انواع ژئوسنتتیک [۳]

نام محصول	جنس	روش تولید	کاربرد
ژئوتکستایل	پلی پروپیلن، پلی استر	بافته شده حاصل بافت الیاف مصنوعی، بافته نشده از بهم متصل شدن رشته‌های مصنوعی	جداسازی، تسلیح، فیلتراسیون، زهکشی
ژئوگرید	پلی اتیلن، پلی پروپیلن	ابتدا ایجاد سوراخ روی ورق‌ها و بعد کشش ورقه‌ها از یک یا دو طرف	تسلیح
ژئونت	پلی اتیلن	اختلاط مواد با فشار بالا و بعد ریختن مواد نیمه جامد روی محور فولادی (دارای افزایش قطر)	زهکشی
ژئوممبرین	پلی اتیلن، پلی پروپیلن، پلیمر ترموپلاستیک	تهیه مخلوط برای ساخت و سپس گرما دادن و مذاب کردن آن و عبور از میان قالب‌های مخصوص	آب بند نمودن
ژئوپایپ	پلی ونیل کلراید، پلی اتیلن سنگین، پلی پروپیلن، پلی بوتیلن	لوله‌های پلیمری در قطرهای کوچک با ضخامت نازک برای مصارف خانگی و قطرهای بزرگ با ضخامت زیاد برای مصارف صنعتی	زهکشی
ژئوکامپوزیت	پلی پروپیلن، پلی اتیلن	ساخت بصورت ترکیبی از دو یا ۳ تسلیح کننده دیگر	جداسازی، تسلیح، فیلتراسیون، زهکشی، آب بند نمودن

۳-۱- فرآیند بهسازی شیمیایی

از روش‌های شیمیایی برای تثبیت خاک استفاده می‌شود. در انواع روش‌های سنتی برای تثبیت خاک از مصالح تثبیت کننده نظیر آهک، سیمان، قیر و کلرید کلسیم یا سدیم استفاده می‌شود. به تازگی و با معرفی انواع مواد شیمیایی نوین (انواع رزین‌ها و محلول‌های پلیمری)، تحول شگرفی در زمینه تثبیت خاک و تحت عنوان تثبیت شیمیایی خاک پدید آمده است.

تثبیت خاک به وسیله مواد افزودنی سنتی برای اولین بار به وسیله ارتش آمریکا در سال ۱۹۴۰ در ساخت فرودگاه برای بمب‌افکن‌های عظیم انجام گرفت. از آن پس ارتش آمریکا تحقیقات وسیعی روی تثبیت خاک برای جاده‌سازی و فرودگاه انجام داد بطوریکه آیین‌نامه صحرایی ۵۴۱۰ ارتش آمریکا به تفصیل روی انواع روش‌های محاسبه، طراحی و کاربرد تثبیت خاک بحث کرده است. در امور غیر نظامی اولین بار در سال ۱۹۵۰ در ایالات متحده برای بهبود و ارتقای خاک جهت کاربرد در بستر جاده از تثبیت به وسیله مخلوط خاک با مواد افزودنی استفاده گردید. همچنین در سال ۱۹۶۰ پروسه تثبیت در محل با مخلوط خاک و آهک انجام پذیرفت [۵].

اهم اهداف تثبیت خاک تامین یک یا تعدادی از موارد زیر است [۲]:

۱. استفاده‌های موثر از قرضه‌های جانبی
۲. اصلاح خاک‌های نرم و کم مقاومت
۳. افزایش دوام خاک
۴. افزایش مقاومت باربری خاک
۵. بهبود نفوذپذیری خاک در برابر جریان آب
۶. کاهش تورم و انقباض خاک
۷. کاهش رطوبت خاک
۸. کاهش چسبندگی خاک‌های رسی اشباع
۹. جلوگیری از فرسایش خاک
۱۰. کاهش ضخامت لایه‌های روسازی
۱۱. ایجاد لایه‌های اساس و زیراساس با قابلیت باربری بیشتر
۱۲. بازسازی روسازی‌های فرسوده با استفاده از مصالح موجود
۱۳. آماده‌سازی محوطه برای اجرای آسانتر عملیات ساختمانی
۱۴. کاهش گرد و غبار
۱۵. صرفه‌جویی در مصرف مصالح
۱۶. صرفه‌جویی در مصرف انرژی و تسریع در عملیات اجرایی

۴-۱- انواع دیوارهای حائل

دیوار حائل، دیواری است که فشار ناشی از وضعیت موجود در اختلاف تراز به وجود آمده به علت خاکریزی، خاکبرداری و یا عوامل طبیعی را به صورت پایدار حفظ نماید. از دیوارهای حائل در بسیاری از پروژه‌های ساختمانی نظیر راهسازی، پل‌سازی، محوطه‌سازی، ساختمان‌سازی و به طور کلی هر جا که احتیاج به تکیه‌گاه جانبی برای جدار قائم خاکبرداری باشد، استفاده کرد. دیوارهای حائل را می‌توان از نظر مصالح، روش اجرا، کاربری و عملکرد رده‌بندی کرد. از نظر عملکرد سازه‌ای انواع متعارف دیوارهای حائل به شرح زیر می‌باشند:

الف - دیوارهای حائل صلب

دیوارهایی را گویند که خود را با نشست‌های محیط هماهنگ نمی‌نمایند. انواع متداول آن‌ها عبارتند از:

- دیوارهای حائل وزنی (بنایی و بتنی)
- دیوارهای حائل غیر وزنی (طره‌ای و پشت‌بنددار)
- دیوارهای حائل عمیق (سپرهای بتنی)

ب - دیوارهای حائل انعطاف‌پذیر

دیوارهایی را گویند که خود را با نشست‌های محیط میزبان هماهنگ می‌نمایند. انواع متداول آن‌ها عبارتند از:

- دیوارهای خاک مسلح با تسمه‌های فولادی
- دیوارهای خاک مسلح با شبکه‌های پلیمری (ژئوگرید و ژئوتکستایل)
- دیوارهای حائل توری سنگی
- دیوارهای قفسه‌ای
- سپرهای فولادی

۵-۱- پیشینه ابداع دیوار حائل خاک مسلح

مفاهیم مربوط به خاک مسلح جدید نبوده و قدمتش به دوران باستان می‌رسد. اولین کاربردهای خاک مسلح به ۴ تا ۵ هزار سال قبل از میلاد مسیح برمی‌گردد که از کاه و نی برای مسلح نمودن خاک رس استفاده می‌گردید. کاربرد خاک مسلح در بنای برجهای بلند و هرمی شکل زیگورات مشاهده شده است. در ایران ملات کاه‌گل نامی آشناست که از دیرباز در ساختمان‌های روستایی مورد استفاده قرار می‌گرفت. در گذشته بیشتر کاربردهای خاک مسلح در ارتباط با کنترل رودخانه‌ها و ایجاد دیوارهای آب‌بند بوده است. از این دیوارها در امتداد رودهای دجله و فرات مشاهده شده است که با استفاده از خاک رس ساخته شده است [۶].

از اوایل قرن بیستم مفهوم مدرن سازه‌های خاک مسلح توسط محققین اروپایی و آمریکایی به طور قابل ملاحظه‌ای توسعه یافت. روش‌های پیشنهادی مانستر^۱ در سال ۱۹۲۵ در آمریکا و کویینه^۲ در سال ۱۹۳۰ در فرانسه، راه را برای ظهور سازه‌های خاک مسلح مدرن باز نمود [۶].

1. Munster
2. Coyne