خاک مسلح و مواد پلیمری

مقدمه

خاکها از جمله مصالحی هستند که تقریباً در همه ساختمانها مورد استفاده قرار میگیرند.

به طور کلی از نظر مهندسی ساختمان به مجموعه مواد سنگی که مقاومت فشاری کمتر از۱۴کیلوگرم بر سانتی متر مربع را داشته باشد ، خاک گفته می شود.

اجزای تشکیل دهنده خاک را می توان به صورت کانی ها ، آب ، هوا و بقایای موجودات زنده تعریف نمود.

فراوان ترین مواد معدنی خاک عبارتند از:کوارتز ، فلوسپات ، ورقه های میکا ، کلسیت گچ ، دولومیت و کانی های آهن.

مواد آلی خاک هُموس نام دارد و به سبب وجود همین مواد رنگ خاک ، سیاه ، خاکستری و یا قهوه ای می باشد.

به دلیل فعل و انفعالات درون خاک ، مقدار قابل ملاحظه ای گاز کربنیک در هوای داخل خاک وجود دارد.

خاک ها را از دیدگاههای مختلف و بر حسب کاربردشان می توان طبقه بندی نمود.

منشأ اصلی خاکها ، سنگهای آذرین ، رسوبی و دگرگونی می باشد و از نظر چگونگی تشکیل به دو دسته خاکهای انتقالی و خاکهای درجا تقسیم می شوند.

خاکهای انتقالی شامل آبرفت های رودخانه ای ، رسوبات آبهای شیرین ، دریایی ، رسوبات آبهای شور دریایی ، خاک های یخچالی ، خاک های بادرفتی ، واریزه ها و خاکهای دست ریز می باشند.

خاکهای درجا خاکهایی هستند که پس از تولید در همان محل باقیمانده اند و دانه های آنها تغیر شکل و اندازه نداده اند.

خاکها از نظر ذرات تشکیل دهنده به صورت زیر طبقه بندی می شوند:

-**لاشه سنگها و قلوه سنگها**: قطعات سنگی بین۸ تا ۳۰ سانتی متر.

- **شن**: شن درشت ، متوسط و ریز با قطر دانه های۴/۷۵تا۸سانتی متر

- **ماسه**: سنگدانه هایی که قطر۰/۰۷۵ تا ۴۷/۵ میلیمتر را دارند.

- **سیلت**: شامل سیلتهای آلی وغیرآلی می باشد.

دانه های سیلتهای غیرآلی از۰/۰۷۵میلیمتر کوچکترند و عمدتا از جنس سیلیس و غیر چسبنده می باشند.

سیلتهای آلی دارای ذرات بسیار ریز حاوی گاز کربنیک ، هیدروژن سولفوره و قطعات پوسیده گیاهی بوده و تراکم پذیر می باشند و چسبندگی شان از سیلت های غیر آلی بیشتر است و بوی موادآلی فاسد شده را دارند.

- **رس**: از تجزیه کانی های سنگ های آذرین بوجود می آیند.

دارای خاصیت چسبندگی ، پلاستیسیته ، جذب و نگهداری آب می باشند.

در حالت خشک سخت بوده وبا جذب ، نرم شده و سپس به حالت روان در می آیند. دانه های آن پولکی با ضخامت کمتراز۰/۰۰۲میلیمتر می باشند. به علت ریز دانه بودن سطح مخصوص بسیار زیادی دارند. با جذب آب متورم شده و با از دست دادن آب انقباض در آنها حاصل می شود. لغزش و نشست تحکیمی در این خاکها صورت می پذیرد و مشکل ساز می باشند.

از زمانهای بسیار قدیم خاک به عنوان یکی از مصالح مهم ساختمانی مورد استفاده بوده است اما به سبب ناکافی بودن مقاومت کششی آن ، همیشه مجبور بوده اند با استفاده از فرآیندهای مکانیکی(تراکم وزه کشی) ، فرآیندهای شیمیایی(تثبیت و تحکیم)یا با قرار دادن عناصر مقاوم(مسلح سازی) این مقاومت را افزایش دهند.

در گذشته اغلب از مسلح کننده های طبیعی جهت بهبود خواص مکانیکی خاک استفاده می شد. از آن جمله می توان به استفاده از کاه در خاکهای رسی اشاره نمود یا قسمت هایی از شاخه و پوست درختانی مثل نخل را در زیر سازه هایی که روی خاکهای نرم بنا می شد ، قرار می دادند. شیب های طبیعی نیز توسط ریشه گیاهان مسلح می گردید.

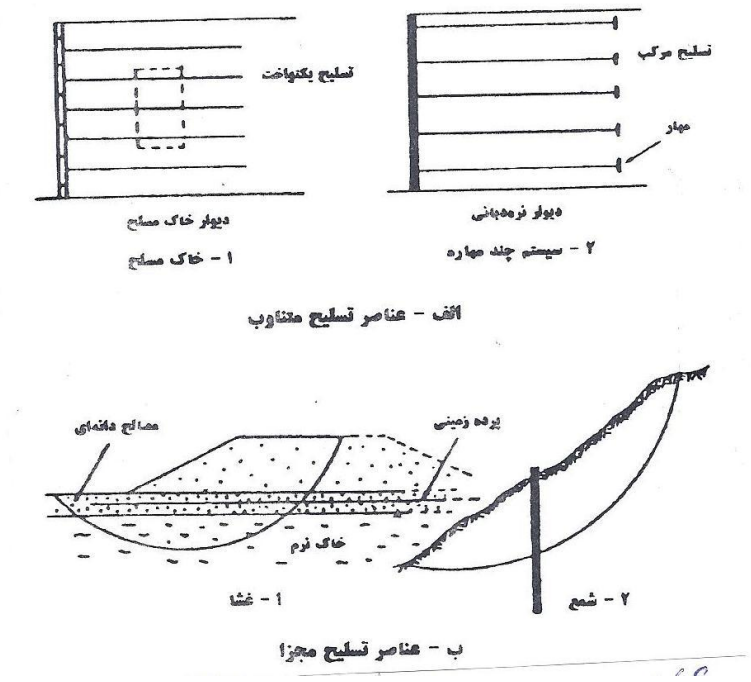
۱–کلیات خاک مسلح :ایجاد و توسعه زمین مسلح یا طرح مفهوم خاک مسلح به عنوان یکی از مصالح ، اولین بار در دهه ۶۰ میلادی توسط هانری ویدال ابداع ومعرفی گردید و در سه دهه اخیرتوسعه زیادی داشته است. روشهای متفاوتی برای مسلح کردن خاک در شیب ها و خاک ریزها ، دیوارهای حائل پی ها ، سدها و دیگر سازه ها استفاده شده است.

