دانشگاه صنعتی نوشیروانی بابل

موضوع:

مطالعه پارامتریک پایداری خاک مسلح با ژئوتکستایل روی یک حفره زیرزمینی

جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد

رشته مهندسی عمران - گرایش خاک و پی

اساتید راهنما :

دکتر رضا نورزاد

دکتر عیسی شوش پاشا

نگارش :

عباس طهماسبی پور گریودهی

شهریور 1387

به نام

خـــــدایی

که به من علم با عمل و نوشتن با قلم آموخت

تقدیم به

مادرم

که آموخته هایم را مدیون فداکاری و محبت او می دانم

و

پدرم

که همواره مشوق و راهنمایم بوده است

سپاسگذاری

هم اکنون که به یاری پروردگار یکتا کار تهیه این پایان نامه را به پایان رساندم، بر خود واجب می دانم که از اساتید عزیزم آقایان دکتر نورزاد و دکتر شوش پاشا به خاطر راهنمائیهای ارزشمند شان در تهیه این نوشتار، کمال قدردانی را بنمایم.
همچنین لازم است مراتب قدردانی ویژه خویش را به جناب آقای دکتر نورزاد که با مساعدت های بی دریغشان باعث تغییر مسیر زندگی من شدند، اعلام نمایم و همواره پیشرفت خود را مدیون وجود ایشان می دانم.
در پایان لازم است از زحمات تمامی اعضای خانواده ام به ویژه خواهر عزیزم که در جمع بندی و ویرایش این مجموعه کمک فراوانی نمودند، صمیمانه سپاسگذاری نمایم.

چکیده

در این پژوهش پایداری خاک مسلح با ژئوتکستایل روی یک حفره با استفاده از نرم‌افزار اجزای محدود PLAXIS مورد بررسی قرار گرفت تا تاثیر عوامل گوناگونی چون ژرفای قرار گیری نخستین لایه، سختی کششی، تعداد لایه و طول ژئوتکستایل و همچنین اثر زوایه اصطکاک داخلی خاک، اندازهٔ قطر حفره و نوع الگوی رفتاری خاک بر کاهش نشست ها وتنش ها مورد ارزیابی قرار گیرد.

نتایج بررسی‌ها نشان داد که در پوشش خاکی روی حفرهٔ ژرفایی وجود دارد که در آن ژرفا مسلح سازی کمترین اثر را در کاهش نشست ها دارد. با افزایش سختی کششی ژئوتکستایل میزان نشست سطح زمین و تاج حفره کاهش می یابد. هر چه مقدار سربار افزایش یابد، افزایش سختی کششی ژئوتکستایل اثر بیشتری دارد. با افزایش تعداد لایه های ژئوتکستایل میزان نشست ها وتنش‌ها کاهش می‌یابد اما این کاهش فقط تا تعداد لایه معینی محسوس می‌باشد. با افزایش طول ژئوتکستایل نیز میزان نشست ها کاهش می‌یابد اما این کاهش فقط تا طول معینی ادامه دارد و بعد از آن افزایش طول اثری ندارد. با افزایش زاویه اصطکاک داخلی مقدار نشست ها کاهش می‌یابد. افزایش زاویه اصطکاک داخلی در سربارهای بزرگتر اثر بیشتری بر کاهش نشست ها دارد. با افزایش قطر حفره مقدار نشست ها افزایش می یابد. همچنین اثر افزایش طول ژئوتکستایل برای قطرهای بزرگتر، بیشتر می‌باشد. همچنین مقدار نشست ها در حالت استفاده از الگوی خاک سخت شونده، کمتر از الگوی مور-کلمب است اما نتایج کلی حاصل از دو الگو تقریباً مشابه می باشد.

کلید واژه : حفره، خاک مسلح، ژئوتکستایل، اجزای محدود، نشست، خاک ماسه‌ای.

