Archive

دوازدهمین کنفرانس ملی شهرسازی ،معماری،عمران ومحیط زیست

بررسی شیروانی‌های مسلح شده با سیستم ژئوسینتتیک مهار شده تحت تراوش

فرشاد کبیری[1]

۱- کارشناس ارشد مهندسی عمران - ژئوتکنیک، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران مرکزی، دانشکده فنی و مهندسی
farshadkabiri@ymail.com

چکیده

هدف از این پژوهش بررسی روش تسلیح سیستم مهار شده که به اختصار روش AGS، نامیده می‌شود، به منظور کنترل فرسایش سواحل و نیز بهبود پایداری شیب‌ها است. نواحی ساحلی ممکن است دو نوع فرسایش را در بر داشته باشند. فرسایش کوتاه مدت ناشی از موج‌های طوفانی که در عرض چند روز اتفاق افتاده ولی سبب فرسایش زیادی می‌گردد و فرسایش بلند مدت ناشی از جابجایی شن‌های ساحلی در اثر جریان‌های عرضی مقطعی که در طول چندین سال و تغییر سطح آب دریا اتفاق می‌افتد. راه حل موفقیت آمیز و قابل قبول، راه حلی است که بتواند از هر دو فرایند فرسایش جلوگیری نماید. باید به این نکته توجه کرد که میزان فرسایش را می توان کاست لیکن نمی‌توان آن را به طور کامل حذف کرد. سیستم ژئوسینتتیک مهار شده یا AGS یکی از روش‌های بالا بردن مقاومت و پایداری شیب‌ها، به خصوص شیب‌های ساحلی با محدود کردن آن‌ها به وسیله اعمال تنش بر سطح این شیب‌ها است. نتیجه کاربرد روش ژئوسینتتیک مهار شده یا AGS در پایدارسازی درجای شیب‌ها شامل ایجاد نیروی کششی در شبکه پلیمری و در نتیجه اعمال تنش فشاری از طرف شبکه به سطح شیب و مقاومت مهارهای داخل خاک بوده که سبب افزایش مقاومت خاک و پایداری شیب‌ها در مقابل فرسایش و دیگر نیروهای ناپایدار کننده نظیر تراوش می‌گردد. راندن مهارهای متصل به شبکه پلیمری در توده خاک دانه‌ای باعث ایجاد یک سطح انحنا در سطح زمین شده و لذا تنش فشاری در سطح شیب ایجاد می شود. این تنش فشاری سبب پایداری توده خاک مسلح در برابر جریان های برگشتی ناشی از امواج و افزایش مقاومت در مقابل فرسایش شیب می‌گردد. در نتیجه کاربرد روش ژئوسینتتیک مهار شده یا AGS در پایدارسازی درجای شیب‌ها شامل ایجاد نیروی کششی در شبکه پلیمری و در نتیجه اعمال تنش فشاری از طرف شبکه به سطح شیب و مقاومت مهارهای داخل خاک بوده که سبب افزایش مقاومت خاک و پایداری شیب‌ها در مقابل فرسایش و دیگر نیروهای ناپایدار کننده می‌گردد.

کلمات کلیدی: شیروانی، شیب خاکی، فرسایش شیب، ژئوسینتتیک، سیستم مهار شده

۱- مقدمه

دهه‌های متمادی از کاربرد تکنیک تسلیح خاک در پروژه‌های عمرانی می‌گذرد و استفاده از آن روز به روز گسترش می‌یابد. استفاده روز افزون از سیستم‌های خاک مسلح به همراه مطالعات تحقیقاتی گسترده بر روی آن‌ها، این تکنولوژی را وارد مراحل جدیدی نموده است. امروزه تسلیح خاک با ژئوسینتتیک‌ها در پروژه‌های متعدد از قبیل ابنیه بزرگراه‌ها و خطوط راه آهن، تسلیح شیب‌ها و ... متداول شده است و این به دلیل بالا بودن مقاومت کششی مواد پلیمری، زیاد بودن عمر آن‌ها، سهولت کاربرد و هزینه نسبتاً پایین آن‌ها می‌باشد.

www.SID.ir

Archive

در مهندسی عمران، خاک مسلح کاربردهای گوناگونی دارد. از جمله روش‌های تسلیح خاک که در حین ساخت اجرا می‌شود و معمولاً همراه با خاکبرداری و خاکریزی است می‌توان به جاده سازی با خاک مسلح، دیوارهای خاک مسلح، تسلیح شیب‌ها و خاکریزها، تسلیح پی سازه‌ها و ... اشاره نمود. موارد دیگری نیز از مسلح کردن خاک می‌باشد که در حجم وسیع بدون نیاز به خاکبرداری و خاکریزی اجرا می‌شود به این قبیل از کاربردهای خاک مسلح در اصطلاح «مسلح سازی خاک به روش درجا» گفته می‌شود. از جمله این موارد می‌توان به مهارگذاری خاک، میخ کوبی خاک و سیستم ژئوسینتتیک مهار شده اشاره کرد.
روش تسلیح سیستم مهار شده که به اختصار روش AGS، نامیده می‌شود، به منظور کنترل فرسایش سواحل و نیز بهبود پایداری شیب‌ها پیشنهاد می‌شود. در اینجا برای روشن شدن بیشتر کاربرد روش تسلیح درجا AGS، بعد از معرفی ژئوسینتتیک‌ها، ابتدا به شرح مسئله چگونگی فرسایش سواحل و تاریخچه وجودی AGS پرداخته شده است.

۲- آشنایی با ژئوسینتتیک‌ها

طی نیم قرن اخیر استفاده از مواد و مصالح مصنوعی در پروژه‌های مهندسی عمران پیشرفت وسیعی داشته است. با ابداع مواد مصنوعی با دوام و قابل اطمینان، مصالحی با عنوان ژئوسینتتیک به دنیا معرفی شد. این مصالح به صورت مصنوعی از مواد لاستیکی و پلاستیکی ساخته می‌شود و بسته به نوع کاربرد و عملکرد مورد انتظار با اشکال و خواص مختلف تولید می‌شوند. به علت کاربرد وسیع، سرعت اجرا و قیمت مناسب، تولید و مصرف این مصالح به شدت در حال رشد است.
ژئوسینتتیک‌ها در پروژه‌های صنعتی، سدسازی، راه سازی، سازه‌هایی از قبیل دیوار حایل، به سازی خاک و سایر پروژه‌ها که با خاک مرتبط هستند کاربرد گسترده‌ای دارند.
ژئوسنتیک‌ها موادی هستند که همگام با پیشرفت صنعت پتروشیمی با استفاده از انواع مختلف پلیمرها ساخته می‌شوند و استفاده از آن ها به عنوان مصالحی جدید در طرح‌های آب و خاک مورد استقبال قرار گرفته است. به طور کلی ژئوسینتتیک عنوانی فراگیر برای توصیف صفحات نازک و انعطاف پذیری است که در داخل توده خاک یا در ارتباط با مصالح خاکی با اهداف مختلفی مانند مسلح سازی، جداسازی، عایق بندی رطوبتی، مهار فرسایش، ایفای نقش صافی، زهکشی و غیره موردا ستفاده قرار می‌گیرند. در بسیاری از موارد، این ورقه‌ها ممکن است ترکیبی از وظایف مذکور را به عهده داشته باشند.
خواص فیزیکی و مکانیکی ژئوسینتتیک‌ها همچون استحکام، نفوذناپذیری، مقاومت در برابر فرسایش و از همه مهم‌تر مقاومت کششی فوق العاده بالای آن‌ها نسبت به وزن‌شان باعث به وجود آمدن گستره وسیعی از کاربرد این مواد در طرح‌های عمرانی شده است.
از این مصالح در زمینه‌های مختلف از قبیل بهبود وضعیت خاک، اصلاح موارد زیست محیطی، هیدرولیک و سازه‌های هیدرولیکی و حمل و نقل استفاده می‌شود.

۲-۱- کاربرد ژئوسینتتیک‌ها

مهم‌ترین کاربردهای ژئوسینتتیک‌ها جداسازی، فیلتریزاسیون، زهکشی، تسلیح، جلوگیری از نشت سیالات یا حفاظت در مقابل فرسایش است. در بعضی از موارد یک محصول دو کاربرد را به صورت هم زمان برآورده می‌کند.

