



کاربرد ژئوگرید در پروژه های عمرانی ” گروه آراین خاک ایرانیان “

مسلح سازی بستر خاکریزها، زیر فونداسیون ها، ساخت دیوارها و شیب های خاک مسلح
تسلیح لایه خاکریز روی شیب در محل های دفن پسماند
کوله های خاک مسلح (کوله باربر)، اجرای خاکریز روی شمع، حفرة ها
تسلیح دیوار حایل به وسیله ژئوگرید، بستر روسازی، روسازی راه آهن

تهران، خیابان شهید جهان آرا، خیابان ۲۷، شماره ۶۷، واحد ۱
کدپستی: ۹۵۳۸۳-۱۴۳۸۸
تلفن: ۰۲۱-۸۸۰۰۹۸۶۱
فکس: ۰۲۱-۸۸۰۰۳۶۲۱
WWW.ARIANKHAK.COM
info@ariankhak.com



شرکت آراین خاک ایرانیان
معرف فن آوری های نوین



عایقکاری تونل ها



ساخت و عایقکاری
استخرها و دریاچه های مصنوعی



ساخت ابنیه



ساخت و عایقکاری
کانال های انتقال آب



انجام عملیات تحکیم خاک و نیلینگ

معرفی نامه شرکت

شرکت آراین خاک ایرانیان به منظور ارائه طیف وسیعی از خدمات مربوط به فعالیت های ژئوسنتتیک ، ژئوتکنیک و آزمایشگاه ، ابنیه ، زمین شناسی ، خاک و پی در راستای نیل به اهداف عالی و فعالیت در طرح های عمرانی و آبادانی با سرمایه گذاری و مدیریت بخش خصوصی تاسیس و به ثبت رسیده است .

این شرکت با تکیه بر قدرت لایزال الهی و بهره مندی از کادر فنی متخصص و مجرب و همچنین دارا بودن مجموعه ای کامل از امکانات و تجهیزات مدرن توانسته است با ارائه خدمات در زمینه های ابنیه ، ژئوسنتتیک ، ژئوگرید ها ، زهکشی ، شبکه های مهندسی ، فعالیت های کشاورزی ، ژئوتکنیک و آزمایشگاه ، زمین شناسی ، تحکیم خاک و پی ، و ... فصلی شگرف را در بخش های مختلف علم مهندسی طراحی و اجرا نماید تا بدین وسیله بتواند بخشی از نیاز های سازمان ها و شرکت های خصوصی را در سطح کشور فراهم آورد .

شایان ذکر است که شرکت آراین خاک ایرانیان با تکیه بر توانمندی های ارائه شده و کادری مجرب و تخصص در زمینه های مذکور قادر به کسب رتبه های مرتبط با فعالیت های خود از سازمان معاونت برنامه ریزی و نظارت راهبردی ریاست جمهوری می باشد .

با توجه به پیشرفت فناوری در زمینه های مختلف در پروژه های مختلف عمرانی و ضرورت دقت در کنترل کیفی آن ها و در نظر گرفتن توسعه فعالیت های عمرانی در سطح کشور ، این شرکت با تکیه بر سه اصل کیفیت ، دقت و سرعت ارائه ی خدمات ، آمادگی خود را جهت همکاری با آن مجموعه ، در انواع پروژه های مرتبط در سایر نقاط کشور اعلام می دارد .

با سپاس

مدیرعامل شرکت

آراین خاک ایرانیان

مقدمه ای بر ژئوگرید

* معرفی ژئوگرید:

ژئوگرید یکی از انواع ژئوسیتتیک هاست که از مجموعه نوارهای پلیمری متصل به یکدیگر که به شکل شبکه در کنار یکدیگر قرار گرفته اند ساخته شده است. در میان نوارهای شبکه ژئوگرید فضای خالی با ابعاد مناسب جهت افزایش تاثیر احاطه کردن خاک، سنگ و سایر مصالح ژئوتکنیکی تعبیه شده است. بنابر این ژئوگریدها شبکه های پلیمری مشبکی هستند که در میان آن ها فضاهای خالی با ابعاد مختلف که چشمه نامیده می شوند مشاهده می شود. ابعاد چشمه ها بین ۱۰ تا ۱۰۰ میلیمتر متغیر است. نوارهای به کار رفته در ساخت ژئوگریدها در دو جهت اصلی که به ترتیب طولی و عرضی نامیده می شوند در کنار یکدیگر قرار گرفته اند. نوارها از مواد پلیمری مختلفی نظیر پلی پروپیلن، پلی اتیلن و الیاف مقاوم پلی استر ساخته می شوند. نحوه عبور دادن و یا اتصال نوارهای پلیمری به یکدیگر در نقاط پیوند و یا گره ها متفاوت است. با توجه به شکل ظاهری، ساختار و استحکام ژئوگریدها آشکار است که اولین و شاید مهمترین عملکرد آن ها در امر تقویت و تسلیح لایه های خاکریز، بستر خاکی و سایر مصالح ژئوتکنیکی است.