فهرست مطالب

عنـــــوان	صفحه
چکیده	الف
فصل اول : دیباچه	
1-1- کلیات	1
1-2- ضرورت انجام پژوهش	2
1-3- اهداف پژوهش	3
1-4 – ساختار پژوهش	3
فصل دوم : مروری بر متون فنی	
2-1- دیباچه	5
2-2- انواع حفرات زیر زمینی	5
2-2-1- حفرات مصنوعی	5
2-2-2- حفرات طبیعی	6
2-3- روشهای پایدارسازی حفرات زیر زمینی	8
2-4- خاک مسلح	9
2-4-1- ژئوسنتتیکها	11
2-4-1-1- انواع ژئوسنتتیکها	13
الف- ژئو تکستایل ها	14
ب – ژئوگرید ها	15
پ- ژئو نت ها	16
ت – ژئوممبرینها	16
ث- ژئوکامپوزیتها	17
2-4-1-2- ویژگیهای ژئو سنتتیکها	18

2-4-1-3- کاربردهای گوناگون ژئوسنتتیکها 18
2-4-2- سازوکارهای خاک مسلح 19
2-4-3- اندرکنش خاک و مسلح کننده 23
2-5- پایداری خاک مسلح واقع بر حفرات زیر زمینی 26
2-5-1- طبیعت حفرات 26
2-5-2- روشهای طراحی 27
2-5-2-1- تحلیل سامانه خاک – ژئوسنتتیک – حفره، با استفاده از ترکیب
نظریه های غشای کششی و اثر کمانی (روش تحلیلیGiroud) 27
الف- فرضیات روش 30
ب- روش تحقیق 31
پ- نظریهٔ اثر کمانی 31
ت- نظریهٔ غشای کششی 35
ث- سازو کار باربری سامانه 38
ج- تحلیل مسائل طراحی معمولی 39
2-5-2-2- روش تحلیلی – عددی Poorooshasb 43
2-5-2-3- روش Rafael 45
2-5-2-4- روش BS 8006 46
2-5-2-5- روش طراحی Villard و Briancon 48
2-5-3- آزمایشهای انجام شده 52

فصل سوم : الگوسازی خاک مسلح واقع بر یک حفره زیرزمینی

3-1- دیباچه 55
3-2- آشنایی با نرم افزار PLAXIS 55
3-3- الگوسازی مساله 59
3-3-1- الگوی رفتاری مور – کلمب 59
3-3-1-1- پارامترهای اساسی الگوی رفتاری مور – کلمب 61
3-3-2- مراحل الگو سازی مساله 64

الف- ترسیم هندسهٔ الگو و شبکه بندی 64
ب- شرایط اولیه 70
پ- انجام محاسبات 70
3-3-3- پارامترهای متغییر در الگوی مساله 73
3-4- تایید روش الگو سازی 74

فصل چهارم : نتایج تحلیلها
4-1- دیباچه 82
4-2- بررسی اثر ژرفای قرارگیری نخستین لایه ژئوتکستایل 83
4-3- بررسی اثر سختی کششی ژئوتکستایل 97
4-4- بررسی اثر تعداد لایه های ژئوتکستایل 112
4-5- بررسی اثر طول لایه ژئوتکستایل 132
4-6- بررسی اثر زاویه اصطکاک داخلی خاک 147
4-7- بررسی اثر قطر حفره 161
4-8- بررسی اثر الگوی رفتاری خاک 179

فصل پنجم : نتیجه گیری و ارائه پیشنهادات
5-1- خلاصه نتایج تحلیل های عددی 195
5-2- پیشنهادات برای پژوهشهای بعدی 196

فهرست مراجع 199

چکیده انگلیسی 203

1-1- کلیات

وجود حفرات زیر زمینی که تعداد آنها به سرعت در حال افزایش می باشد، باعث بروز مشکلات و خطرات زیادی شده است. این حفرات به دو شکل طبیعی و مصنوعی می باشند.