۲-۲- انواع ژئوسینتتیک‌ها

ژئوسینتتیک‌ها به شش گروه اصلی ژئوتکستایل‌ها، ژئوممبرین‌ها، ژئوگریدها، ژئوفوم‌ها، ژئونت‌ها، ژئوکامپوزیت‌ها و ژئوسینتتیک با پوشش رسی تقسیم می‌شوند.هر کدام از این گروه‌ها دارای خصوصیات مخصوص به خود هستند و با توجه به همین خصوصیات در کارهای مختلفی از آن‌ها استفاده می‌شود.

www.SID.ir

البته علاوه بر دسته‌های اصلی اشاره شده، دسته‌های دیگری از قبیل ژئوپایپ‌ها و ژئوسل‌ها وجود دارند، که کاربرد کم‌تری دارند.

۲-۲-۱-ژئوتکستایل‌ها

ژئوتکستایل‌ها بزرگ‌ترین گروه ژئوسینتتیک‌ها را تشکیل می‌دهند. این محصولات، منسوجات متخلخل و نفوذپذیری هستند که از الیاف پلیمری ساخته می‌شوند. خاصیت اصلی آن‌ها فسادناپذیری در مقابل عوامل مخرب درون خاک است.

در عملکرد فیلتریزاسیون، ژئوتکستایل در عین نگهداری ذرات ریز خاک، اجازه عبور آب از میان لایه ذرات ریز به لایه ذرات درشت‌تر را می‌دهد. به همین دلیل، ژئوتکستایل باید ثبات دائمی مکانیکی و نیز ثبات فیلتر هیدرولیکی را برای ادامه کارآیی سازه، داشته باشد. برای اینکه این کاربرد مؤثر واقع شود، ژئوتکستایل باید از شسته شدن و از میان رفتن ذرات ریز ممانعت کند. بدین منظور هنگام انتخاب و طراحی، مطابقت آن با معیارهای فیلتری، نفوذپذیری، تأمین و حفظ جریان مداوم آب با حداقل میزان فشار بررسی می‌شود.

یکی دیگر از موارد استفاده از ژئوتکستایل‌ها، مسلح کردن خا کریزهاست. با به کار بردن لایه‌های ژئوتکستایل در خاکریز می‌توان حجم مصرفی مصالح خاکی را کاهش داد و خاکریز را در مقابل تمامی بارهای اعمالی مسلح کرد. همچنین می‌توان با استفاده از ژئوتکستایل، دیواری با شیب دلخواه تا ۹۰ درجه ایجاد کرد. این مصالح قابلیت ساخت دیوار تا ارتفاع حدود ۱۰ متر را دارد. این دیوارها انعطاف‌پذیر هستند و در مقابل لغزش دورانی ضریب اطمینان بالایی دارند. از خا کریزهای مسلح در جلوگیری از رانش زمین، دیوارهای حایل وزنی که به نحوی محدودیت ابعاد دارند، در ریزش گیرها، در بستر جاده و ... استفاده می‌شود.از ژئوتکستایل‌ها برای ممانعت از نفوذ مصالح اساس راه به لایه مصالح نرم تر خاک زیربستر و در نتیجه تثبیت ضخامت لایه های مختلف طراحی شده نیز استفاده می‌شود (خاصیت جداکنندگی).

از مزیت‌های شاخص ژئوتکستایل‌ها سهولت و سرعت کاربرد، دوام بالا در مقابل عوامل طبیعی، توانایی نگهداری ذرات خاک در جای خود و مقاومت الکتریکی بالای آن‌ها و از معایب مهم آن‌ها ایجاد تغییر شکل در دراز مدت است که در انواع جدید سعی شده این مشکل برطرف شود.

۲-۲-۲- ژئوممبرین‌ها

ژئوممبرین‌ها ورق‌های لاستیکی یا پلاستیکی با نفوذپذیری بسیار پایین هستند که به عنوان حفاظ رطوبتی به کار برده می‌شوند. ژئوممبرین‌ها بعد از ژئوتکستایل‌ها دومین گروه بزرگ ژئوسینتتیک‌ها را تشکیل می‌دهند. برای ساخت ژئوممبرین‌ها، مخلوط مناسبی از مواد پلیمری ذوب و به صورت ورق‌های نازکی از قالب خارج می‌شود. سپس ورق‌ها از داخل غلتک‌هایی که در خلاف جهت هم حرکت می‌کنند عبور داده می‌شوند. این کار ضخامت ورق‌ها را در تمام قسمت‌ها یکسان می‌کند و خواص مکانیکی آن‌ها را نیز بهبود می‌بخشد. به علاوه، با این روش می‌توان ژئوممبرین‌های چند لایه ساخت. ضخامت پوشش‌ها (لایه‌ها) بین ۷۵ / ۰ تا ۳ میلی متر و پهنای آن ها بین ۸/ ۱ تا حداکثر ۵/ ۹ متر است.

سرعت اجرای ژئوممبرین فوق العاده بیش‌تر از مصالح بنایی است، به گونه‌ای که استخر ذخیره آب بیش از ۵۰۰،۰۰۰ متر مکعب را می‌توان یک هفته‌ای احداث کرد؛ در حالی که با مصالح بنایی بیش از چندین ماه زمان و حجم بسیار زیادی مصالح برای احداث چنین استخری لازم است.

ژئوممبرین‌ها به عنوان یک عایق بسیار مقاوم و کم هزینه با طول عمر بالا در بسیاری از پروژه‌ها کاربرد دارند. بعضی از کاربردهای اصلی ژئوممبرین‌ها عبارتند از: آب و فاضلاب (ساخت لاگون‌ها، کانال‌های آب رسانی، حوضچه‌ها و استخرها و دریاچه‌های مصنوعی)، ایزولاسیون سازه‌های زیرزمینی در برابر نفوذ آب‌های سطحی و زیرزمینی، سایت دفن زباله‌های صنعتی و خطرناک، ایجاد و توسعه زمین‌های کشاورزی در محیط‌های نامساعد.

www.SID.ir

Archive

جهت استفاده از ژئوممبرین‌ها در سطوح شیبدار یا قائم و جاهایی که امکان لغزش وجود دارد، از نوعی ژئوممبرین استفاده می‌شود که بر روی سطح آن برجستگی‌هایی به شکل میخ وجود دارد. این میخچه‌ها در آستر زیر فرو رفته و مانع از لغزش لایهٔ ژئوممبرین می‌شوند.

هنگام نصب، ژئوممبرین نباید کشیده شود و از چین خوردگی آن نیز باید جلوگیری کرد. چنانچه ژئوممبرین‌های تولیدی از نوع مدفون یا نیازمند لایه محافظ باشند، باید برای اجتناب از تجزیه و فساد آن در اثر اشعه ماورای بنفش، هرچه سریع تر پس از نصب روی آن‌ها پوشانیده شود.

همچنین جهت جلوگیری از سوراخ شدگی این لایه‌ها (به دلیل خاصیت آب بندی) باید از مجاورت با لبه‌های نوک‌تیز جلوگیری و سطح پوشش قبل از احداث به خوبی صاف و یکنواخت شود.

۲-۲-۳- ژئوگریدها

ژئوگریدها گروهی دیگر از خانواده ژئوسینتتیک‌ها از جنس پلی‌استر و پلی‌اتیلن یا ترکیبی از این مواد و سایر مواد مشابه هستند. این محصولات در ضخامت، اندازه و ابعاد مختلف به صورت شبکه‌های سه بعدی تولید می‌شوند. ژئوگریدها به عنوان تقویت کننده‌های مناسب مورد استفاده قرار می‌گیرند، زیرا دارای مقاومت کششی بالا و قابلیت قفل شدگی قابل توجهی با محیط اطراف هستند.

این دسته از ژئوسینتتیک‌ها معمولاً در مناطقی که خاک اشباع یا نم‌دار است، در بالا و پایین لایه ژئوتکستایل قرار می‌گیرند. ضخامت الیاف ژئوگرید ۰/۵ تا ۱/۵ میلی‌متر و ضخامت در محل گره ۲/۵ تا ۵ میلی‌متر است. ژئوگریدهایی که از آن‌ها برای مسلح کردن خاک استفاده می‌شود، دارای چشمه‌های مستطیلی یا بیضی با ابعاد تقریبی ۲۵ تا ۱۵۰ میلی‌متر هستند.

مهم‌ترین کاربردهای ژئوگریدها ایجاد سیستم خاک مسلح، احداث دیوارهای حایل، اصلاح لایه اساس و تقویت بستر در راه سازی و موارد مشابه است. شایان ذکر است که دیوارهای ساخته شده با ژئوگرید، مشکل تغییر شکل های زیاد دیوارهای ساخته شده با ژئوتکستایل‌ها را ندارد.