در شکل زیر، نمونه هایی از انواع ژئوگرید نشان داده شده است:



۱) مواد تشکیل دهنده ژئوگرید

انواع پلیمرهایی که در تولید ژئوگریدها بکار می روند عبارتند از:

الف) پلی پروپیلن (PP) :
ارزاترین نوع پلیمر در ساخت ژئوگریدها می باشد. مقاومت این نوع از ژئوگریدها پس از خزش به کمتر از یک سوم کاهش پیدا می کند.

ب) پلی اتیلن (PE) :
این نوع پلیمرها جهت تولید ژئوگرید نسبت به پلیمرهای (PP) از محبوبیت بیشتری برخوردارند و مقاومت خزش آن ها ۳۶ درصد مقاومت نهایی آن می باشد و در انواع محیط های شیمیایی قابل استفاده می باشند.

ج) پلی استر (PET) :
این نوع پلیمرها کمترین کاهش مقاومت در اثر خزش را دارد و مقاومت آن پس از خزش به تغییرات بسیار کمی خواهد داشت.

۲) انواع ژئوگرید

از دیدگاه نحوه تولید، در کل سه نسل ژئوگرید در دنیا وجود دارد که تفاوت اصلی آن ها در نحوه اتصال تار و پود و در نتیجه مقاومت بلند مدتشان می باشد:

الف) ژئوگریدهای قالبی (Extruded)
این نوع ژئوگرید را عمدتاً از پلی اتیلن (PE) و پلی پروپیلن (PP) تولید می نمایند. به این ترتیب که ورقه (Sheet) هایی از تزریق این مواد تولید شده، سپس سوراخ هایی در ورقه ها ایجاد می شود (Punching) و سپس سوراخ شده و بسته به نوع ژئوگرید و مقدار مقاومت کششی لازم در یک جهت یا در جهات مختلف کشیده می شود (Stretching).
بدین ترتیب ساختار یکپارچه ای از رشته های طولی و عرضی (MD) و (CMD) نقاط اتصال (Junction) بوجود می آید. این نوع ژئوگرید را ژئوگرید تزریقی یکپارچه (Integrateel) نیز می نامند.

ب) ژئوگریدهای جوشی (Welded)
آخرین نسل ژئوگریدها، ژئوگریدهای جوشی تزریقی است. جهت تولید این نوع ژئوگرید، نوارهایی (Strips) از طریق تزریق پلیمر ایجاد شده و سپس این نوارها به عنوان تار و پود در نقاط اتصال از طریق گرما به هم متصل می شوند.
هرچند این روش تولید، نسبت به روش های دیگر ساده تر است و هزینه زیادی به همراه ندارد، اما بخاطر مقاومت بسیار کم در نقاط اتصال (Junction) امکان استفاده مطمئن از این نوع ژئوگرید در کاربردهای مهم، بررسی های دقیق تری را می طلبد. ایلاف مورد استفاده در این نوع ژئوگریدها، پلی پروپیلن (PP) و پلی استر (PET) می باشد.