حفرات طبیعی در اثر انحلال تشکیلات زیر سطحی به وجود می‌آیند. گسترش و توسعه این حفرات که ناشی از انحلال سنگهای قابل حل (همانند سنگ آهک، دولومیت و سنگ گچ) به وسیله آبهای زیر زمینی و سطحی می باشد، باعث شده است که خطر ناشی از فروریزش آنها روز به روز افزایش یابد. از جمله مشکلاتی که در رابطه با حفرات وجود دارد، شناسایی موقعیت و ابعاد آنها می باشد. روشهای متداولی جهت شناسایی آنها وجود دارد اما هیچ کدام از روشهای موجود تاکنون به طور کامل موثر نبودند که این موجب افزایش خطرات از سوی آنها می شود.

سرعت تشکیل حفرات طبیعی نسبتاً پایین است اما حفرات مصنوعی همانند تونل، قنات، شبکه‌های فاضلاب شهری و متروها به سرعت در حال افزایش می باشند. افزایش روز افزون جمعیت جهان موجب افزایش تعداد ساختمانها، تاسیسات، جاده ها، خطوط راه آهن و بسیاری دیگر از سازه های مورد نیاز بشر شده است. در نتیجه به علت محدودیت های موجود، ساخت تعدادی از این سازه ها در مناطقی که در معرض خطر ناشی از فروریزش حفرات قرار دارند، امری اجتناب ناپذیر است. وجود این حفرات همواره موجب شده است که سلامت این سازه ها به خطر بیفتد. بنابراین پایدار سازی این حفرات امری ضروری می باشد.

روشهای متعددی برای پایدارسازی سقف این حفرات وجود دارد. در حال حاضر یک راه حل اقتصادی جهت پایداری این حفرات، تسلیح خاک می باشد. خاک مصالحی است که به خوبی در مقابل فشار و برش مقاومت می کند اما قادر نیست در برابر نیروی کششی از خود مقاومت چندانی نشان دهد. برای تسلیح هم می توان از فلزات و هم از ژئوسنتتیک‌ها استفاده نمود. با توجه به ضعف فلزات مدفون در برابر

خوردگی، قیمت نسبتاً بالای آنها و همچنین گسترش فرآورده های پلیمری و سازگاری بیشتر آنها با خاک، در بیشترموارد از ژئوسنتتیک ها استفاده می شود.

2-1- ضرورت انجام پژوهش

حفرات زیر زمینی چه به شکل طبیعی یا مصنوعی آن، به ویژه در مناطق شهری ممکن است در مجاورت و یا زیر سازه ها قرار گیرند. از آنجاییکه اغلب این حفرات در اعماق کم واقع می باشند، تاثیر آنها می تواند تا سطح زمین گسترش یابد و باعث ایجاد نشست های قابل توجهی در سطح زمین و یا حتی فروپاشی این حفرات گردد.

همانطور که بیان شد، در حال حاضر یک راه حل اقتصادی برای جلوگیری از فروپاشی این حفرات و پایدارسازی آنها، استفاده از ژئوسنتتیک ها برای تسلیح پوشش خاکی روی آنها می باشد. از جمله ژئوسنتتیک‌های مناسب برای تسلیح خاک، ژئوتکستایل می باشد. با توجه به ذخایر نفتی عظیم کشور، امکان تولید انبوه و ارزان این فراورده های پلیمری وجود دارد در نتیجه شرایط لازم جهت استفاده از فن خاک مسلح در پایدارسازی سقف این حفرات مهیا می باشد.

تاکنون پژوهش های چندانی در رابطه با تحلیل سامانه های خاک مسلح واقع بر حفرات زیر زمینی انجام نشده است و روشهای تحلیلی موجود نیز برای بررسی پایداری آنها کارایی زیادی ندارند. با توجه به این موارد و همچنین وجود نرم افزارهای قدرتمند در تحلیل مسائل ژئوتکنیکی، انجام مطالعات شبیه سازی عددی و ارزیابی دقیقتر پایداری سامانه‌های خاک مسلح واقع بر حفرات زیرزمینی ضروری به نظر می رسد.