۲-۲-۴- ژئوفوم‌ها

ژئوفوم‌ها جدیدترین گروه ژئوسینتتیک هستند. ژئوفوم‌ها در قطعه‌های بزرگ و سبک ساخته می‌شوند و در سازه های خاکی یا سنگفرش‌ها به عنوان عایقی در برابر گرما و حرارت عمل می‌کنند. فوم‌ها اصولاً به عنوان پرکننده فضاهای خالی و درزه‌ها به کار می‌روند. با توجه به قابلیت‌هایی که تولیدکنندگان به فوم‌ها داده‌اند، این فوم‌ها افزایش حجمی تا ۶۰ برابر در فضای آزاد را دارند و می‌توانند به عنوان عایق آب و گاز نیز عمل کنند، همچنین دارای خواص بارپذیری بالا نیز هستند. کاربرد ژئوفوم‌ها اغلب در زیر سنگچین‌های بنا شده بر روی خاک‌های نرم و سست، سطوح زیرین جاده، سنگ‌فرش باند فرودگاه، سیستم‌های راه آهن که دائماً در معرض انبساط و انقباض قرار می‌گیرند و همچنین در زیر تانک‌های ذخیره مایعات نوشیدنی خنک و سطوح شیب دار استفاده می‌شوند.

۲-۲-۵ –ژئونت‌ها

ژئونت‌ها گروه دیگری از محصولات ژئوسینتتیک هستند. این محصول در کارهای عمرانی برای تثبیت خاک‌های سست، تقویت و مقاوم سازی دیواره‌های خاکی، زیرسازی مخازن، محافظت از دیواره شیب‌ها و محافظت پوشش لوله‌های زیرزمینی (جلوگیری از خراش توسط سنگ‌ها) به کار می‌رود. این محصولات به صورت دو مجموعه موازی از تیرک‌های پلیمری هستند که به صورت زاویه دار نسبت به هم قرار می‌گیرند. بین این تیرک‌ها سوراخ‌های نسبتاً بزرگی وجود دارد که در نتیجه محصول شکلی توری

www.SID.ir

Archive

مانند خواهد داشت. عملکرد ژئونت‌ها به طور کامل در محدودهٔ زهکشی قرار دارد. تقریباً تمام ژئونت‌ها از پلی‌اتیلن ساخته می‌شوند.

۲-۲-۶- ژئوکامپوزیت‌ها

ژئوکامپوزیت‌ها ترکیب دو یا چندتایی از ژئوتکستایل‌ها، ژئوگریدها، ژئونت‌ها یا ژئوممبرین‌ها هستند. در ساخت ژئوکامپوزیت‌ها ممکن است محصولات غیرپلیمری نظیر پشم شیشه و رشته‌های فولادی برای افزایش مقاومت کششی، ماسه جهت ایجاد مقاومت فشاری و به عنوان پر کننده، رس برای منبسط شدن در مواقعی که از ژئوکامپوزیت به عنوان پوشش استفاده می‌شود و قیر به عنوان مادهٔ ضد آب استفاده شود.

هدف از ساختن ژئوکامپوزیت‌ها ایجاد محصولاتی است که در عملکردهایی نظیر مسلح کنندگی، زهکشی، فیلتریزاسیون و غیره برتری قابل ملاحظه ای نسبت به انواع دیگر ژئوسینتتیک‌ها داشته باشند و نیز بتوانند چند وظیفه را به طور هم‌زمان انجام دهند. از انواع متداول ترکیب ژئوسینتتیک‌ها برای ساخت ژئوکامپوزیت‌ها می‌توان به ترکیب ژئوتکستایل- ژئوگرید، ژئوتکستایل-ژئوممبرین و ژئوممبرین- ژئوگرید اشاره کرد.

۲-۲-۶- ژئوسینتتیک با پوشش رسی

این نوع ژئوسینتتیک، از مشتقات ژئوکامپوزیت‌ها است که به دلیل کاربرد فراوان به صورت جداگانه بررسی می‌شود. این محصول متشکل از ورقه‌های ژئوسنتیک با میان لایه‌های رسی (بنتونیتی) است و برای جلوگیری از نشت آب و آب بندی مورد استفاده قرار می‌گیرد. نوع متداول آن متشکل از یک لایه بنتونیت در میان دو ورقه ژئوتکستایل یا یک لایه ژئوتکستایل و ژئوممبرین است. این نوع ژئوسینتتیک جایگزین پوشش رسی متراکم شده می‌شود، در این حالت بنتونیت در لایه وسطی متورم شده و به نفوذپذیری بسیار ناچیزی در حدود ۹- ۵ × ۱۰ سانتی متر بر ثانیه می‌رسد. در نتیجه ژئوتکستایل با لایه رسی، حفاظت هیدرولیکی معادل با یک متر هسته رسی متراکم شده را تأمین می‌کند. این در حالی است که ضخامت کل لایه در حدود هفت میلی‌متر است.

۲-۳- ژئوسینتتیک مهار شده (AGS)

یکی از شاخه‌های کاربردی مهندسی ژئوتکنیک، مبحث مربوط به تحلیل شیب‌ها و شیروانی‌ها می‌باشد. هدف از انجام این تحلیل‌ها، ارزیابی پایداری یا عدم پایداری، یافتن سطح لغزش در صورت ناپایداری و بررسی رفتار تغییر شکلی این سازه‌ها می‌باشد. شیب‌های ساحلی از مواردی هستند که دائم تحت اثر نیروهای ناشی از امواج و تراوش و در نتیجه فرسایش و تخریب قرار دارند. از آنجایی که این شیب‌ها عمدتاً متشکل از مصالح دانه‌ای بوده و فاقد چسبندگی (به ویژه در قسمت‌های سطحی) می‌باشند، بنابراین مقاومت برشی ناچیزی داشته و احتمال ناپایداری در برابر نیروهای تراوش زیاد می‌باشد. یکی از روش‌های بالا بردن مقاومت و پایدارسازی این شیب‌ها، اعمال تنش‌های سطحی بر سطح شیب می‌باشد.

به طور کلی وظیفه اصلی تسلیح در شیب‌ها و خاکریزها تأمین نیروی تثبیت کننده است. روش موسوم به AGS (anchored geosynthetic system) یکی از راه‌های بالا بردن مقاومت و پایدارسازی این شیب‌ها می‌باشد. این روش تسلیح درجا، با پهن کردن فابریک‌های ژئوسینتتیکی بر روی سطح شیب و مهار آن‌ها به داخل زمین اجرا می‌شود. با اجرای این سیستم، فابریک‌های ژئوسینتتیکی با استفاده از مقاومت اصطکاکی مهارها به کشش افتاده و کشش ایجاد شده موجب اعمال تنش فشاری بر سطح شیب شده و در نتیجه مقاومت برشی توده خاک در سطح لغزش افزایش یافته و به واسطه آن پایداری شیب افزایش می‌یابد.

www.SID.ir

Archive

۳- تسلیح سیستم مهار شده (AGS)

روش تسلیح سیستم مهار شده که به اختصار روش AGS، نامیده می‌شود، به منظور کنترل فرسایش سواحل و نیز بهبود پایداری شیب‌ها پیشنهاد می‌شود. در اینجا برای روشن شدن بیشتر کاربرد روش تسلیح درجا AGS، ابتدا به شرح مسئله چگونگی فرسایش سواحل و تاریخچه وجودی AGS پرداخته می‌شود.

۳-۱- فرسایش سواحل

یکی از اهداف اساسی در مهندسی سواحل و بنادر، ایجاد پایداری خط ساحلی می‌باشد. خط ساحلی تحت تأثیر امواج، جزر و مد، سرعت جریان باد و فعالیت‌های انسانی در معرض تخریب و تغییر قرار دارد. تغییرات نیمرخ عرضی ساحل، سبب ناپایداری خط ساحلی و تهدید تأسیسات کنار ساحل و از بین رفتن سرمایه گذاری‌های صورت گرفته می‌شود.

۳-۱-۱- روند فرسایش سواحل

امواجی که در اثر وزش بادها به سمت ساحل رانده می‌شوند انرژی زیادی را از دریا به مناطق ساحلی منتقل می‌نمایند. بسته به نوع موج، اتلاف انرژی می‌تواند با ایجاد جریان‌های متلاطم زیادی همراه باشد. این جریان‌های متلاطم باعث کنده شدن و جابجایی ذرات کف ساحل و در نتیجه فرسایش آن می‌گردد. از نقطه نظر تأثیر امواج بر سواحل، آن‌ها را می توان به صورت زیر تقسیم بندی نمود:

۱. امواج با دوره تناوب بالا: این امواج نه تنها باعث خرابی نمی‌شوند بلکه با برگرداندن رسوبات ناشی از فرسایش سواحل به ساحل، باعث گسترش سواحل نیز می‌گردند. این نوع از امواج در اثر طوفان‌های دور دست شکل گرفته و پس از طی مسافت طولانی به سواحل می‌رسند و پس از رسیدن به ساحل به زمین نفوذ کرده و توسط جریان‌های زیرسطحی به تدریج به دریا باز می‌گردند. در این حالت جریان‌های زیرسطحی به صورت کند بوده و در نتیجه، امواج با چند ثانیه فاصله بین هر برخورد باعث می‌شوند که رسوبات معلق در آب روی پیشانی جمع شده و ساحل گسترش یابد.