مفهوم مسلح کردن خاک بر اساس وجود اثر متقابل بین خاک و عناصر مسلح کننده است. متداول ترین اثرمتقابل اصطکاک می باشد ، اما در این حال رانش مقاوم نیز ممکن است فعال گردد. اثر متقابل ناشی از اصطکاک مستلزم وجود خواص مکانیکی مناسب خاک است و خاک های دانه ای بهترین نوع خاک می باشند. رانش مقاوم معمولاً با مهارهایی که درون خاک قرار دارند مرتبط است و در خاکهای ریز دانه اشباع که خصوصیات اصطکاکی ضعیف دارند ، استفاده می شود.

برای ساخت نوارهای تسلیح خاک در ابتدا از مواد مختلفی همانند الیاف شیشه (فایبر گلاس) قرار گرفته در رزین پلی استر ، فلزات بی اثر مانندآلومینیوم یا فولاد ضد زنگ استفاده شد و در نهایت فلزات به ویژه فولادهای روی اندود (گالوانیزه) انتخاب شدند چون تغییر شکل پذیری کم داشته و هزینه شان پایین بوده و به سادگی کار گذاشته می شدند.

از اوایل دهه هفتاد استفاده از پلیمرها بخصوص در ساخت پرده های زمینی توسعه یافت. مشکلات خوردگی فلزها باعث شد که پلیمرها به عنوان یکی از مصالح قابل استفاده مطرح شوند. در حال حاضر مسلح کننده های پلیمری که اساساً دو بعدی هستند به صورت پرده های زمینی ، زمین شبکه ها و زمین غشاء ها کاربرد زیادی دارند که در این مبحث مورد بررسی قرار می گیرند.

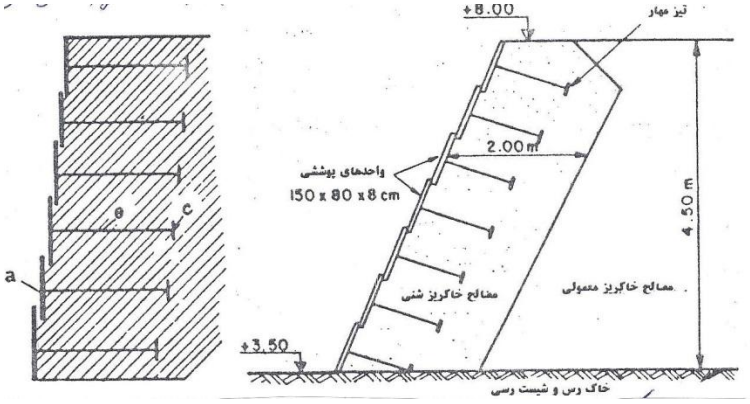
در شکل زیرعناصر تسلیح متناوب و مجزا نشان داده شده است.



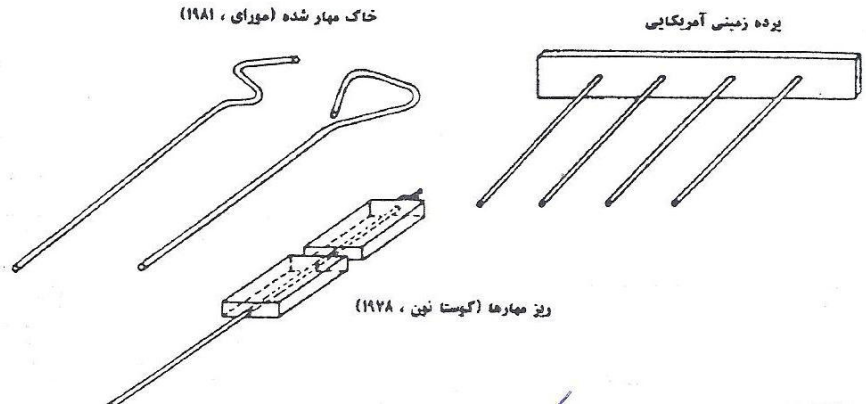
شکل۱) انواع سیستم های تسلیح خاک

تاریخچه دیوار نردبانی:

در سال ۱۹۲۹ شخصی به نام آندره کوین یک سیستم چند مهاره در ساخت دیوارهای حائل و بخصوص دیوارهای ساحلی ابداع نمود. اساس این سیستم ساخت دیواری با عناصر افقی متوالی که از عناصر پوششی سبک کلاف شده به مهارهای پیوسته یا ناپیوسته (مجزا) تشکیل شده ، استوار بوده. در این سیستم نسبت بین ارتفاع دیوار به طول کلاف مهاری تقریباً ۲/۵ در نظر گرفته شده. شکل۲ مقطع عرضی یک دیوار ساحلی به طول ۲۰۰ متر را نشان می دهد که در بندر برست Brest در فرانسه ساخته شده. این دیوار در معرض جزر و مدهای مکرر قرار گرفته و حتی بوسیله موجهای بزرگ مستغرق گشته است. به عنوان پرکننده بین کلاف ها از مصالح سنگی مناسب استفاده شده است. این سازه نشستی معادل ۰/۵متر را بدون هیچ مشکلی تحمل نموده و مفصل بندی مناسبی بین عناصرپوششی آن وجود داشته است.



شکل ۲) سیستم دیوار نردبانی



شکل ۳) مسلح کننده های موجود در دیوار های نردبانی

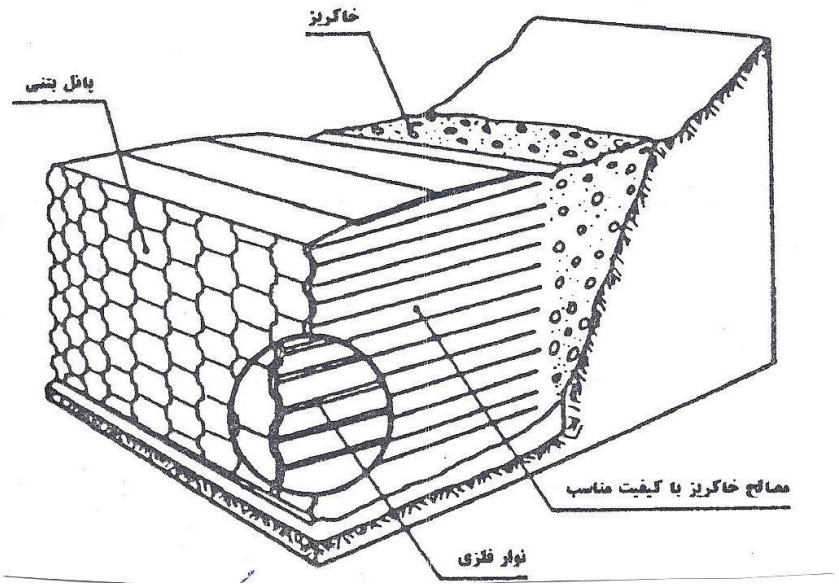
۲– خاک مسلح

در سال ۱۹۶۳ هانری ویدال خاک مسلح را ابداع نموده و نظریه جامعی درباره شیوه های مختلف ایجاد یک ماده چسبنده با استفاده از دانه های ناپیوسته وعناصر مسلح کننده ارائه نمود. او در ابتدا مسلح کننده هایی متشکل از الیاف (بافته شده وبافته نشده) را مورد بررسی قرار داد و رفتار صالح متعددی نظیر چوب ،کاغذ ، رس ، بتن و... رامطالعه نمود.