1-3- اهداف پژوهش

هدف از انجام این پژوهش، بررسی پایداری استاتیکی پوشش خاکی مسلح با ژئوتکستایل واقع بر یک حفره زیرزمینی بویژه تونلها می باشد. در پژوهش حاضر برای بررسی پایداری این پوشش‌های مسلح، از روش شبیه‌سازی عددی استفاده می‌گردد. با توجه به اجزای موجود در الگوی مساله مورد بررسی و امکان الگوسازی سریع و آسان آن، از نرم‌افزار اجزای محدود PLAXIS برای شبیه‌سازی و انجام تحلیلهای مورد نیاز استفاده می‌شود. هدف از انجام این شبیه‌سازی، انجام تحلیل پارامتری برای بررسی اثر پارامترهای ژرفای قرارگیری نخستین لایه، سختی کششی، تعداد لایه و طول لایه ژئوتکستایل و همچنین پارامترهای زاویه اصطکاک داخلی خاک، اندازه قطر حفره و نوع الگوی رفتاری خاک می باشد.

1-4 – ساختار پژوهش

پژوهش حاضر در پنج فصل گوناگون گنجانده شده است. فصل حاضر شامل دیباچه، ضرورت انجام، اهداف و ساختار پژوهش می باشد.

فصل دوم شامل مروری بر متون فنی می باشد که در آن نخست انواع حفرات زیر زمینی و نحوۀ تشکیل آنها بیان می شود و سپس سازو کارهای خاک مسلح و روشهای تحلیلی و مطالعات آزمایشگاهی در ارتباط با پایداری سامانه های مسلح واقع بر حفرات زیر زمینی ارائه می‌گردد.

در فصل سوم پس از بیان کلیاتی از مبانی و مشخصات نرم افزار PLAXIS، نحوه الگوسازی مساله مورد بررسی جهت انجام تحلیلهای مورد نیاز ارائه می‌گردد. همچنین نحوۀ الگوسازی نیز با استناد به متون معتبر مورد تایید قرار می‌گیرد.

در فصل چهارم نتایج تحلیلها ارائه و مورد تجزیه و تحلیل قرار خواهد گرفت و در فرجام در فصل پنجم نتیجه گیری و ارائه پیشنهادات برای پژوهشهای بعدی بیان می شود.

فصل دوم : مروری بر متون فنی

2-1- دیباچه

امروزه تعداد حفرات زیر زمینی (طبیعی و مصنوعی) بسرعت در حال افزایش می‌باشد. اگر چه سرعت تشکیل حفرات طبیعی نسبتاً پایین است اما تاسیساتی همانند تونل، شبکه های فاضلاب شهری و متروها به سرعت در حال افزایش می باشند. رشد روز افزون تعداد ساختمانها، جاده ها و راه آهن در کشور های صنعتی موجب شده است که این سازه ها به ناچار در مناطقی که در معرض خطر ناشی از فروریزش حفرات قرار دارند، ساخته شوند. وجود حفرات زیر زمینی طبیعی یا مصنوعی نزدیک به سطح زمین و یا حفراتی که امکان گسترش به سطح را دارند، باعث شده است که همواره عملکرد صحیح این سازه ها در معرض تردید قرار گیرد[1]. ممکن است در اثر بارهای ناشی از این سازه ها، سقف این حفرات دچار فروریزش ناگهانی شده و باعث ایجاد چاله های بزرگی در سطح زمین شود[2] .

2-2- انواع حفرات زیر زمینی

بطور کلی حفرات زیر زمینی را می توان به دو دستهٔ کلی زیر تقسیم نمود :

- حفرات مصنوعی
- حفرات طبیعی

2-2-1- حفرات مصنوعی

همزمان با رشد جمعیت و در پاسخ به نیازهای موجود، تقاضای حفر تونل، ایجاد شبکه‌های فاضلاب و تاسیسات زیر سطحی، حفر قنوات و حفاری در معدن به سرعت افزایش یافت. این تاسیسات باعث ایجاد حفره ای در زیر سطح زمین می شوند .