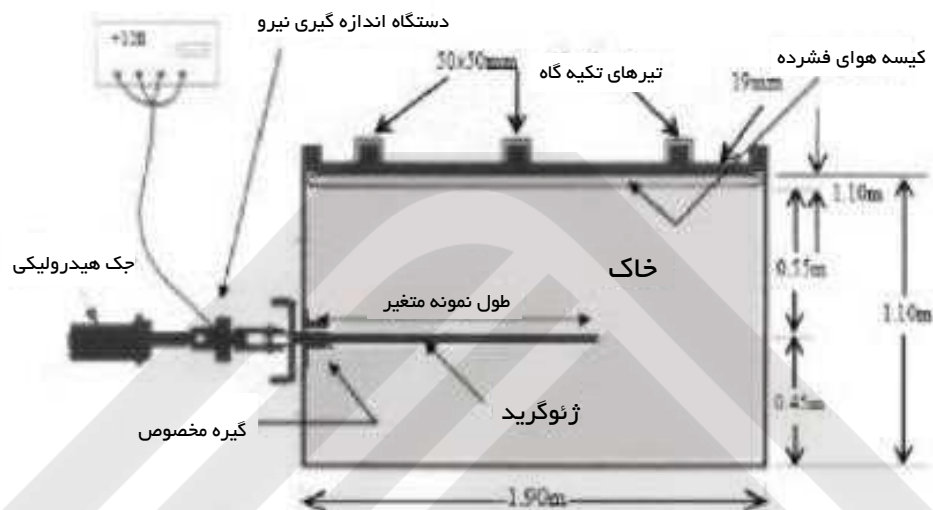
ج) ژئوگریدهای بافته شده (Woven)
این نوع ژئوگرید را از انواع پلیمرهایی که می توان از آن ها تولید نخ های دارای مدول کششی بالا (High Tensity) نمود، تولید می کنند. به این ترتیب که از درهم تنیدن نخ ها، تار و پودها را بوجود آورده و سپس تار و پودها را به صورت رشته های طول و عرضی درهم می بافند تا شبکه های ژئوگرید به وجود بیاید. از آن جا که نخ های پلیمری در مقابل آسیب های حین اجرا (Installation Damage) آسیب پذیر هستند، ژئوگرید تولید شده را بسته به نوع کاربرد با مواد پلیمر یا مواد قیری یا ترکیبی از این دو پوشش (Coating) می دهند.

* مزایای ژئوگریدهای بافتنی نسبت به دو نوع دیگر عبارتند از:

- مقاومت خزشی بالا
- انعطاف پذیری بالا، برش راحت و حمل و نقل آسان
- اجرای سریع
- امکان برگرداندن ژئوگریدها بدون ایجاد خمش
- امکان اتصال به نمای بلوکی تنها با اصطکاک بدون نیاز به پین
- عدم کاهش اصطکاک بین بلوک ها

۳) مقاومت مهاری ژئوگرید

مطابق تعریف، مقاومت مهاری عبارتست از، استقامت ژئوگریدها در مقابل بیرون کشیدن آن ها از داخل محیط خاک و یا سنگ دانه ها، به دلیل وجود چشمه های بزرگ در شبکه های ژئوگرید، این امکان وجود دارد که مقاومت مهاری ژئوگریدها از مقاومت برشی آن ها بر روی لایه خاک قرار گرفته اند بیش تر گردد. آزمایش های مقایسه ای که به منظور تعیین مقاومت مهاری مختلف نظیر شبکه های پلیمری ژئوگرید و ژئونت ها صورت پذیرفته مبین این واقعیت بوده است که وجود چشمه ها در شبکه ژئوگرید و امکان قرارگیری و یا عبور دانه ها از میان آن ها باعث می گردد که مقاومت مهاری این شبکه ها در محیط های دانه ای بسیار بیش تر از حد انتظار باشد.



۴) بررسی خزش کششی و گسیختگی خزشی در ژئوگریدها

تغییر شکل دراز مدت اجسام در اثر اعمال نیرویی ثابت که در طول زمان رفته رفته شکل می گیرد، خزش نامیده می شود. اساس این آزمایش تحت یک نیروی ثابت تغییر شکل ها ثبت می شود. در آزمایش گسیختگی خزشی تغییر شکل ها تا لحظه گسیختگی ادامه می یابد.

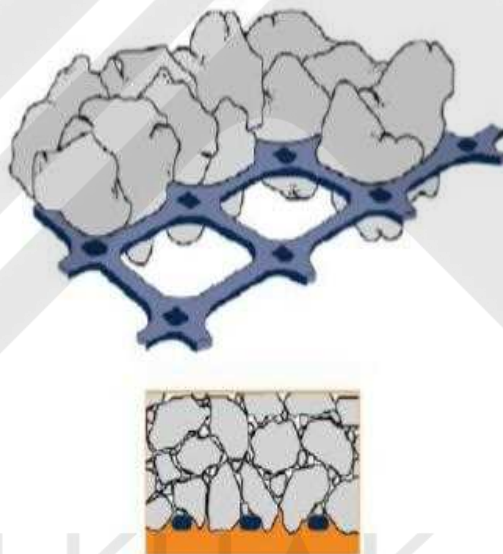


۵) آسیب های حین اجرا

این آسیب ها گاهی تاثیرات قابل توجهی بر مقاومت ژئوگریدها می گذارد. در این آزمایش مصالح زیر دانه ای را روی ورقه ژئوگرید ریخته و مجموعه را تحت بار تناوبی قرار می دهند. پس از ۲۰۰ سیکل بارگذاری بین Pa ۵ تا Pa ۵۰۰ ژئوگرید را خارج کرده و مقاومت آن را مجددا اندازه گیری می کنند.