در سال ۱۹۷۲ اشلوسرولانگ آزمایشهایی بر روی نمونه های ماسه ای مسلح شده با ضخامت آلومینیومی نازک که به صورت افقی و در فواصل منظم قرار گرفته بودند ، انجام دادند سپس در سال ۱۹۷۸ توسط باست ولاست مطالعاتی انجام شد و خاک مسلح متشکل از عناصر زیر تعریف شد:

الف–مصالح خاکریز دانه ای ب–مسلح کننده های خطی(نوارها) ج–پوشش های ساخته شده از عناصرپیش ساخته که به نوارها متصل شده اند.

شکل زیر طرح مقدماتی یک دیوار خاک مسلح را نشان می دهد.



نوارهای تسلیح در ابتدا به صورت الیاف شیشه ای دارای روکش پلی استر بودند و پس از آن فولاد روی اندود و آلومینیوم برای این منظور انتخاب گردید و چندین سال مورد استفاده قرار گرفت. در آن زمان چنین تصور می شد که این دو فلز هنگامی که درون خاک مدفون هستند در مقابل خوردگی مقاومت کافی از خود نشان می دهند. به این ترتیب که این فلزات مدفون توسط

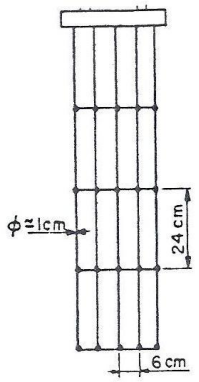
لایه نازکی از یک اکسید فساد ناپذیر که سطح آنهارا می پوشاند ، محافظت و نگهداری شوند. اما گذشت زمان نشان داد که این مطلب مطلقاً صحیح نیست و ممکن است این فلزات در بعضی شرایط از فلزات روی اندود شده سریعتر و بیشتر خورده شوند. پس از آن در سال ۱۹۷۵ نوارهای تسلیح دندانه دار ابداع شد که براساس اثر متقابل اصطکاکی بین خاک و مسلح کننده عمل می کرد.

۲–۳ پرده های زمینی

استفاده از پرده های زمینی در کارهای خاکی با هدف مسلح سازی و جداسازی درکف خاکریزهای واقع بر روی خاک نرم آغاز شد و به سرعت توسعه یافت.کاربرد پرده های زمینی در راهها ، خاکریزها و شیب ها به میزان زیادی افزایش یافته است. پرده های زمینی در دیوارهای حائل و سدهای خاکی نیز بکار برده شده اند. ویژگیهای مهم پرده های زمینی هزینه کم ، زه کشی وقابلیت استفاده از مصالح خاکریز ضعیف می باشد. البته به دلیل خصوصیت تغییر شکل پذیری پرده های زمینی کاربرد آنها در حال حاضرمحدود می باشد.

۲–۴ شبکه

در آزمایشهایی که برای اندازه گیری مقاومت بیرون کشیدگی سیستم های مختلف تسلیح (نوارهای صیقلی ، نوارهای دندانه دار، میله وشبکه های میله ای) انجام شده است ، به این نتیجه رسیده اند که سیستم شبکه های میله ای مقاومت خوبی از خود نشان می دهند و راه حل خوبی برای مسلح کردن مصالح خاکریز دانه ای با درصد زیادی از مصالح ریز دانه می باشد. شکل زیر شبکه ای از میله های جوش شده را نشان می دهد.



شکل ۵) شبکه ای از میله های جوش شده

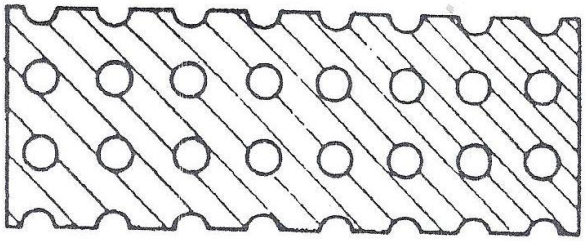
درمناطقی که امکان تأمین مصالح خاکریز با کیفیت بالا وجود ندارد ، شبکه ها توجیه اقتصادی دارند. مکانیزم تاثیر متقابل شبکه های میله ای شامل وجود اصطکاک در امتداد میله های طولی و پدید آمدن رانش مقاوم در مقابل میله های عرضی است.

در جابجایی های کوچک (کمتر از۰/۵سانتی متر) اصطکاک در امتداد میله های طولی فعال خواهد شد. در تغییر مکان های بزرگتر ، ایجاد رانش مقاوم بر میله های عرض اثر خواهد گذاشت. به واسطه این مکانیزم در تغییر مکان های بزرگ (۵تا۱۰سانتی متر) شبکه های میله ای مقاومت بیشتری از خود نشان می دهند. اگر چنین مقادیر تغییر مکان های جانبی برای سازه مجاز باشد ، استفاده از شبکه های میله ای در یک سیستم حائل امکان پذیر می باشد. البته بررسی های بیشتری بر روی نوع خاک و شکل هندسی میله ها باید انجام شود.

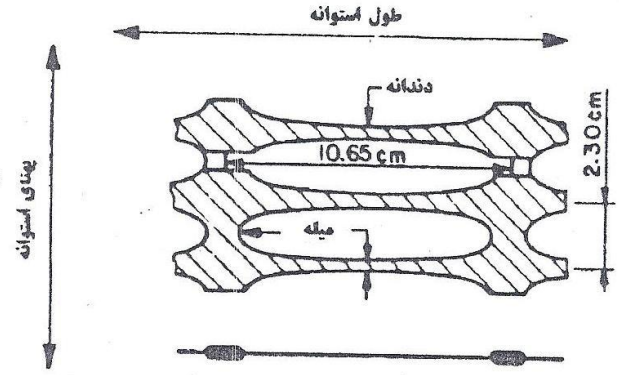
در دهه هشتاد میلادی از شبکه های پلیمری جهت دار و مقاوم استفاده شد که به صورت ورقه های پلیمری کشیده و سوراخ دار می باشد.گسترش سریع این محصول منجر به ایجاد نوعی از مسلح کننده های جدید به نام زمین شبکه ها گردید. اندازه سوراخ های موجود در زمین شبکه (حدود چند سانتی متر می باشد) در مقایسه با سوراخ های یک شبکه میله ای کوچکتر است. شکل صفحه بعد فرم هندسی یک نمونه ورق سوراخ دار و زمین شبکه های تک محوری و دو محوری را نشان می دهد. زمین شبکه ها به طور وسیعی در تسلیح خاکریزها ، بالشتک های بتونی ، تور سنگ ها و اصلاح لغزش های زمین بکار می روند.