از میان این حفرات مصنوعی، تونلها و شبـکه های فاضلاب شهـری عموماً از مناطقی عبور می کنند که سازه های گوناگونی بر روی آن قرار دارند. حفر تونلها در خاک معمولاً در اعماق کم می باشد و تاثیر آن می تواند تا سطح زمین گسترش یابد و باعث ایجاد نشست سطح زمین گردد [1] . نشست ناشی از حفر تونل، چه به صورت نشست نامتقارن و چه به صورت نشست یکنواخت، می تواند به سازه ها و تاسیسات سطحی آسیب برساند. این نشست ها باعث کاهش ظرفیت باربری پی های سطحی واقع در نزدیکی تونلها می گردد [3] .

2-2-2- حفرات طبیعی

علاوه بر حفرات مصنوعی موجود، حفراتی وجود دارند که در اثر انحلال تشکیلات زیر سطحی بوجود می آیند. گسترش و توسعه حفرات زیر زمینی ناشی از انحلال سنگهای کارستی[1] در نواحی کربناته و تبخیری باعث شده است که خطر ناشی از فروریزش آنها روز به روز افزایش یابد. سنگهای قابل حل موجود در تشکیلات زیر سطحی (سنگ آهک، دولومیت، مارن، ژیپس، انیدریت و سنگ نمک) به وسیله آبهای زیر زمینی و سطحی به سهولت حل و شسته شده و تشکیل ساختارهای کارستی عمیق و حفرات طبیعی بزرگی را می دهند. از دیدگاه تخصصی فرایند کارستی شدن و تشکیل حفرات را می توان به صورت سامانه‌ای شامل دو زیر سامانه هیدرولوژی و ژئوشیمی در نظر گرفت. پدیده های کارستی و تشکیل حفرات زیر زمینی، نتیجه عمل فرایند های این دو زیر سامانه می باشند که به صورت زنجیر عمل نموده و به هم وابستگی دارند [4] .

مطالعه روند کارستی شدن و ژئومرفولوژی حاصل از آن در یافتن نقاط ضعیف و پایدار در محدوده تونلها و سدهای در دست احداث، اهمیت بسیار دارد. با استفاده از مرفولوژی کارست در رخنمونها می توان به وضعیت لایه‌های مدفون و عملکرد آنها در مقابل پدیده کارستی شدن پی برد و مسیری

[1] - karstic

مناسبی برای تونلها و محلهای امنی برای سازه های مهندسی (مانند سد، پل، ساختمانهای مسکونی، راه ها، مخازن بزرگ و نیروگاههاو غیره) انتخاب نمود [5] .

یک ناحیه کارستی شامل یکی از دشوار ترین و نامطلوبترین شرایط زمین است که ممکن است برای مقاصد گوناگون کارهای عمرانی بکار برده شود. طراحی و ساخت سازه های عمرانی در مناطق کارستی با مشکلات زیادی مواجه است که این به علت غیر قابل پیشگویی بودن مکـان، انـدازه و هندسه ساختمان کـــارست و حفـرات موجود در آن می باشد [6]. مشکلات و مسایل مربوط به کارست، سالیانه هزینه های زیادی را در سراسر جهان بوجود می آورند که این هزینه ها بعلت کم بودن اطلاعات مهندسان درباره کارست، افزایش می یابد. وجود فروچاله ها[1] و غارها از نشانه های ناحیه کارستی می باشد. وجود غارهای طبیعی شرایط مسئله سازی را از نظر زمین شناسی برای مهندسان بوجود می آورد. سنگهای آهکی با ظرفیت باربری بالا که دارای حفرات خالی یا پرشده بوسیله رسوبات هستند، در اعماق سطحی پراکنده شده و سلامت شالوده ها را تهدید می‌کنند. این ویژگیهای غیر قابل پیشگویی باعث افزایش مشکلات برای مهندسان می شود [7] .

مهمترین عوامل ایجاد حفرات کارستی در سازند های کربناته شامل شیب لایه ها، تاثیر فعالیت های تکتونیک منطقه و مدت زمان تماس آب و سنگ می باشد[5] .