* مکانیزم عملکرد ژئوگرید

اندرکنش خاک و ژئوگرید که تحت عنوان تسلیح مکانیکی خاک از آن یاد می شود، به دلیل محصور شدن دانه های خاک در چشمه های ژئوگرید و عدم امکان حرکت جانبی دانه های خاک ایجاد می شود و افزایش سختی خاک را نیز به دنبال خواهد داشت. در شکل زیر، قفل شدن مکانیکی دانه ها در اثر نفوذ آن ها به داخل چشمه های ژئوگرید نشان داده شده است.



* مراحل کلی اجرای ژئوگرید

۱ - آماده سازی سطح خاک

در این مرحله، سطح خاک از نخاله ها و مواد زائد یا هر شیء که باعث صدمه به ژئوگریدها شود، پاک شده و با استفاده از ماشین آلات خاکی صاف می شود.

۲ - پهن کردن و برش ژئوگریدها

بعد از مسطح سازی محل سایت، رول های ژئوگرید با در نظر گرفتن فواصل و همپوشانی های لازم پهن شده و گیرداری های لازم ایجاد می شود.

۳ - ریختن، پخش و کوبش مصالح خاکی روی ژئوگریدها

پخش مصالح خاکی به ضخامت معین صورت گرفته و سپس با غلتک مناسب با تراکم ۹۰ تا ۹۵ درصد کوبیده می شود که برای دستیابی به صحت این موضوع، آزمایش های مربوطه انجام می گیرد.

۴- مقاومت کششی پهنای فراخ ژئوگرید (Wide Width Tensile Strength)

این آزمایش را می توان در یک جهت یا هر دو جهت در ژئوگریدهای بافتنی انجام داد. بدین ترتیب که نمونه داخل جبهه آزمایش قرار داده شده و تحت کشش قرار می گیرد و تغییر شکل ها و نیروها تا لحظه گسیختگی ثبت می شود. بنابر این نتایج اخذ شده شامل حداکثر نیروی کششی و سختی سکانتی می باشد.

۵- مقاومت برشی

یکی دیگر از ویژگی های مهم ژئوگریدها، مشخصه مقاومت برشی آن ها است. بدین منظور می توان به کمک آزمایش مشابه با آزمایش برش مستقیم، مشخصه مقاومت برشی ژئوگریدها را در مجاورت هرگونه خاک و یا هر مصالح مشابه مورد آزمایش قرار داد.

در این آزمایش تکه ای از ژئوگرید مورد نظر را بر روی قطعه صلبی چسبانده و آن را داخل نیم قالب فوقانی دستگاه برش مستقیم قرار می دهند. سپس نیمه پایینی قالب دستگاه با خاک و یا مصالح مورد نظر پر می شود. پس از نصب نیم قالب بالایی بر روی نیم قالب پایینی، تنش فشاری لازم میان دو نیم قالب از طریق اعمال نیروی قائم تامین می شود. در این شرایط با اعمال نیروی افقی ثابت، نیم قالب بالایی بر روی نیم قالب پایینی لغزانده می شود. نتایج حاصل از منحنی های آزمایش برش مستقیم نشان دهنده مشخصه های بر هم کنشی مصالح خاکی و ژئوگرید است.

* کاربردهای عمده ژئوگرید

- مسلح سازی بستر خاکریزها
- ساخت دیوارها و شیب های خاک مسلح
- مسلح سازی زیرفونداسیون ها
- تسلیح لایه خاکریز روی شیب در محل های دفن پسماند
- کوله های خاک مسلح (کوله باربر)
- اجرای خاکریز روی شمع
- اجرای خاکریز روی حفرة ها
- تسلیح دیوار حایل به وسیله ژئوگرید
- تسلیح بستر روسازی
- تسلیح روسازی راه آهن

* دیوار حائل ژئوگریدی

- توصیف دیوار حائل ژئوگریدی:

دیوارهای حائل خاک مسلح ژئوگریدی به دیوارهایی اطلاق می گردد که جهت ساخت آن ها از یکی از محصولات گروه ژئوسیتنتیک به نام ژئوگرید که جهت پایداری خاکریزها و احداث شیروانی ها و کارهایی از این قبیل، استفاده گردد. ژئوگریدها دارای مقاومت بسیار بالا در دو جهت بوده و می توان از آن ها با فواصل عمودی دلخواه در دیوار خاک مسلح استفاده نمود.