۲. امواج مخرب: این امواج سرعت زیادی داشته و معمولاً دوره تناوب این امواج پایین است. پایین بودن دوره تناوب سبب زیاد شدن قدرت تخریب این امواج می‌شود. این امواج در اثر وزش بادهای ساحلی دائم به ساحل برخورد کرده و سبب اشباع شدن سریع پیشانی ساحل گشته و منجر به لغزش توده‌ای این قسمت می‌شود. در این حالت جریان زیرسطحی با سرعت زیادی به سمت دریا بازگشته و به همراه خود ماسه‌های ساحلی را شسته و باعث تخریب ساحل می‌گردد. تأثیر دیگری که این نوع امواج بر روی ساحل می‌گذارند این است که، جریان برگشتی اضافی به سمت دریا در جایی که پرش هیدرولیکی رخ می‌دهد سبب روانگرایی ماسه شده و ساحل را تخریب و به عقب می‌راند.

در صورتی که امواج با زاویه غیر از ۹۰ درجه به ساحل برخورد کند دارای مولفه عرضی بوده و سبب تولید جریان به موازات ساحل می‌گردد. رسوبات در چنین جریان‌هایی نامنظم حرکت کرده و در اطراف ساحل پراکنده می‌شوند، این رسوبات، توده‌های شناور ساحلی نامیده می‌شود. این توده‌های شناور ساحلی به علت متغیر بودن زاویه امواج، در هر فصل، روز و ساعت متفاوت می‌باشد.

در صورتی که میزان توده‌های ساحلی که در اثر جریان‌های کناره ساحل از بین می‌روند از میان رسوبات ناشی از منابع ساحلی مختلف بیشتر شود فرسایش طولانی مدت ساحل به وجود می‌آید.

در مواردی نیز باد علاوه بر ایجاد امواج، به تنهایی با جابجا کردن مواد سست ساحلی سبب فرسایش سواحل می‌گردد.

www.SID.ir

Archive

۳-۱-۲- راه حل‌های موجود

همانطور که اشاره شد، نواحی ساحلی ممکن است دو نوع فرسایش را در بر داشته باشد. فرسایش کوتاه مدت ناشی از موج‌های طوفانی که در عرض چند روز اتفاق افتاده ولی سبب فرسایش زیادی می‌گردد و فرسایش بلند مدت ناشی از جابجایی شن‌های ساحلی در اثر جریان‌های عرضی مقطعی که در طول چندین سال و تغییر سطح آب دریا اتفاق می‌افتد. راه حل موفقیت آمیز و قابل قبول، راه حلی است که بتواند از هر دو فرایند فرسایش جلوگیری نماید. باید به این نکته توجه کرد که میزان فرسایش را می‌توان کاست لیکن نمی‌توان آن را به طور کامل حذف کرد. این مقدار اجتناب ناپذیر، ممکن است به وسیله اشتباهات انسان و یا فراموش کردن و غفلت از فرایندهای ساحل دریا افزایش یابد. روش‌های سنجش و کنترل زیادی برای کاهش فرسایش استفاده شده‌اند هر چند هیچ روشی به طور کامل در تمام موارد موفقیت آمیز نبوده است اما فرآیندهای ویژه همراه با یکدیگر، با طراحی مناسب می‌توانند در تخفیف و کنترل فرسایش موثر باشند.

- **استفاده از پوشش ریپ رپ**

پوشش‌های سنگی، سطح شیب دار توده‌های ساحلی را محافظت می‌کند. این پوشش‌ها به طور معمول ترکیبی از یک یا چند لایه از سنگ‌های شکسته، سنگ لاشه یا قالب‌های پیش ساخته بتن مسلح می‌باشند.

اندازه سنگ‌های محافظ براساس مشخصات امواج ویژه محل تعیین می‌گردد. به منظور جلوگیری از شسته شدن شیب ساحلی و خوردگی سطح زیرین شیب، این پوشش باید به درستی دانه بندی شود. یک مزیت پوشش ساحلی قابلیت جذب بهتر انرژی امواج و بنابراین جلوگیری از فرسایش و ساییدگی در جلوی پوشش است. مزیت دیگر آن، سطح ناهموار پوشش است که از حرکت امواج به سمت بالا جلوگیری کرده و بنابراین ضرورت ساخت دیوارهای بلند را رفع می‌کند.

از نکات مهم در طراحی پوشش‌های ساحلی، در نظر گرفتن درست ارتفاع، پهنا و منطقه محافظ جلوی پوشش است. پوشش‌ها به منظور جلوگیری از سرریز شدن امواج بزرگ باید به اندازه کافی بلند باشند و اطراف آن‌ها باید به وسیله بندهایی در برابر خوردگی جانبی محافظت شود. این نوع پوشش به طور معمول در نواحی ساحلی به عنوان یک روش موثر برای حفاظت خاکریزها و تپه‌های ساحلی در برابر امواج به کار می‌رود. در هر صورت این پوشش‌ها در نواحی حساس ساحلی که دارای خاصیت رشد و تشکیل مجدد هستند ناسازگار خواهد بود. در نواحی که سنگ و تخته سنگ در نزدیک ساحل وجود ندارد ساخت این نوع سیستم محافظ ساحلی پر هزینه و گران خواهد بود.

- **تیغه ها و دیوارهای ساحلی**

تیغه‌ها و دیوارهای ساحلی سازه‌هایی هستند که به موازات کناره ساحل از مواد جامد محکم همچون چوب، فولاد، بتن یا آسفالت ساخته می شوند. انواع حجیم این ساختار، کیسه‌ها و تیوپ‌های پر شده از شن، بسته‌های سنگی سیم پیچی شده یا توده‌های قلوه سنگ هستند. این موانع، سواحل دریا را با جدا کردن کامل خشکی از آب محافظت می‌کنند. اما در نواحی که امواج دارای فعالیت می‌باشد ممکن است سبب تشدید در خوردگی و سایش ساحل در اثر انعکاس انرژی امواج بر روی پیشانی سطح ساحلی که دارای زمین نرم است گردد. در صورتی که در پیشانی ساحل حفاظت کافی به عمل نیاید کناره ساحل در کنار تیغه‌ها و دیواره‌های ساحلی سریع فرسایش می‌یابد این پدیده سبب می‌شود تا این روش از نظر اقتصادی مورد توجه واقع شود.

- **ایجاد پوشش گیاهی**

استفاده از روش‌های بیوتکنولوژی جهت پایدارسازی شیب‌ها، گرچه دیرتر از روش‌های سازه‌ای مطرح گردیده، اما امروزه بسیار مورد توجه قرار گرفته است. این روش ارزان تر و با دوام‌تر بوده و می‌تواند به صورت تلفیقی در کنار سایر روش‌های پایدارسازی و یا به صورت مجزا به کار رود. مهم‌ترین اثر پوشش گیاهی در افزایش پایداری، مسلح نمودن خاک توسط ریشه می‌باشد یعنی ریشه‌ها از طریق تبدیل تنش برشی در خاک به مقاومت کششی در ریشه‌ها خاک را مسلح می‌کنند. ریشه‌ها با افزایش توده‌ها به نگهداری شن‌ها و ذرات خاک کمک می‌کنند. ریشه‌ها همچنین با مهار کردن ذرات خاک سبب افزایش پایداری توده‌های

www.SID.ir

Archive

ساحلی می‌گردند. پوشش‌های گیاهی قدرت محافظت توده‌های ساحلی در برابر امواج شدید را ندارند و در برابر دیگر انواع فرسایش ضعیف هستند. گیاهان بسیار کمی قادر به زندگی در محیط خشن و تهی از مواد غذایی سواحل هستند. پوشش گیاهی باید قادر به مقاومت در برابر بادهای تند و انباشتگی شن و نمک باشد. این گیاهان را باید در مقابل لگدمال شده با محدود کردن رفت و آمد کنار ساحل محافظت نمود.