علاوه بر انحلال پذیری، قابلیت تراوایی نیز یک عامل مهم به شمار می آید. عامل اساسی قابلیت تراوایی سنگهای کربناته، درز و شکافدار بودن این سنگها می باشد. سنگهای آهکی و دولومیتی، بویژه اگر به صورت لایه های ضخیم و تخت و توده‌ای باشند، بسیار شکننده هستند . فرایندهای تکتونیکی شدید باعث به وجود آمدن سامانه های درز و شکاف زیادی می شود که آب می تواند از این طریق به قسمتهای

[1] - Sinkhole

عمیق توده سنگ ضخیم انتقال یابد. قطعه قطعه شدن توده سنگها در اثر فرایندهای تکتونیکی عامل مهمی در کارستی شدن و ایجاد حفره می باشد[8].

2-3- روشهای پایدارسازی حفرات زیر زمینی

روشهای متعددی برای پایدار سازی سقف این حفرات وجود دارد. یکی از روشها، تثبیت خاک روی این حفرات با تزریق می باشد . تزریق موجب می شود که خاک روی حفره بصورت بلوکی یکپارچه در آید که باعث ایجاد پلی بر روی حفره شود. روش دیگر، ایجاد دال بتنی مسلح بر روی حفرات می باشد. در مواردیکه قطر حفرات بیش از حد بزرگ باشد، این روش بسیار پرهزینه خواهد بود. روش دیگر، شمع کوبی تا روی سنگ بستر سالم می باشد تا بدین طریق بار ناشی از سازه ها بوسیله شمع ها انتقال یابد[6]. در حال حاضر یک راه حل اقتصادی جهت پایداری سقف این حفرات، مسلح سازی خاک می باشد [2]. برای مسلح سازی هم می توان از فلزات و هم از ژئوسنتتیک ها استفاده نمود. با توجه به ضعف فلزات مدفون در برابر خوردگی، قیمت نسبتا بالای آنها و همچنین گسترش فرآورده های پلیمری و سازگاری بیشتر آنها با خاک، در اکثر موارد از ژئوسنتتیکها استفاده می شود[9]. با این وجود بعضی از محققان به بررسی پایداری سقف این حفرات (بویژه تونلها) با فلزات پرداختند. Tan & Ranjith[3] به بررسی عددی پایداری تونلی مسلح با لوله های فلزی واقع در خاک نرم، پرداختند . این بررسی که با استفاده از نرم افزار FLAC انجام شد، نشان داد که این روش مسلح سازی باعث کاهش میزان تغییر شکلهای تونل می شود. همچنین موجب کاهش 40 تا 50 درصدی نیز در میزان نشست خاک نرم روی تونل می شود [3].

امروزه برای مسلح سازی خاک روی حفرات زیر زمینی اغلب از ژئوسنتتیک ها استفاده می شود. به عنوان مثال خاک روی فرو چاله ای قیفی شکل واقع در زیر جاده Vera Cruz در ایالت پنسیلوانیای

آمریکا با استفاده از ژئوسنتتیک مسلح شد. این پوشش خاکی دارای ستبرای 1/2 و طول 35 متر و ترکیبی از 13 لایه ژئوگرید پلی اتیلنی با چگالی بالا و سنگریزه بود [10] .

در حال حاضر استفاده از ژئوسنتتیک ها جهت مسلح سازی خاک روی حفرات زیر زمینی روشی مناسب و اقتصادی برای جلوگیری از فرو ریزش خواهد بود. ترکیب ژئوسنتتیک و لایه خاک، پلی را بر روی حفره ایجاد می کند تا بدین ترتیب هم باعث کاهش میزان نشست سطح زمین گردد و هم در اثر بارهای وارده از فرو ریزش خاک به درون حفره جلوگیری کند [2].

2-4- خاک مسلح

خاک مصالحی است که دارای مقاومت فشاری و برشی خوبی بوده ولی چندان قادر به تحمل نیروهای کششی نمی باشد [11و 12و 13]. فراوانی، ارزانی و سهولت دسترسی به خاک، تلاشهایی را برای چیره شدن بر ضعف کششی آن به دنبال داشته است و منجر به اندیشه ای گردید که با افزودن یک ماده ثانویه به توده خاک، مقاومت کششی آن بهبود یابد [12] .