سازه های خاک مسلح جایگزین مناسبی برای سازه های بتن مسلح کلاسیک می باشند. پس باید حداقل عمر مفید یکسانی داشته باشند. از این رو دوام یکی از مهم ترین مسائل در این زمینه می باشد. پلی اتلین یا پلی پروپیلن به دلیل دوامشان در خاک و مقاومت در برابر مواد شیمیایی و هجوم میکرو ارگانیسم ها ، برای مسلح سازی خاک مناسب می باشند.

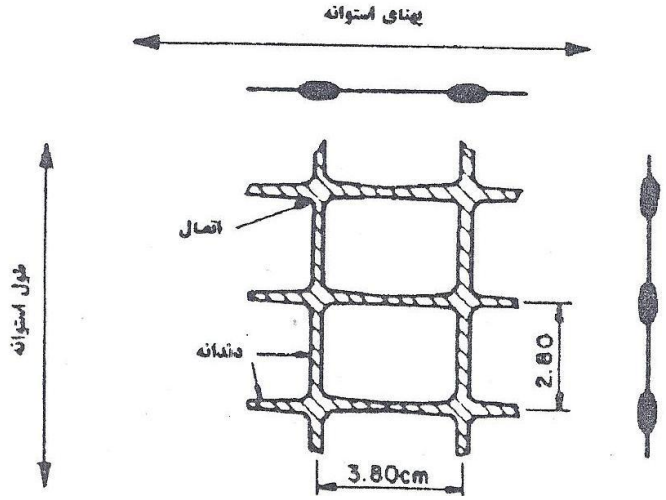
الف - صفحه سوراخدار



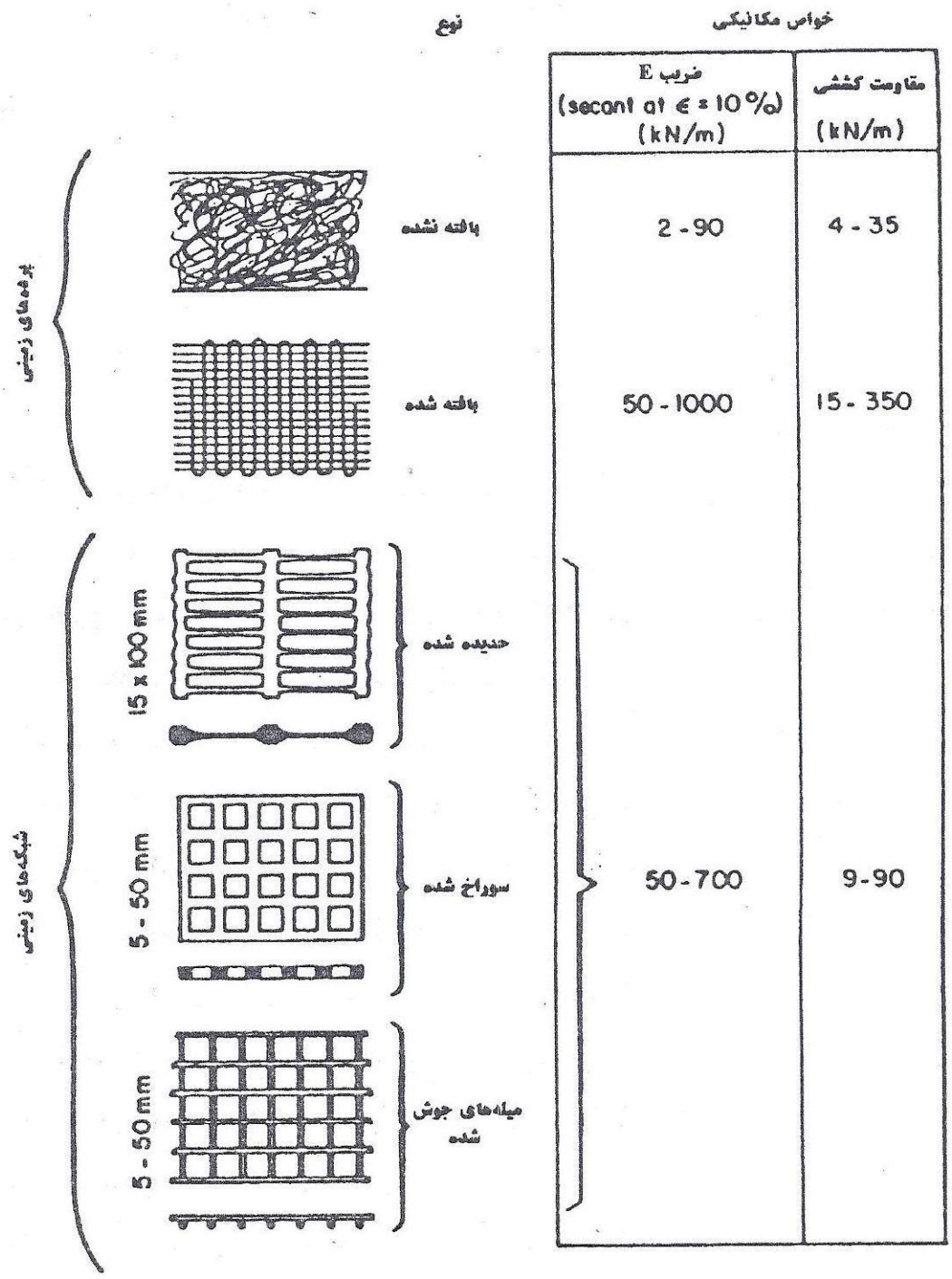
ب - شبکه زمینی تک محوری



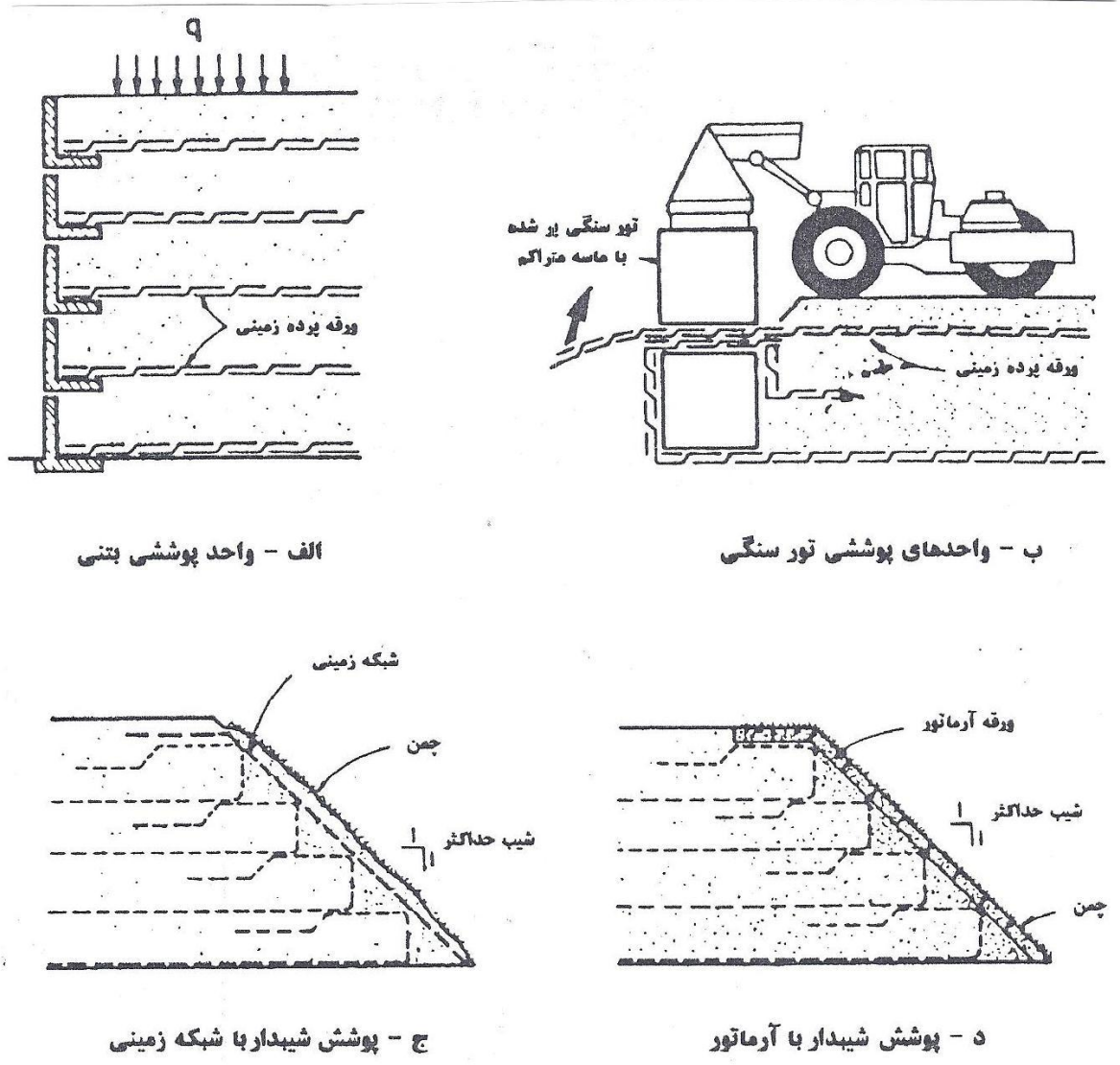
ج - شبکه زمینی دو محوری



شکل۶-فرم هندسی یک نمونه از ورق سوراخ دار و زمین شبکه های تک محوری و دو محوری



شکل۷-انواع پرده های زمینی و زمین شبکه ها

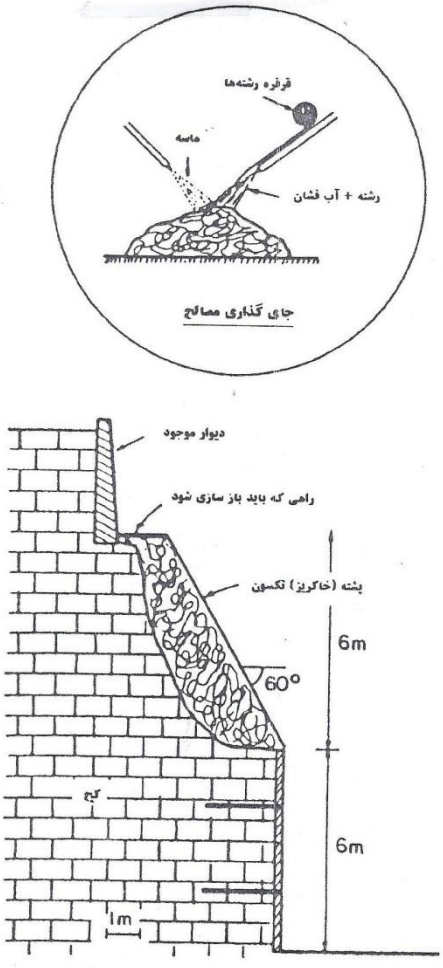


شکل۸-انواع مختلف صفحات پوششی برای دیوارهای ساخته شده با پرده های زمینی

۲-۵ مسلح کننده های سه بعدی

از نقطه نظر فنی مسلح کردن خاک در محل ، توسط مسلح کننده های انعطاف پذیری که در تمام جهات در خاک قرار گیرند بسیار مشکل است (البته این عمل در طبیعت به وسیله ریشه گیاهان صورت می گیرد) ایجاد و توسعه الیاف مصنوعی روش تسلیح سه بعدی و پر کننده های خاکی را امکان