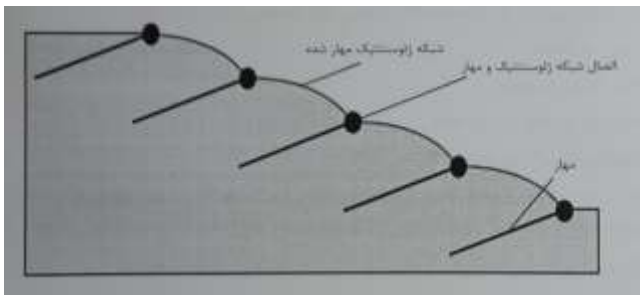
- **ترمیم و تغذیه ساحلی**

سواحل و کناره‌های ساحل در اثر جذب انرژی امواج فرسایش می‌یابند در شرایط فرسایش شدید کناره‌ها، باید به بازسازی توده‌های ساحلی پرداخت و سواحل مصنوعی با تزریق شن ایجاد کرد. شن از منابع بالا و یا نواحی که از کناره ساحل دور است و نقشی در عملکرد یاحل ندارد تأمین می‌شود. از جمله مزیت‌های این روش، حفظ زیبایی، صرفه جویی در هزینه، سادگی و ... است. با این وجود به علت آن که اغلب منابع کنار دریا برای بازسازی و ترمیم ساحل کافی نیست ترمیم مصنوعی ساحل با مشکل روبه رو خواهد شد. بنابراین چنانچه مصالح لازم در نزدیکی ساحل موجود نباشد و میزان فرسایش ساحل زیاد باشد این روش، روشی هزینه بر و گران خواهد بود.

- **تثبیت شیب های ساحلی به روش ژئوسینتتیک مهار شده یا AGS**

روش ژئوسینتتیک مهار شده یا AGS یکی از روش‌های بالا بردن مقاومت و پایداری شیب ها، به خصوص شیب‌های ساحلی با اعمال یک تنش فشاری بر سطح این شیب‌ها است. این روش نسبت به روش‌های ذکر شده در بالا در مناطقی که مسأله زیبایی و ظاهر شیب اهمیت دارد بهترین کاربرد را دارد. مصالح اجرای AGS، از شبکه پلیمری و مهار تشکیل می‌شود. انواع شبکه‌های پلیمری نظیر ژئوتکستایل، ژئوگرید و ژئونت برای این منظور می‌توانند به کار روند. مهارها با فاصله و طول مشخص از میان محل‌های تقویت شده شبکه پلیمری به زمین رانده شده و سپس شبکه مورد نظر و مهار توسط واشر و مهره محکم می‌گردد (شکل (۱)). راندن مهارهای متصل به شبکه پلیمری در توده خاک دانه‌ای باعث ایجاد یک سطح انحنا در سطح زمین شده و لذا تنش فشاری در سطح شیب ایجاد می‌شود. این تنش فشاری سبب پایداری توده خاک مسلح در برابر جریان‌های برگشتی ناشی از امواج و افزایش مقاومت در مقابل فرسایش شیب می‌گردد.

در نتیجه کاربرد روش ژئوسینتتیک مهار شده یا AGS در پایدارسازی درجای شیب‌ها شامل ایجاد نیروی کششی در شبکه پلیمری و در نتیجه اعمال تنش فشاری از طرف شبکه به سطح شیب و مقاومت مهارهای داخل خاک بوده که سبب افزایش مقاومت خاک و پایداری شیب‌ها در مقابل فرسایش و دیگر نیروهای ناپایدار کننده می‌گردد. روش AGS را می‌توان به همراه روش تسلیح گیاهی به کار برد. به این صورت که با ریختن ماسه بر روی شبکه ژئوگرید یا ژئونت می‌توان بستر مناسبی برای ایجاد پوشش گیاهی میسر ساخت. چسبندگی ناشی از ریشه‌های گیاهان سبب افزایش مقاومت برشی در اعماق سطحی شده و نیز سبب محافظت فابریک در برابر اشعه فرابنفش خورشید می‌شود. در نواحی ساحلی که شیب‌ها تحت تأثیر عملکرد امواج و تراوش هستند امکان خروج آسان‌تر آب از شبکه پلیمری و جلوگیری از عمل رگاب نیز فراهم می‌گردد. همچنین این روش سبب توقف خزش خاک می‌گردد.



شکل شماره (۱): اجزاء روش AGS

www.SID.ir

Archive

۳-۲- تاریخچه تحلیل های تئوری و آزمایشگاهی روش AGS

برای اولین بار سیستم AGS توسط (کرنر، ۱۹۸۴: ۴۷۸-۴۶۵) و (کرنر و رابیز، ۱۹۸۶) معرفی شد. آن‌ها راهکارهایی را برای طراحی و جزئیات اجرای سیستم AGS ارائه نمودند و اثرات این روش تسلیح به صورت افزایش مقاومت خاک در اثر تراکم و تحکیم، مسلح سازی خاک به طریق میخ کوبی، افزایش پایداری در اثر افزایش فشار زیر فابریک‌ها و توقف خزش خاک در اثر اجرای سیستم جمع بندی گردید. (کرنر و رابیز، ۱۹۸۶) با الهام از روش قطعات بیشاب، برای محاسبه ضریب اطمینان فرمول زیر را ارئه نمودند.

$$F.S = (1+f)\sum_{i=1}^{n} \frac{c'_m L_i - (W_i + F_i.\cos\beta - u_i L_i.\cos\theta_i).\tan\varphi'_m.\sec\theta}{[W.\sin\theta_i - (\frac{F_i d_i}{R})][1+\frac{(1+f).\tan\varphi'_m.\tan\theta}{F.S}]} \qquad (1)$$

C'_m : چسبندگی موثر اصلاح شده که به علت تراکم و تحکیم خاک در اثر اجرای سیستم AGS بزرگ تر از چسبندگی موثر معمولی است.

φ'_m : زاویه اصطکاک داخلی موثر اصلاح شده که به علت تراکم و تحکیم خاک در اثر اجرای سیستم AGS بزرگ‌تر از زاویه اصطکاک داخلی موثر معمولی است.

W_i : وزن هر قطعه.

L_i : طول کمان هر قطعه.

u_i : فشار آب حفره‌ای در هر نقطهو

θ_i : زاویه‌ای که مرکز هر قطعه با افق می‌سازد.

$(1+f)$: درصد افزایش پایداری ناشی از مهارهایی که سطح گسیختگی را قطع می‌کنند.

$(F_i d_i/R)$: نسبت لنگر ناشی از فشار فابریک به شعاع دایره لغزش.

$\cos\beta F_i$: سهم افزایش عکس العمل قائم قطعه زیر فابریک ناشی از فشار فابریک.

n : تعداد قطعه بندی.

نکاتی که از مدلسازی (کرنر و رابیز، ۱۹۸۶) مشاهده می شود عبارت است از:

۱) این مدل برای حالت تنش موثر و فشار آب حفره ای تنظیم شده است و در حالت تراوش آب لازم است فشارهای منفذی برای هر نقطه با استفاده از شبکه جریان بدست آید و در رابطه مذکور قرار داده شود.

۲) چگونگی به کارگیری اثر مهارها در افزایش پایداری به این صورت بوده است که مقاومت برشی توده خاک در محل گسیختگی به دلیل اصطکاک روی مهارها درصدی افزایش داده شده است. ولی نحوه ارزیابی این تأثیر و درصد افزایش مشخص نمی‌باشد.

در ادامه مطالعاتی توسط (ریسو و حاجی احمد، ۱۹۹۲: ۱۴۸۰-۱۴۶۴) روی این سیستم انجام شد. آن‌ها دریافتند که اثرات سیستم AGS روی پایدارسازی شیب تابعی از شکل هندسی فابریک، فاصله و طرز قرارگیری مهارها و همچنین زاویه شیب می‌باشد. در همان سال (ریسو و ایرسیام، ۱۹۹۲: ۹۱۹-۹۰۲) فواید و معایب سیستم مهارهای مختلف و نحوه اتصال فابریک و مهار را ارائه نمودند و همچنین روشی برای محاسبه طول مهارها در شیب‌های نامحدود بیان کردند.

(ویتان، ۱۹۹۱)، نشان داد با توجه به اینکه ناحیه افزایش تنش زیر فابریک در شعاعی حدود ۰/۵ متر در اطراف مهار می‌باشد ممکن است رگه‌هایی از فرسایش در ناحیه زیر فابریک ایجاد گردد. جهت حل این مشکل، (ریسو، ۱۹۹۰)، توصیه نموده است

www.SID.ir

Archive

که مهارها در طول مسیرهایی که در امتداد شیب تعبیه شده‌اند قرار گیرند تا بدین ترتیب از فرسایش ممانعت شود، ضمن اینکه انحنای لازم جهت عملکرد سیستم تأمین گردد.