موفقیت اساسی مصالح ترکیبی در این است که خصوصیات هر یک از اجزا که بعضاً به تنهایی کارایی چندانی ندارند، در هم ترکیب شده و محصولاتی با ویژگیهای مفیدتر ایجاد می شود [14]. نکته قابل توجه اینکه تسلیح سازه های خاکی، پدیده ای جدید نمی باشد و اساس آن از تسلیح طبیعی شیبها توسط گیاهان الهام گرفته شد [9] .

به واقع زمان نخستین تلاشها برای تقویت خاک در تاریخ مشخص نیست. بیش از سه هزار سال پیش، بابلیان در ساخت زیگوراتها که در معماری بابلیهای قدیم«برج بلند» نامیده می شد، از خاک مسلح استفاده نمودند [11و13و15]. مطالعات باستان شناسان نشان می دهد که حدود 2500 سال قبل از میلاد حضرت مسیح، قرار دادن شاخۀ درختان بر روی زمینهای با تلاقی و نرم برای احداث راه متداول بود[14].

برای هزاران سال در خاورمیانه و خاور دور، جهت تسلیح سازه های خاکی بزرگ از نی، حصیرو بامبو استفاده می شد[14و15]. هلندی ها در گذشته، جهت مقابله با امواج دریا از شاخ و برگ درخت بید برای مسلح کردن خاکریزهای کنار ساحل استفاده می کردند[15]. استفاده از پارچه ها برا ی کمک به ساخت جاده بر روی زمین به رومیان باستان مربوط می شود. آنها در روشی که بسیار شبیه به روشهای امروزی بود، حصیر ها را بر روی زمین با تلاقی قرار داده و سپس روی آن را با سنگدانه می پوشاندند[14]. در قرون وسطی، از چوب، نی و پوست حیوانات برای تسلیح خاک در اروپا استفاده می شد [15]. در ایران نیز از زمانهای گذشته استفاده از کاه گل به صورت مخلوطی از خاک چسبنده و کاه به عنوان یک مصالح ساختمانی متداول بود [11] .

برای نخستین بار ایده تسلیح خاک به شیوه امروزی توسط کاساگرانره و ترزاقی در سال 1930 مطرح شد [9]. اما عملاً مفهوم نوین خاک مسلح در سال 1966 توسط مهندس فرانسوی Henri Vidal ابداع شد. در همین سال نخستین دیوار خاک مسلح به ارتفاع پنج متر در کوههای پیرنه و به کمک Vidalساخته شد [11]. وی با بکار گیری همزمان یک خاک دانه ای و تسمه های فولادی توانست به تودۀ خاک پشت دیوار نگهبان، چسبندگی ناهمسانی در امتداد تسمه ها بدهد. پس از آن استفاده از فن خاک مسلح در اکثر کشورهای جهان، بویژه در ایالات متحده آمریکا به سرعت معمول گردید [12].

با افزایش روز افزون استفاده از سازه های خاکی مسلح، تحقیقات گسترده ای بر روی چگونگی رفتار این سازه ها و ارائه روشهایی جهت طراحی و ساخت آنها انجام شد. در این روشـهای تحلیلی از نظریه ها و مفروضات گوناگونی استفاده شده است. به همین دلیل در بعضی موارد مقادیر متفاوتی بدست می آید که این مسئله در کارهای عملی، انتخاب روش مناسب برای طراحی را دشوار می سازد [9].

2-4-1- ژئوسنتتیکها[1]