پذیر ساخته است. در این روش خاک با مسلح کننده های ریز(الیاف و صفحات کوچک) یا رشته های پیوسته (تکسول) مخلوط می شود. ساختمان مصالحی که از این روش بدست می آیند و در آنها ذرات بسیاری از طریق مسلح کننده ها به یکدیگر متصل می گردند، شبیه ساختار بتن است.

اساس روش تکسول بر پایه قرار دادن یک یا چند رشته پیوسته در توده ای از خاک دانه ای استوار است. این کار به منظور اختلاط تصادفی و سه بعدی این رشته ها وذرات خاک انجام می شود. اولین مسلح کننده های تکسول از جنس پلی استر با قطر۰/۱ میلیمتر بود که به میزان ۰/۱ تا ۰/۲ درصد وزنی به ماسه و آب اضافه شد.البته در هرسانتی متر مکعب از مصالح باید از حدود۲۰سانتی متر از این رشته ها موجود باشد تا بتواند رفتار مکانیکی مناسبی در هنگام شکست از خود نشان دهد. شکل زیر ترمیم لغزش یک صخره گچی جهت بازسازی راهی در بالای آن را نشان می دهد. اثر انحناء رشته های تکسول همراه با اصطکاک مقاومت در برابر لغزش را به طور قابل ملاحظه ای افزایش می دهد. اثر انحناء تا حد زیادی شبیه اثر مسلح کننده های موج داراست. در خاک مسلح شده با الیاف ، شکسته شدن الیاف هرگز مشاهده نمی شود. در حال حاضر مگر در حالتی که الیاف طویل و فلزی باشند.