پایداری این نوع دیوارها از طریق مسلح کردن خاک با ژئوگرید و اندرکنش بین خاک و ژئوگرید به دست می آید. بدین صورت که فشار جانبی و عمودی وارده به دیوار به صورت نیروی افقی در ژئوگرید پدیدار گشته و ژئوگرید به واسطه تحمل کشش وارده باعث پایداری مجموعه می شود. این مصالح با قابلیت مقاومت کششی خود به توده خاکی که به خودی خود تنها دارای مقاومت فشاری است، رفتار مناسب تری بخشیده و این توانایی را در خاک بوجود می آورد که دیوار خاک مسلح با شیب تند و یا حتی قائم ساخته شود.

روش کلی اجرای دیوارهای ژئوگریدی با نماهای مختلف کم و بیش شبیه هم می باشد و لی با توجه به نوع نمایی که برای هر پروژه تعریف می شود امکان دارد اندکی با یکدیگر تفاوت داشته باشند ولی شرایط کلی اجرای دیوار یکی بوده و به قرار ذیل می باشد:

با توجه به طراحی انجام گرفته و به اندازه عرض ژئوگرید دریافتی از خروجی نرم افزار به علاوه ضخامت زهکشی پشتی، خاک برداری با شیب ۳ به ۱ (۳ واحد عمودی و ۱ واحد افقی) انجام گرفته و کف به دست آمده که پاشنه کار نامیده می شود و با توجه به رقوم دریافتی کف از نقشه، رگلاژ و تسطیح و آبپاشی و کوبیده می شود. در مرحله بعدی اولین لایه ژئوگرید پهن شده و مصالح پر کننده بر روی ژئوگرید ریخته شده و پس از صاف و هموار شدن توسط ماشین آلات مربوطه، کوبیده شده تا تراکم مورد نیاز طبق نشریه ۱۰۱ سازمان برنامه بدست آید سپس لایه دوم مصالح پر کننده ریخته شده و مرحله قبلی تکرار می شود تا به تراز لایه دوم ژئوگرید برسیم که لایه دوم نیز طبق نقشه ها بریده شده و در محل قرار می گیرد و کلیه مراحل قبلی تکرار شده و تا تراز بالایی دیوار ادامه می یابد.

* انواع نما و روش های اجرایی

یکی از مزایای دیوارهای خاک مسلح که با ژئوگرید اجرا می گردند، تنوع در نوع نمای قابل اجرا با این روش می باشد. از جمله این نماها می توان موارد زیر را نام برد:

- ۱- نماهای بلوکی
- ۲- نماهای با استفاده از قطعات پیش ساخته بتنی (پنل بتنی)
- ۳- نمای فلاورباکس (گلدانی)
- ۴- نماهای پوسته بتنی

۱- روش اجرای نمای بلوکی:

در ابتدا جهت تامین پاشنه برای تامین میزان عرض محاسبه شده ژئوگرید، خاکبرداری با توجه به شرایط محل و نوع خاک آن به وسیله بولدوزر، بیل مکانیکی و یا لودر انجام می گردد.

مرحله اول- آماده سازی بستر کار:

۱. تسطیح، آب پاشی و کوبش بستر مطابق با رقوم نقشه ها
۲. اجرای زهکش بر روی سطح بستر در صورت بالا بودن سطح آب های زیرزمینی

مرحله دوم- اجرای Leveling Pad زیر بلوک ها:

اجرای شناژ زیر تمام بلوک های نما جهت جلوگیری از نشست های احتمالی و جهت تراز قرار گرفتن بلوک ها نسبت به سطح افق که می بایست انجام گیرد.

لازم به ذکر است در صورتی که مقاومت خاک بستر نامناسب باشد، شناژهای اجرایی می بایست حتما به صورت مسلح در زیر بلوک ها و طبق نقشه های ابرازی مشاورین محترم اجرا گردد. توصیه می گردد با توجه به تغییر مقاومت احتمالی خاک در طول مسیر و با توجه به احتمال نفوذ آب در پای دیوارها در اثر عوامل مختلف و تغییر در مشخصات خاک پای دیوار و احتمال شکسته شدن بلوک ها و نازیب شدن نمای دیوار، شناژهای اجرایی به صورت مسلح اجرا گردند.



نحوه اجرای پد زیرنمای بلوکی

مرحله سوم- نصب ژئوگرید و بلوک:

۱. نصب ژئوگرید لایه اول مطابق با نقشه های طراحی (میزان همپوشانی ژئوگریدها طبق جدول ذیل)
۲. نصب بلوک ردیف اول بر روی Leveling Pad یا شناژ مسلح به شکلی که سطح مقطع بلوک کاملاً با ژئوگرید اصطکاک داشته باشد.