به عنوان جایگزینی مناسب، به جای این چیدمان نقطه‌ای و نزدیک به هم مهارها می‌توان از میله های صلب افقی در طول شیب استفاده کرد. بدین ترتیب انحنای مورد نظر، تنها در امتداد شیب (عمود بر مقطع عرضی شیب) ایجاد خواهند شد و می‌توان با دقت مناسب سیستم AGS را با فرضیات تحلیل مسائل به روش کرنش مسطح تحلیل نمود.

(غیاثیان، ۱۹۹۷: ۷۴۳-۷۳۶)، به بررسی پایداری شیب‌های مسلح شده به روش AGS بر اساس تئوری شیب نامحدود پرداختند. آن‌ها علاوه بر ساخت مدل‌های آزمایشگاهی، روابط و نمودارهایی جهت محاسبه ضریب اطمینان و طول مهارها در شرایط لغزش موازی سطح شیب با در نظر گرفتن اثر تراوش ارائه نموده و رابطه زیر برای محاسبه ضریب اطمینان پایداری شیب‌های نامحدود مطابق مدل شکل (۲) ارائه کردند:

$$F.S = \frac{\cos\beta + \xi_b \cos\beta - A_b \cos\lambda}{\sin\beta - \xi_b \sin\theta + A_b \sin\lambda} \tan\varphi' + \frac{m_b}{\sin\beta - \xi_b \sin\theta + A_b \sin\lambda} \qquad (۲)$$

$$A_b = i\frac{\gamma_w}{\gamma_b} \quad , \quad \xi_b = \frac{T_0}{\gamma_b z b \cos\beta} \quad , \quad i = \frac{\sin\beta}{\sin\lambda} \quad , \quad \xi_b = \frac{c'}{\gamma_b z b \cos\beta}$$

که در رابطه فوق:

A_b: ضریب غوطه وری تراوش

i : گرادیان تراوش

β : زاویه شیب

θ : زاویه مهار با خط قائم بر شیب

λ : زاویه تراوش با خط قائم بر شیب

γ : وزن مخصوص حجم طبیعی خاک

γ_b : وزن مخصوص حجم غوطه وری خاک

γ_w : وزن مخصوص حجم آب

T_0 : بار AGS در واحد عرض و در فاصله b

b : فاصله میان ردیف مهارها

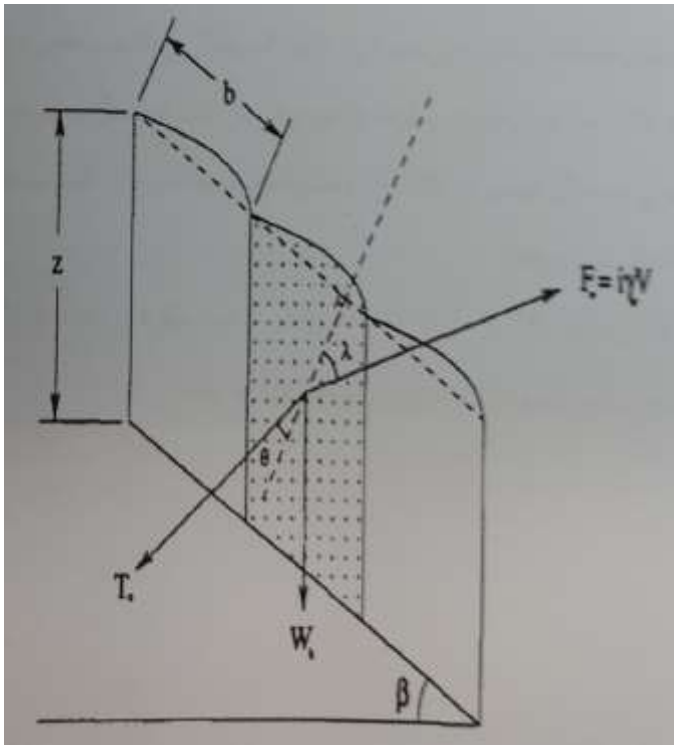
z : عمق گسیختگی

C' : چسبندگی موثر مصالح

φ' : زاویه اصطکاک داخلی موثر مصالح

www.SID.ir

Archive



شکل شماره (۲): مدل ارائه شده توسط غیاثیان و همکاران در تحلیل شیروانی‌های نامحدود تسلیح شده با AGS

رابطه فوق برای شرایط مختلف هندسی شیب (θ و β)، زاویه اصطکاک داخلی خاک (ϕ) و جهت‌های مختلف تراوش (λ) به صورت نمودارهایی تهیه و ارائه شده است (شکل (۳)).

در شکل (۳) نمونه‌ای از محاسبه ضریب اطمینان پایداری شیب نشان داده شده است. در نمودارها ضریب اطمینان از دو قسمت تشکیل شده است، قسمت اول اثر اصطکاک و قسمت دوم اثر چسبندگی را در نظر می‌گیرد. برای نمونه نشان داده شده، ضریب اطمینان ناشی از اثر اصطکاک معادل ۱/۵۳ و مقدار افزایش این ضریب به علت چسبندگی معادل ۱/۱۹ است که در مجموع مقدار ضریب اطمینان برابر ۲/۵۴ می‌باشد.

نمودارها را می‌توان برای محاسبه ضریب اطمینان در حالت خشک با استفاده از زاویه تراوش معادل

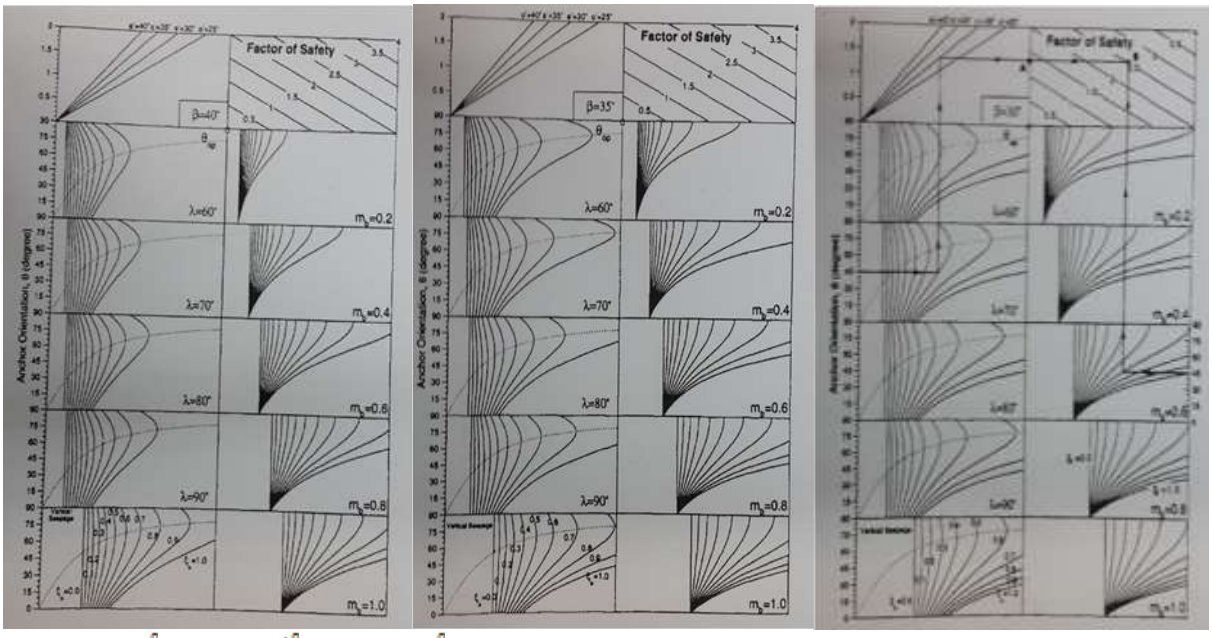
$\lambda = ۱۸۰ - \beta$ به کار برد.

لازم به ذکر است که (غیاثیان، ۱۹۹۷: ۷۴۳-۷۳۶)، جهت اثبات تئوری فوق در چند حالت نمونه‌هایی را در آزمایشگاه مدلسازی کرد.