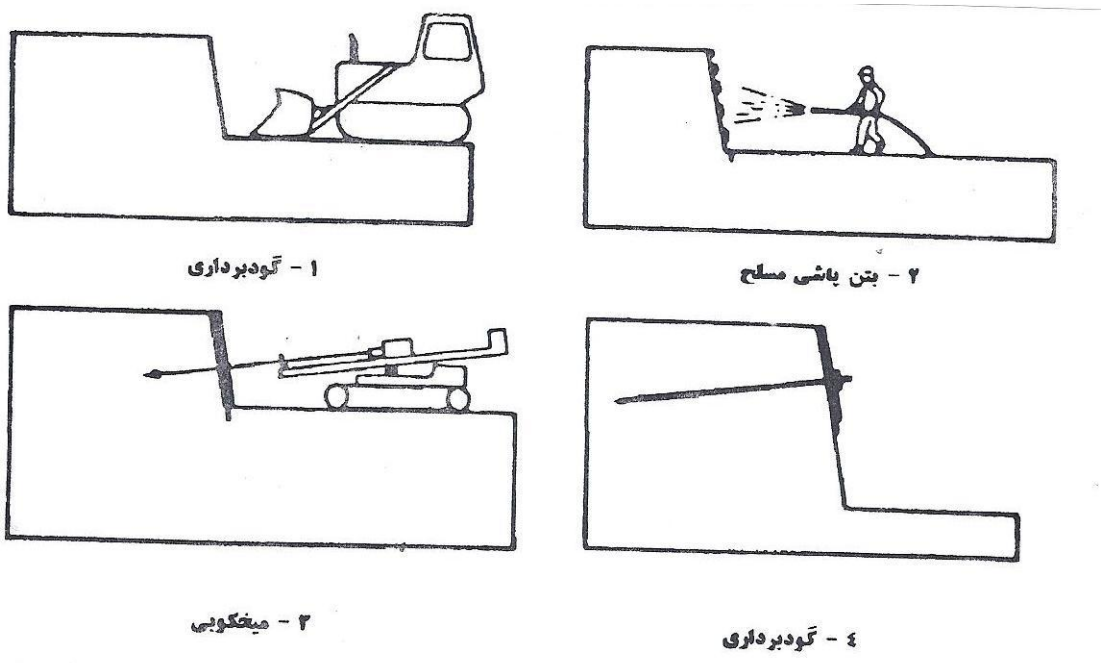


شکل۹) خاکریز تکسول

در حال حاضر تکسول به طور عمده در دیوارهای حائل کاربرد دارد. تکسول تسلیع سه بعدی خاک را بیش از پیش توسعه داده است و کاربرد آن فقط به دیوارهای حائل محدود نمی شود ، بلکه در حوزه های دیگر نظیر پی ها نیز قابل استفاده می باشد.

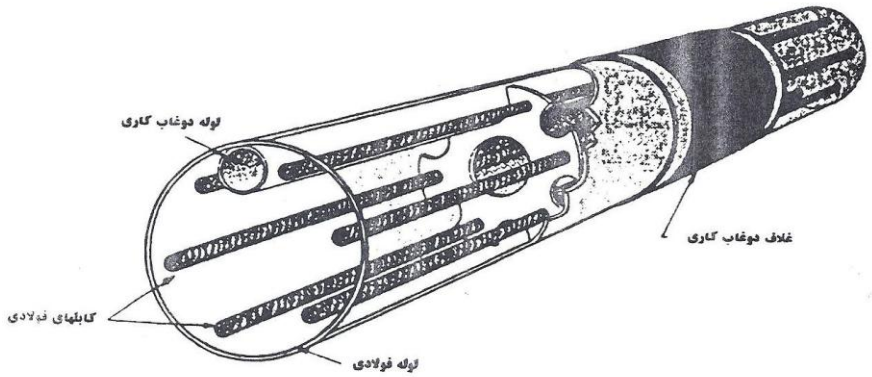
۲-۶ میخکوبی خاک

مسلح سازی خاک به وسیله مسلح کننده های مقاوم از قدیم مورد استفاده بوده است. در سال ۱۹۳۰ اولین مورد پیچ کردن صخره ها توسط میل مهار انجام شد. در چند دهه اخیر پایدارسازی شیب های سنگی با استفاده از مهارهای فولادی مقاوم که با تزریق دوغاب به درون توده سنگ مهار شده اند ، به طور گسترده مورد استفاده قرار می گیرند. مکانیزم اصلی این روش افزایش فشار ،کم کردن باز شدگیهای ناشی از ناپیوستگی های قبلی موجود در سنگ و ایجاد توده ای که در آن قطعات سنگی به یکدیگر قفل شده اند می باشند. شکل زیر مراحل مختلف ساخت یک دیوار میخ کوبی شده را نشان می دهد. ابتدا حفاری های متوالی به ارتفاع حدود ۱ یا ۲ متر انجام می شود و به منظور حصول اطمینان از پایداری موضعی خاک پوشش از پاشیدن بتن یا شبکه فولادی ساخته می شود.



شکل ۱۰-ساخت با خاک میخکوبی شده

الف – میخ TBHA که توسط سولزنفر ابداع و به ثبت رسید



ب – میخ پیش تنیده (اینترایک) با تسلیح چندگانه که توسط اینترافور – کوفور در فرانسه ابداع گردید

شکل ۱۱-میخ های خاصی که برای جلوگیری از خوردگی ساخته شده اند.

۳– انواع پلیمرهایی که به عنوان مسلح کننده به کار می روند

از آغاز و ایجاد و توسعه خاک مسلح تلاشهای بسیاری جهت جایگزینی مسلح کننده های فلزی با مسلح کننده های پلیمری انجام گرفته است. به طور کلی مواد پلیمری تغییر شکل پذیرتر هستند و نسبت به فلزات مقاومت کمتری دارند و از خود رفتار خزشی خاصی نشان می دهند. در هر سیستم حائل می توان از مسلح کننده های پلیمری بر اساس تغییر شکل مجاز دیوار استفاده نمود. مسلح کننده های ارتجاعی مقاومت و شکل پذیری خاک را افزایش داده و در ماسه های متراکم نرم شدگی را کاهش می دهد. مسلح کننده های غیر ارتجاعی مقاومت خاک و ضریب تغییر شکل پذیری را افزایش می دهند اما خاک رفتار شکننده پیدا خواهد کرد.