Recommended Overlaps		
SOIL TYPE	CBR	OVERLAP
Firm	>3	1 ft.
Soft Ground	1-3	2 ft.
Very Soft Ground	<1	3 ft.

مقدار همپوشانی لازم برای ژئوگریدها با توجه به CBR بستر



پهن کردن و برش ژئوگرید



نمای بلوکی

مرحله چهارم- اجرای زهکش قائم

در دیوارهای حائل جهت تخلیه آب راه یافته به بدنه دیوار خاک مسلح، اجرای زهکش قائم در پشت بلوک ها به ضخامت لازم جهت هدایت آب به خارج از سازه مسلح بایستی انجام گیرد. در این مرحله با استفاده از مصالح زهکشی با کیفیت قابل قبول و به اندازه ارتفاع بلوک اول انجام می گیرد. (ضخامت زهکش حدود ۵ سانتی متر است)



جرای زهکش قائم

مرحله پنجم- عملیات خاکی:

۱. حمل و بارگیری و تخلیه خاک روی سطح ژئوگرید با ماشین آلات حمل خاک
۲. پخش و تسطیح خاک به ضخامت مناسب تا ضخامتی که تراکم لازم را تامین نماید. (حداقل تراکم مورد نیاز تا یک متر زیر خط پروژه مسیر، ۹۰ درصد می باشد)
۳. آب پاشی و تراکم خاک تا حصول تراکم مورد نظر



اجرای همزمان عملیات خاکی و چیدن بلوکها



عملیات خاکی

مرحله ششم- تکرار مراحل قبل:

۱. عملیات بلوک چینی (مرحله سوم) ، اجرای زهکش قائم (مرحله چهارم) و نیز خاکریزی (مرحله پنجم) تا رسیدن به لایه دوم ژئوگرید تکرار می شود.
 ۲. نصب لایه دوم ژئوگرید مطابق نقشه در کد مورد نظر
 ۳. تکرار بند یک تا رسیدن به لایه ژئوگرید بعدی
- در ادامه کار، کلیه عملیات بالا تکرار شده و در کدهای لازم مطابق نقشه طراحی، ژئوگرید با کشش مناسب و طول مشخص نصب می گردد تا به تراز بالای دیوار برسیم.

توجه: اجرای ژئوگرید در گوشه ها:

از آن جایی که در گوشه های دیوار حائل که معمولا در محل تلاقی دیوار برگشتی و کوله رخ می دهد، قسمتی از دو لایه ژئوگرید دیوارهای کناری بر روی یکدیگر قرار گرفته و با توجه به عدم اصطکاک کافی خاک با ژئوگریدها در چنین مواقعی، می بایست ژئوگریدهای دو لایه کناری در دو کد ارتفاعی متفاوت قرار گیرند تا اصطکاک کافی بین ژئوگرید و مصالح خاکی از بین نرود. این کدها می تواند در حدود ۲۰ سانتی متر با یکدیگر اختلاف داشته باشند.



عملیات بلوک چینی

*- روش اجرای نما با استفاده از قطعات پیش ساخته بتنی (پنل بتنی):

در ابتدا جهت تامین پاشنه برای تامین عرض محاسبه شده ژئوگرید به علاوه ضخامت زهکش پشتی، خاکبرداری با توجه به شرایط محل و نوع خاک آن به وسیله بولدوزر، بیل مکانیکی و یا لودر انجام می گردد.



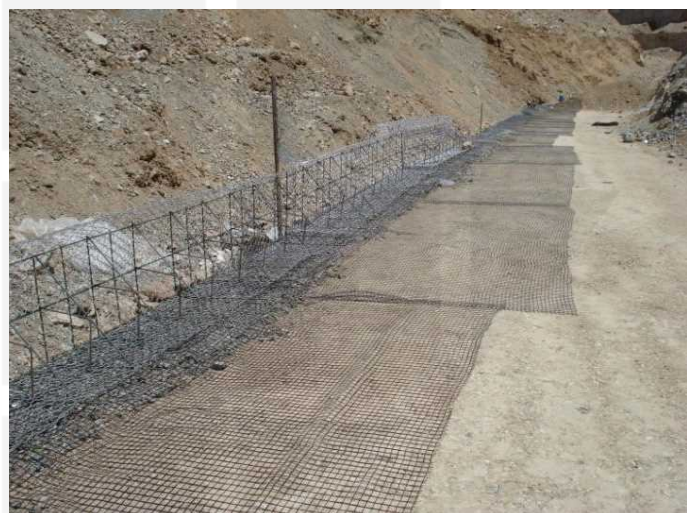
تامین پاشنه بتنی

مرحله اول- آماده سازی بستر کار:

۱. تسطیح، آب پاشی و کوبش بستر مطابق با رقوم نقشه ها
۲. اجرای زهکش بر روی سطح بستر در صورت بالا بودن سطح آب های زیرزمینی

مرحله دوم- جاگذاری سبدهای آرماتوری:

مطابق دیتیل سبدهای آرماتوری ابتدا یک عدد سبد آرماتوری فلزی با طول حدود ۶ متر روی بستر قرار می گیرد و سپس لایه ژئوگرید با مشخصات مندرج در نقشه نصب گردیده و در نما Wrap Around می شود. (میزان Wrap Around حدود ۱/۸ متر می باشد)
البته لازم به ذکر است با توجه به درخواست مشاورین محترم می توان به جای Wrap Around از تور سیمی نیز استفاده نمود.



جاگذاری سبدهای آرماتوری

مرحله سوم- اجرای زهکش قائم:

در دیوارهای حائل جهت تخلیه آب راه یافته به بدنه دیوار خاک مسلح، اجرای زهکش قائم در پشت بلوک ها به ضخامت لازم جهت هدایت آب به خارج از سازه مسلح می بایستی انجام گیرد. در این مرحله با استفاده از مصالح زهکشی با کیفیت قابل قبول و به اندازه ضخامت لایه اول خاکریزی انجام می گیرد. (ضخامت زهکش حدود ۵۰ سانتی متر است)



اجرای زهکش قائم

مرحله چهارم- عملیات خاکی:

۱. حمل و بارگیری و تخلیه خاک بر روی سطح ژئوگرید با ماشین آلات حمل خاک
۲. پخش و تسطیح خاک به ضخامت مناسب تا ضخامتی که تراکم لازم را تامین نماید. (حداقل تراکم مورد نیاز تا یک متر زیر خط پروژه مسیر، ۹۰ درصد می باشد.
۳. آب پاشی و تراکم خاک تا حصول تراکم مورد نظر



عملیات خاکی

مرحله پنجم- تکرار مراحل قبل:

۱. اجرای زهکش قائم (مرحله سوم) و نیز عملیات خاکی (مرحله چهارم) تا رسیدن به لایه دوم ژئوگرید تکرار می شود.
۲. نصب لایه دوم ژئوگرید و سبب آرماتوری مطابق نقشه در کد مورد نظر
۳. تکرار بند یک تا رسیدن به لایه ژئوگرید بعدی

در ادامه کار کلیه عملیات بالا تکرار شده و در کدهای لازم مطابق نقشه طراحی، ژئوگرید با کشش مناسب و طول مشخص نصب می گردد تا به تراز بالای دیوار برسیم.

لازم به ذکر است که آرماتورهای U شکل و قیر اندود شده در هر لایه ۶۰ سانتی متری و پس از نصب ژئوگرید و با فاصله افقی ۱۲۰ سانتی متری جاگذاری می گردد.

مرحله ششم- اجرای پل بتنی:

زمانی که سازه خاک مسلح به اتمام رسید، در جلوی نمای آرماتوری، فونداسیون طبق مشخصات فنی و نقشه های اجرایی اجرا گردیده و با رعایت اصول فنی و تراز کردن در دو جهت پل ها، اولین ردیف پل روی فونداسیون اجرا شده و آرماتورهای انتظار پل بتنی به آرماتورهای U شکل نما جوش می گردد و از آن جا که ۱۵ تا ۲۰ سانتی متر جهت بتن ریزی در پشت پل ها فاصله پیش بینی می شود، یک پلاستوفر بر روی آرماتورهای نما قرار گرفته تا شیره بتن داخل سازه خاکی نشده و بتن مقاومت لازم را از دست ندهد سپس بتن ریزی پشت پل ها انجام شده به طوری که دیوار خاک مسلح و نمای پل بتنی به صورت یکپارچه عمل می نمایند. به همین صورت ردیف های بعدی پل بتنی نیز بر روی ردیف قبلی قرار گرفته و عملیات قبلی تکرار شده تا رسیدن به تراز بالای دیوار ادامه می یابد و در ردیف بالایی، پل ها طبق دیتیل های اجرایی با مجموعه پیاده رو و گاردهای حفاظتی اتصال یافته و اجرای نما به اتمام می رسد.



اجرای پل بتنی

*- روش اجرای نمای فلاور باکس (گلدانی):

این روش نیز همانند اجرای نما به روش بلوکی انجام گرفته با این تفاوت که به جای بلوک معمولی فلاور باکس استفاده می شود.