اثر بارهای AGS با افزایش عمق کاهش می‌یابد. البته باید در نظر داشت که با افزایش عمق و در نتیجه افزایش تنش‌های همه جانبه و همچنین افزایش نیروهای مرزی، احتمال بروز لغزش‌های سطحی کاهش می‌یابد. مطالعات (غیاثیان، ۱۹۹۷) نشان داد دو اثر متفاوت مذکور، یعنی کاهش اثر بارهای AGS با عمق از یک طرف و افزایش مقاومت به علت اثر نیروهای مرزی و افزایش تنش همه جانبه از طرف دیگر سبب تغییر حالت گسیختگی از حالت سطحی و موازی شیب به حالت سطح لغزش دایروی می‌گردد. به تعبیری می‌توان گفت که اعمال سربار سطحی، ایجاد نوع چسبندگی موضعی در خاک نموده و شکل سطح گسیختگی را از حالت مسطح به حالت منحنی تغییر می‌دهد. بعدها (غیاثیان و گری، ۲۰۰۲: ۱۰۸-۹۳) روابطی در مورد شکل‌های مختلف قرار گیری فابریک روی سطح شیب و نحوه مدلسازی آن در تحلیل‌ها ارائه کردند.

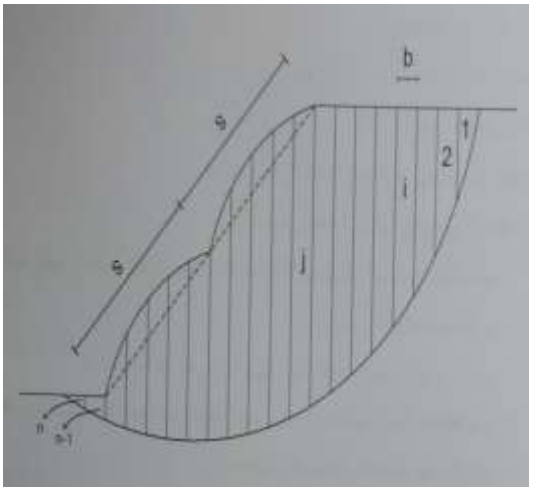
www.SID.ir

Archive



شکل شماره (۳): نمودار محاسبه ضریب اطمینان شیب مسلح شده با روش AGS و $\beta = 40^{\circ}, \beta = 35^{\circ}, \beta = 30^{\circ}$

در ادامه (محرمی، ۱۳۷۹)، تئوری پایداری شیب های AGS را با فرض منحنی بودن سطح گسیختگی و تأثیر مقاومت کششی، برشی و خمشی میل مهارها مورد بررسی قرار دادند و در نهایت با استفاده از روش بیشاب اصلاح شده برای کنترل پایداری شیروانی AGS رابطه زیر را ارائه کردند.



شکل شماره (۴): قطعه بندی شیب AGS

$$F.S = \frac{\sum_{i=1}^{n_1} MR_i + \sum_{j=1}^{n_2} MR_j + \sum_{k=1}^{m} MR_{Anchors_k}}{\sum_{i=1}^{n_1} Md_i + \sum_{j=1}^{n_2} Md_j} \qquad (۳)$$

$$MR_{Anchors} = M_1 + M_2 + M_3$$

www.SID.ir

Archive

i : قطعه ای از شیب طبیعی غیرمسلح که در شکل (۴) نشان داده شده است.

j : قطعه ای از شیب طبیعی مسلح که در شکل (۴) نشان داده شده است. این قطعه علاوه بر اینکه شرایط قطعه نوع i را دارد دارای بار سطحی ناشی از فابریک نیز است.

MR_i : لنگر مقاوم قطعه نوع i

MR_j : لنگر مقاوم قطعه نوع j

$MR_{Anchors}$: لنگر مقاوم میل مهار

M_1 : لنگر ناشی از نیروی محوری میل مهار

M_2 : لنگر ناشی از نیروی مماسی میل مهار روی سطح لغزش

M_3 : لنگر ناشی از نیروهای مقاومت برشی و خمشی میل مهار

Md_i : لنگر محرک قطعه نوع i

Md_j : لنگر محرک قطعه نوع j

n_1 : تعداد قطعات نوع i

n_2 : تعداد قطعات نوع j

m : تعداد میل مهارهایی که از سطح گسیختگی عبور می‌کند.

نتایج حاصل از مطالعات غیاثیان و محرمی به صورت زیر است:

۱) ضریب اطمینان شیب در اثر تسلیح AGS به مقدار زیادی افزایش می‌یابد و نقش تسلیح در زاویه شیب‌های بالاتر بیشتر است.

۲) مقاومت برشی و خمشی مهارها تأثیر کمی بر افزایش ضریب اطمینان دارد.

۳) سهم مقاومت کششی مهارها در افزایش ضریب اطمینان مخصوصاً در شیب‌های بالاتر، بیشتر از سهم پوسته‌های ژئوسینتتیک می‌باشد.

(کاسمی، ۱۳۸۴)، مطالعاتی را در ادامه تحقیقات قبلی در مورد کاربردهای روش AGS، در کنترل فرسایش شیروانی‌های ساحلی (ماسه‌ای) و به منظور تعمیم آن به عنوان یک روش پایدارسازی و مسلح کردن شیب‌های ساحلی با خاک دانه‌ای سست آغاز کرد. در این پژوهش با استفاده از روش تعادل حدی به مدلسازی و تحلیل شیروانی‌های تسلیح شده به روش AGS، پرداخت. (غیاثیان و گری، ۲۰۰۲) با بررسی و دقت در اصول تحلیل، فرضیات و راهکارهای ارائه شده در تحلیل شیروانی AGS به روش بیشاب اصلاح شده نتیجه گرفتند که می‌توان یک شیروانی تسلیح شده به روش AGS را به صورت یک شیروانی طبیعی با سربار خارجی q در سطح شیروانی مدل کرد، که این سربار مجموع نیروهای محوری مهار است که روی سطح شیب توزیع شده و جهت آن نیز در همان جهت مهار بوده و زاویه آن نسبت به خط عمود بر شیب برابر زاویه اصطکاک بینابین سطوح مشترک خاک و فابریک ژئوسینتتیک در سطح شیب می‌باشد. (کاسمی، ۱۳۸۴) در مطالعات خود از این نتیجه‌گیری استفاده کرد. اگرچه شیروانی AGS دارای مدل و نتایج تحلیلی یکسان با یک شیروانی با سربار خارجی است اما این سربار سطحی از داخل سیستم تأمین می شود.

(جلیلی، ۱۳۸۴) شیب های آزمایشگاهی مدل شده توسط (غیاثیان، ۱۹۹۷: ۷۴۳-۷۳۶) را با نرم افزار Plaxis آنالیز کرد. در این آنالیزها:

www.SID.ir

Archive

۱) مقادیر ضرایب اطمینان حاصل از آنالیز عددی در مراحل مختلف در نمونه‌ها، دارای تطابق خوبی با نتایج آزمایشگاهی بود، مخصوصاً پس از لحاظ نمودن اثر اصطکاک مرزهای کناری نمونه‌ها، این نتایج بسیار به مقادیر آزمایشگاهی نزدیک شد.

۲) در مراحل مختلف تحلیل، سطوح لغزش بررسی شدند و مشاهده شد این سطوح با اعمال بارهای تسلیح از حالت لفزش‌های سطحی تغییر یافته و عمیق‌تر شدند.

(رجبیان و همکاران، ۲۰۱۲: ۱۵۷-۱۴۴)، با استفاده از مدل‌های آزمایشگاهی سانتریفیوژی، عملکرد سیستم AGS را بر روی پایداری شیب‌های محدود تحت شرایط تراوش ارزیابی کردند. نتایج حاصله نشان داد که، رفتار تغییر شکل و پایداری شیب‌ها در شرایط تراوش با استفاده از سیستم AGS به طور قابل توجهی بهبود می‌یابد. به علاوه با افزایش زاویه شیب و کاهش تعداد مهارها، به طور قابل ملاحظه‌ای نشست‌های سطحی و جابه جایی جانبی افزایش می‌یابد. همچنین نتایج تحلیل پایداری صورت گرفته بر روی شیب‌های مسلح شده با AGS و غیرمسلح، تطابق خوبی با نتایج آزمایشگاهی مشاهده شده داشتند.