نوع تسلیح / مسلح‌کننده	یک بعدی	دوبعدی	سه‌بعدی
صلب	نوارهای فلزی نوارهای پلاستیک صلب	شبکه‌ها(فلزی)	الیاف (فلزی)
تاحدودی تغییر شکل‌پذیر	نوارهای‌پلاستیک انعطاف‌پذیر	شبکه‌ها (پلاستیکی)	الیاف تکسول (مصنوعی)
تغییر شکل‌پذیر		پرده‌های زمینی	

جدول۱-طبقه بندی روش های تسلیح بر اساس شکل هندسی مسلح کننده و شکل پذیری نسبی آنها.

در سال ۱۹۶۶ برای اولین بار ویدال اقدام به استفاده از مصالح پلیمری نمود. به عنوان نمونه هایی از این مصالح می توان به نوارهای نایلونی ، نوارهای ترگال و به ویژه پلاستیک صلب که از الیاف شیشه ای با پوشش رزین پلی استر تشکیل شده اند ، اشاره نمود. این ماده نوعی پلاستیک مسلح به الیاف شیشه ای بود که در آن مقاومت و سختی از طریق استفاده از الیاف شیشه ای در ساخت رزین های کاملا شکل پذیر تامین می شد. تمامی الیاف شیشه ای ارتجاعی بودند و مقاومتی برابر مقاومت سخت ترین فولادها را داشتند به نحوی که به ماده ترکیبی خواص تغییر شکل پذیری کم و بدون خزش و مقاومت بالا می بخشیدند.

۴- خصوصیات پلیمرها

مسلح کننده های فلزی را نسبت به خاک می توان صلب فرض نمود. اما در مورد تسلیحات پلیمری خصوصیات مکانیکی ضعیف تری دارند که عبارت است از خاصیت ارتجاعی زیاد ، مقاومت کششی کم همراه با خزش در طولانی مدت. پلیمرها نسبت به خوردگی شیمیایی حساس نیستند اما امکان فروسایش آنها در محیط فیزیکی شیمیایی وجود دارد.

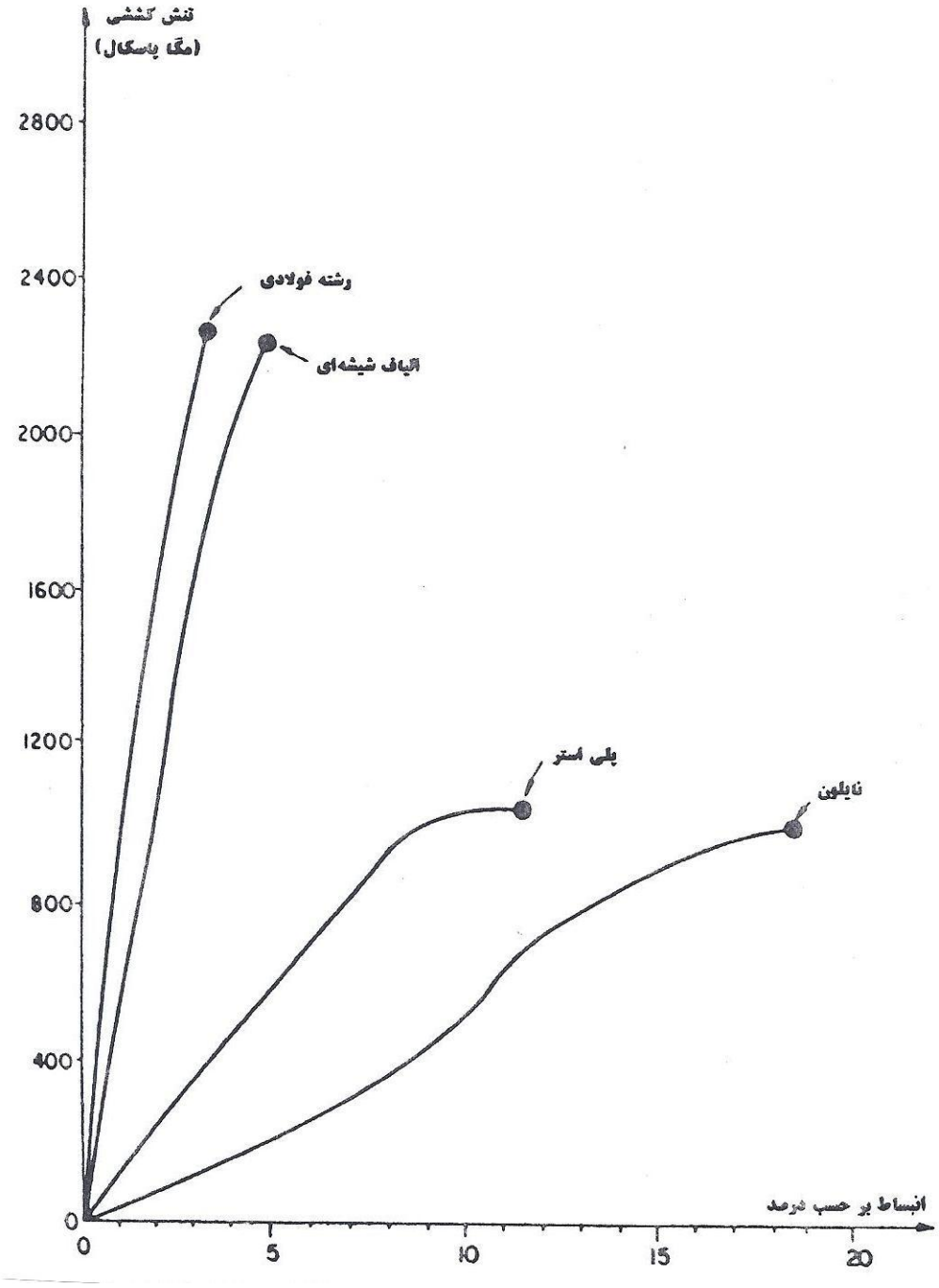
جدول زیر چند مشخصه مکانیکی پلیمرهایی را که به طور متداول در مهندسی ژئوتکنیک مورد استفاده قرار می گیرد در مقایسه با خواص فولاد نشان می دهد. قابل توجه است که رشته ها به وسیله حدیده کاری توده پلیمری حرارت داده شده تولید می شوند. رشته های تنیده با مقاومت کششی بالا از طریق فرآیند سردسازی رشته ها و کشیدن آنها در طی حدیده کاری به دست می آیند. اختلاف عمده موجود بین مواد پلیمری وفلزی خصوصیت ارتجاعی زیاد پلیمرها می باشد. همان طور که در جدول مشاهده می شود ضریب ارتجاعی برای پلیمرهای متداول ۱۰ تا ۳۰ مرتبه کمتر از فلزات است ومقاومت کششی آنها ۲/۵تا۵ مرتبه

کمتر از فلزات می باشد. شکل ۱۱نتایج آزمایش کششی را در مورد فولاد ، الیاف شیشه ، پلی استر و رشته های پلی آمیر نشان می دهد.