امروزه تسلیح، هم از نظر شکل (یعنی به صورت نوار، صفحه، شبکه، میله یا رشته)، هم از نظر زبری (یعنی به صورت زبر یا صاف) و هم از نظر سختی نسبی (یعنی با سختی نسبی بالا مانند فولاد یا با سختی نسبی پایین مانند پارچه های پلیمری) به روشهای گوناگونی صورت می پذیرد [11]. در اوایل، تسلیح عمدتاً بوسیلهٔ فلزات صورت می گرفت ولی امروزه با توجه به موارد گفته شده در قسمتهای قبل، در بیشتر موارد از ژئوسنتتیکها استفاده می شود. از سال 1950 صنعت پلیمر شروع به پیشرفت کرد و فناوری ساخت انواع پلاستیکها بوجود آمد. ژئوسنتتیکها از حدود سال 1970 به بعد در موارد گوناگونی از قبیل بهبود ظرفیت باربری ، سد سازی و تسلیح شیروانی ها بکار گرفته شدند [9] . از سال 1980 میلادی به بعد ، استفاده از پارچه بافته شده یا بافته نشده به نام ژئوتکستایل[2] و نیز استفاده از شبکه های پلاستیکی به نام ژئوگرید[3] به عنوان مصالح تسلیح یا عناصر تقویت کننده، به طور گسترده ای متداول گردید. دلیل این مسئله می تواند ناشی از عملکرد بهتر پارچه های با سختی نسبی پایین که هماهنگی بهتری با خاک دارند، نسبت به مصالح تسلیح کننده فلزی با سختی نسبی بالا باشد. این پارچه های پلیمری یا مصنوعی به دلیل سختی نسبی پایین، از نظر تغییر شکل پذیری با خاکها سازگار تر می باشند . علاوه بر این پارچه ها، تراوا و مقاوم در برابر خوردگی هستند و بعضی از انواع آنها در برابر پوسیدگی، حملات باکتر یها واسید ها پایدارند و غیر رسمی نیز می باشند [11]. البته این عناصر نیز در بعضی موارد نسبت به عناصر فلزی نقاط ضعفی دارند که عبارتند از : مقاومت کششی پایین تر، حساسیت این اجزا در برابر پدیدهٔ خزش، عدم وجود اطلاعات کافی در بارهٔ طول عمر مفید و رفتار آنها در دراز مدت، پوسیدگی در برابر نور خورشید و غیره [9] .

[1] - Geosynthetics
[2] - Geotextile
[3] - Geogrid

واژۀ « ژئوسنتتیک » توسط J.E.Fluet در سال 1983برای تمام مصالح مصنوعی که جهت اصلاح ویژگیهای خاک استفاده می شد، پیشنهاد گردید [15]. در واقع ژئـوسـنتتیک محصولی صفحه ای شکل می باشد که از مصالح پلیمری (قسمت Synthetic) ساخته شده و بهمراه خاک، سنگ و دیگر مصالح مرتبط با ژئوتکنیک (قسمت geo) بکار برده می شوند [16].

استفاده از ژئوسنتتیک‌ها در حوزه های مهندسی ژئو تکنیک، محیط زیست و حمل ونقل، بسرعت در حال رشد می باشد. صنعت ساخت ژئوسنتتیک‌ها در ارتباط مستقیم با صنعت پلیمر است. به مرور زمان که مواد پلیمری جدیدی بوجود می آیند، کیفیت و قابلیت ژئوسنتتیک‌ها نیز جهت استفاده در کارهای عمرانی، بالا می رود [14]. (1986) Giroudدلایلی برای علت استقبال گروههای گوناگون دست اندرکار طرحهای عمرانی (پیمانکاران، طراحان و کار فرمایان) از ژئوسنتیک بیان نمود. پیمانکاران علاقمند به مصالحی با قابلیت اجرای سریعتر و با وابستگی کمتر به شرایط جوی می باشند. ضمن اینکه می خواهند حجم عملیات خاکی آنها کاهش یابد. طراحان علاقمند به استفاده از مصالحی با قابلیت اعتماد بیشترو با سهولت در کنترل کیفیت هستند. کار فرمایان نیز خواهان مصالحی با حداقل هزینه ساخت و نگهداری می باشند [11 و 13]. نمودار شکل زیر، یک دید کلی از رشد میزان استفاده از ژئوسنتتیک‌ها در آمریکای شمالی، در طی سالهای 1970 تا 1992 را نشان می دهد. بر طبق این نمودار، رشدی که در میزان کاربرد ژئوتکستایلها بوجود آمده، به مراتب بیش از انواع دیگر ژئوسنتتیک‌ها است [14] .