(چن و همکاران، ۲۰۱۲: ۳۱۸-۳۰۶) مجموعه ای از تست‌ها بر روی شیب‌های ماسه‌ای تند به منظور تحقیق بر روی مکانیزم رفتار گسیختگی شیب‌های مسلح شده با AGS با دو سیستم مهار انجام دادند. آن‌ها اثر زاویه شیب (۵۰ و ۷۰ درجه)، نوع تقویت کننده (سیم یا میخ)، نیروی مهار کننده و شرایط تراوش را مورد بررسی قرار دادند. نتایج آزمایش‌ها نشان داد که لایه ژئوتکستایل در جلوگیری از شسته شدن ذرات خاک، جلوگیری از تجمع فشار آب در شیب و محدود کردن فاصله رانش در هنگام گسیختگی شیب موثر است. آنالیز تعادل حدی نیز برای سنجش پایداری شیب به کار برده شده که روشی معتبر برای چنین آزمایشی است. در این تحقیق بر روی دو سیستم ژئوسینتتیک مهار شده برای حفاظت از شیب‌ها مطالعه کردند. در شیب‌های مسلح شده با سیم، بار سطحی در جهت سیم‌ها ایجاد شده و ژئوسینتتیک به عنوان مسلح کننده عمل می‌کند. در شیب‌های مسلح شده با میخ، نیروی مسلح کننده به وسیله مقاومت کششی، برشی و خمشی میخ‌ها تأمین می‌گردد. میزان مشارکت هر کدام از انواع تنش، بسته به خواص مکانیکی خاک و نیز میخ و نیز هندسه سطح شیب و جهت میخ‌گذاری دارد. مقاومت کششی معمولاً بیش‌ترین نقش را ایفا می‌کند. آن‌ها مشاهده کردند مد گسیختگی در شیب‌های خشک مسلح شده با سیم به صورت گسیختگی گوه‌ای است و لغزش شیب‌های مسلح شده با میخ مانند لغزش بلوک منسجم می‌باشد.

۴- نتیجه گیری

سیستم ژئوسینتتیک مهار شده یا AGS یکی از روش‌های بالا بردن مقاومت و پایداری شیب‌ها، به خصوص شیب‌های ساحلی با محدود کردن آن‌ها به وسیله اعمال تنش بر سطح این شیب‌ها است.

نتیجه کاربرد روش ژئوسینتتیک مهار شده یا AGS در پایدارسازی درجای شیب‌ها شامل ایجاد نیروی کششی در شبکه پلیمری و در نتیجه اعمال تنش فشاری از طرف شبکه به سطح شیب و مقاومت مهارهای داخل خاک بوده که سبب افزایش مقاومت خاک و پایداری شیب‌ها در مقابل فرسایش و دیگر نیروهای ناپایدار کننده نظیر تراوش می‌گردد.

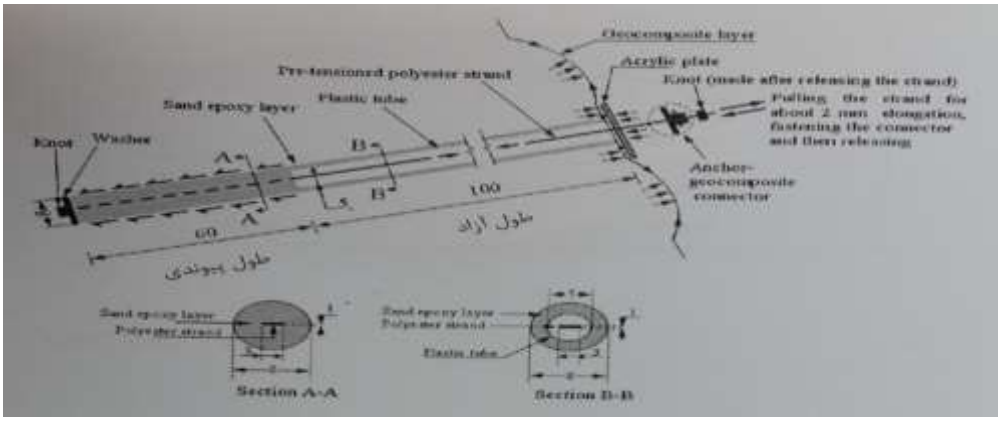
این روش نسبت به سایر روش‌ها در مناطقی که مسئله زیبایی و ظاهر شیب اهمیت دارد، بهترین کاربرد را دارد.

روش AGS را می‌توان به همراه روش تسلیح گیاهی به کار برد. به این صورت که با ریختن ماسه بر روی شبکه ژئوگرید یا ژئونت می‌توان بستر مناسبی برای ایجاد پوشش گیاهی میسر ساخت. چسبندگی ناشی از ریشه‌های گیاهان سبب افزایش مقاومت برشی در اعماق سطحی شده و نیز سبب محافظت فابریک در برابر اشعه فرابنفش خورشید می‌شود.

راندن مهارهای متصل به شبکه پلیمری در توده خاک دانه‌ای باعث ایجاد یک سطح انحنا در سطح زمین شده و لذا تنش فشاری در سطح شیب ایجاد می‌شود (شکل (۵)). این تنش فشاری سبب پایداری توده خاک مسلح در برابر جریان‌های برگشتی ناشی از امواج و افزایش مقاومت در مقابل فرسایش شیب می‌گردد.

www.SID.ir

Archive



شکل شماره (۵): طرح کلی مهارها

در نتیجه کاربرد روش ژئوسینتتیک مهار شده یا AGS در پایدارسازی درجای شیب‌ها شامل ایجاد نیروی کششی در شبکه پلیمری و در نتیجه اعمال تنش فشاری از طرف شبکه به سطح شیب و مقاومت مهارهای داخل خاک بوده که سبب افزایش مقاومت خاک و پایداری شیب‌ها در مقابل فرسایش و دیگر نیروهای ناپایدار کننده می‌گردد.

مراجع

۱. محمد محرمی " آنالیز پایداری شیب‌های AGS با در نظر گرفتن مقاومت مهارها " پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده عمران، دانشگاه علک و صنعت ایران، ۱۳۷۹

۲. دامون کاسمی " تحلیل پایداری شیروانی‌های تسلیح شده به روش ژئوسینتتیک مهار شده AGS با بهره گیری از روش تعادل حدی " پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده عمران، دانشگاه علم و صنعت ایران، ۱۳۸۴

۳. مهدی جلیلی " تحلیل عددی شیب‌های مسلح شده با روش AGS و ارائه نمودارهای طراحی " پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده عمران، دانشگاه علم و صنعت ایران، ۱۳۸۴

۴. Koerner, R.M., ۱۹۸۴. In-situ soil stabilization using anchored nents. In: Fang, H.Y. (E.D.), Proceedings of the conference on low Cost and Energy Saving Constraction Methods. Envo Publishing, Rio De Janiero, Brazil, pp. ۴۶۵e۴۷۸.

۵. Koerner. R.M., and Robins, J.C. (۱۹۸۶). “In- situ stabilization of soil slops using nailed geosynthetics.” Proc, of the ۳rd Int. Conference on Geotextils, IFAI, Vienna, Austria.

۶. Hyrciw, R.D., Haji-Ahmad, K., (۱۹۹۲). “slope stabilization by anchored geosynthetic systems.” Anchorage optimization. In: Proceedings of the ASCE Specialty Conference on Slopes and Embankments, Berkeley, CA. ASCE, Reston, VA, USA, pp. ۱۴۶۴-۱۴۸۰. Geotechnical Spesial Publication ۳۱.

۷. Hyrciw, R.D., Irsyam, M., (۱۹۹۲). “Pullout stiffness of elastic anchors in slope stabilization systems.” Journal of Geotechnical Engineering, ASCE ۱۱۸ (۶), ۹۰۲-۹۱۹.

۸. Vitton, S.J. (۱۹۹۱), “Load transfer mechanisms in anchored geosynthetic system”, phD thesis, Univ. of Michigan, ANN Arbor, Mich.

۹. Hryciw, R.D. (۱۹۹۰), “Load transfer mechanisms in anchored geosynthetic system” Univ. of Michigan Res. Rep. to the Air Force Ofs. Of Sci. Res., Grant No. ۸۸-۰۱۶۶, Univ. of Michigan, ANN Arbor, Mich.

۱۰. Ghiassian H., Gray H. D., and Hryciw, R. D. (۱۹۹۷). “Stabilization of Coastal Slopes by Anchored Geosynthetic Systems.” Journal of Geotecnichal and Geoenvironmental Engineering (ASCE), August, Vol. ۱۲۳, No. ۸, ۱۹۹۶, ۷۳۶-۷۴۳.

۱۱. Ghiassian H., Gray H. D. (۲۰۰۲). “Surface particle stabilization by anchored geosynthetic systems.” IUST Journal of Engineering Science, August, Vol. ۱۳, No. ۵, ۹۳-۱۰۸.

www.SID.ir

Archive

۱۲. Rajabian A., Vviswanadham B.V.S., Ghiassian H., and Salehzadeh H. (۲۰۱۲). "Centrifuge model studies on anchored geosynthetic slopes for coastal shore protection." Geotextiles and Geomembranes ۳۴ (۲۰۱۲) ۱۴۴-۱۵۷.

۱۳. Chen, R.-H., Chi, p.-C & Fon, K.-Y. (۲۰۱۲). Model tests for anchored geosynthetic slope systems under dry and seepage conditions. Geosynthetics International, ۱۹ No. ۴, ۳۰۶-۳۱۸.

www.SID.ir