گسیختگی فولاد با تغییر شکلی معادل۳/۲ درصد برای مقاومت کششی 2340 mpa روی می دهد. در صورتی که پلی استر و نایلون با تغییر شکل بسیار بیشتر (به ترتیب ۱۱درصد و۱۹درصد در شکل) و مقاومت کششی حدود۱۰۰۰مگاپاسگال گسیخته می شوند. مسلح کننده های فلزی خطر خوردگی الکتروشیمیایی را دارد و این یکی از دلایل توجه به پلیمر ها می باشد. مسائل دوام و پدیده پیری در پلیمرها همانند سایر مصالح مطرح می باشد. پلیمرها به اشعه ماوراء بنفش حساسیت دارند. اشعه به همراه دما و رطوبت در سرعت بروز پدیده پری تاثیر زیادی دارند.

افزایش طول رشته ها در گسیختگی بر حسب ٪	مقاومت کششی Mpa		ضریب ارتجاعی Mpa		چگالی (دانسیته)	نوع ماده
	رشته‌ها	توده ماده	رشته‌ها	توده ماده		
۳	۲۳۴۰			۲۰۰,۰۰۰	۷/۸۵	فولاد
۶_۲۰	۸۰۰	۶۰	۱۳۵۰۰ ۱۸۵۰۰	۲۱۰۰	۱/۳۸	پلی‌استر
۱۵_۲۵	۳۸۰_۷۸۰	۳۵	۷۴۰۰	۱۱۰۰	۰/۹۱	پلی‌پروپیلن
۱۲_۲۶	۶۰۰_۹۰۰	۴۰_۱۲۰	۱۲۵۰۰	۲۴۰۰	۱/۱	پلی‌آمید
۱۰_۲۰	۳۹۰_۷۰۰	۳۰	۴۳۰۰_۶۵۰۰	۸۰۰	۰/۹۵	پلی‌اتیلین‌با چگالی (دانسیته) بالا

جدول ۲خصوصیات کلی پلیمرها در مقایسه با فولاد



شکل ۱۲) رفتار تنش – کرنش الیاف مواد مختلف

در بین پلیمرها pvc از عمل کرد بسیار خوبی برخوردار می باشد. اکسیداسیون پلیمرها همیشه با اثر عواملی نظیر اشعه ماوراءبنفش یا حرارت آغاز می شود که این حالت در درون توده خاک به وقوع نمی پیوندد. وجود آب و جذب آن به درون

ساختمان پلیمر ممکن است عوارض نامطلوبی ایجاد کند که بستگی به میزان نفوذ پذیری پلیمر دارد. پلی آمیرها تأثیر پذیرترین نوع پلیمر در برابر آب می باشند.

وجود آب گاه می تواند سبب نوعی واکنش شیمیایی به نام هیدرولیز گردد که تغییر ساختمان پلیمر را به همراه خواهد داشت. البته این واکنش در دمای معمولی بسیار آهسته صورت می پذیرد. پلی پرومیلن در مقابل اثر آب از پایداری مناسبی برخوردار می باشد. وقتی پلیمری درون خاک قرار می گیرد ، چندین عامل که به عمل کرد کانیها و مواد معدنی موجود در خاک مرتبط هستند ، اثر می گذارد. این عوامل عبارتند از اسیدها وقلیاها ، نمکهای محلول نظیر نمکهای آهن و منیزیم و موادآلی که از تجزیه مواد آلی دیگر توسط باکتریها ایجاد می شوند. به طور کلی به جز پلی آمیرها ، پلیمرهای رایج از مقاومت رضایت بخشی در مقابل این عوامل برخوردار هستند. البته پلی استرها نسبت به محیط های قلیایی حساس می باشند.

به طور کلی بسیاری از پلیمرها در برابر فرآیند تهاجم شیمیایی و بیوشیمیایی از مقاومت خوبی برخوردار می باشند. اما اگر همین پلیمر به مدت زیادی تحت تنش قرار می گیرند ، یک سری ریزترکهای مسطحی در آنها ایجاد می شود و فرآیند تهاجم شیمیایی و بیوشیمیایی به میزان قابل ملاحضه ای تشدید می شود.پلیمرهایی که در سازه های حائل مورد استفاده قرار می گیرند، در دراز مدت کاهش مقاومتی ناشی از خزشی را دارند . این کاهش مقاومت بسته به شرایط بارگذاری ، نوع خاک و عوامل جدی می تواند از ۲۰ تا بیشتر از ۵۰ درصد باشد . پیش بینی میزان دوام این مواد بسیار دشوار بوده و تنها راه ممکن برای پاسخ گویی به مسایل دوام ، انجام آزمایش ها در مقیاس حقیقی در دراز مدت می باشد.

نتیجه گیری

مسلح کننده های پلیمری می توانند جایگزین فلزات شوند چون که فلزات در تسلیحات خطحی و شبکه ای کاربرد بسیار محدود دارند . تغییر شکل پذیری پلیمرها بیشتر از فلزات است . که این خود یک نقص به حساب می آید . پلیمرها خورده نمی شوند ، اما در عوض فروسایش می یابند.

پلیمرها در بسیاری از سیستم های حائل قابل استفاده می باشند . دامنه کاربرد آنها از دیوارهای نردبانی(قدیمی)تا تکسولهای(جدید)گسترش یافته است . در خصوص ساخت دیوار ، به کارگیری پلیمرها ، عموماً مستلزم استفاده از صفحات

پوششی خاص به ویژه برای ساختن دیوارهای قائم می باشد . برای دیوارهای خاک مسلح که اثر متقابل اصطکاکی بین خاک و مسلح کننده در آنها غالب است ، استفاده از پلیمرهای زیر امکان پذیر می باشد:

۱-تسلیح خطی با موادی مانند پلاستیک تقویت شده با الیاف شیشه.

۲-تسلیح دو بعدی با پرده های زمینی و زمین شبکه ها.

۳-تسلیح سه بعدی با رشته های پیوسته (نخ های پلیمری) ، تکسول ، الیاف یا عناصر شبکه ای ، تور سنگ ها (گابیون ها)وشبکه های چندلایه.

دوام و رفتار مکانیکی خاک مسلح نیازمند تحقیقات بیشتری می باشد.

مرجع:reinforced soil retaining structures

And polymeric materials

By:f.schlosser&p.dellage

رانش فعال خاک	active earth pressure
پدیده پری	ageing phenomeno
خاک مهارشده	anchored earth
فروسایش	degradation
عنصرپوششی	facing elements
تورسنگ ها	gabions
زمین شبکه ها	geogrids
پرده های زمینی	geotextiles
مسلح کننده موج دار	indusive unduhation
اثرقفل شدگی	inter locking effect
دیوار نردبانی	ladder wall
مهارهای مقاوم فلزی	passive metallic anchors
اتصال رزینی	resin bonded
تکسول	texsol