چند نمونه پروژه اجرا شده دیوار خاک مسلح ژئوگریدی با نمای گلدانی



دیوار حائل بزرگراه آزادگان



دیوار حائل بزرگراه چمران

*- روش اجرای نمای بتن درجا (پوسته بتنی):

این روش نیز همانند اجرای نما به روش پیل بتنی انجام گرفته با این تفاوت که به جای استفاده از پیل بتنی، سطح نما قالب بندی شده و بتن ریزی درجا اجرا شده و پس از قالب برداری، نمای مورد نظر به دست می آید.

چند نمونه پروژه اجرا شده دیوار خاک مسلح ژئوگریدی با نمای بتن درجا (پوسته بتنی)



نمای پوسته بتنی

* انواع سیستم های حائل و مقایسه آن ها

در احداث دیوارهای حائل جهت پایداری ترانشه ها و احداث شیروانی ها برای اهدافی همچون عبور دادن مسیر و یا تعریض جاده موجود و ... جهت نیل به این اهداف امکان اجرای این گونه دیوارها به روش های مختلف وجود دارد، از جمله این روش ها عبارتند از:

- ۱- دیوار حائل سنگی
- ۲- دیوار حائل طره ای (بتنی)
- ۳- دیوار حائل تسمه فلزی
- ۴- دیوار حائل ژئوگریدی

۱- دیوار حائل سنگی:

دیوارهای حائل سنگی از نوع دیوارهای حجیم می باشند که با استفاده از سنگ های شکسته کوهی و با استفاده از مواد چسباننده ای مانند ملات ماسه سیمان و یا ملات های دیگر بر روی یک دیگر انباشته شده و ساخته می شوند. پایداری در این نوع دیوارها معمولا به وسیله وزن خود دیوارها می آید و این گونه دیوارها به واسطه وزن سنگین خود جلوی رانش خاکریز را گرفته و تا ارتفاع ۵ متر می توان از آن ها استفاده نمود.

۲- دیوار حائل طره ای (بتنی):

دیوارهای حائل طره ای (بتنی) دیوارهایی می باشند که به صورت دیوار بتنی مسلح شده با آرماتور ساخته شده و به واسطه جذب نیروهای افقی خاکریز به وسیله کشش آرماتورهای موجود در بتن و نیروهای فشاری توسط بتن عمل می کند.

پایداری این نوع دیوارها که از نوع دیوارهای حائل با ضخامت کم می باشند به طور عمده به وسیله وزن خاک و قرار گرفتن بخشی از اسکلت در خاک و اندرکنش بین خاک و پاشنه دیوار تامین می شود و دیوارها برای خاکریزهای با ارتفاع کم به صورت ساده و برای خاکریزهای با ارتفاع زیاد به صورت پشت بند دار و یا پاشنه دار و یا دارای صفحات کاهش بار و یا ترکیبی از این روش ها ساخته می شوند.

۳- دیوار حائل تسمه فلزی:

دیوارهای حائل خاک مسلح تسمه فلزی دیوارهایی می باشند که در آن ها تسمه های فلزی آجدار در لایه ها خاکریز با فواصل عمودی و افقی دلخواه تعبیه شده و در قسمت نما، به نمای پل بتنی توسط اتصالات پیچی متصل می گردند.

پایداری این گونه دیوارها از طریق اصطکاک و اندرکنش بین خاک و آج های تسمه های فلزی تامین شده بدین صورت که به علت اصطکاکی که بین خاک و تسمه ایجاد می شود، تسمه ها در حالت کشش قرار می گیرند و به مصالح خاک مسلح، یک چسبندگی متناسب با چگالی و مقاومت تسمه ها می دهند و تغییرات پیوسته نیروهای کششی در تسمه ها ایجاد می شوند.

این روش نسبت به روش های دیوار سنگی و دیوار حائل طره ای دارای قیمت قابل قبول تر و سرعت اجرای بیشتری می باشد.

۴* - دیوار حائل ژئوگریدی:

دیوارهای حائل خاک مسلح ژئوگریدی دیوارهایی هستند که به وسیله گروهی از مصالح دسته ژئوسیتتیک ها به نام ژئوگرید مسلح شوند. پایداری این نوع دیوارها از طریق مسلح کردن خاک با ژئوگرید و اندرکنش بین خاک و ژئوگرید به دست آمده، بدین صورت که فشار جانبی و عمودی وارده به دیوار به صورت نیروی افقی در ژئوگرید به واسطه تحمل کشش وارده باعث پایداری مجموعه می شود. این مصالح با قابلیت مقاومت کششی خود به توده خاکی که به خودی خود تنها دارای مقاومت فشاری است، رفتار مناسب تری بخشیده و این توانایی را در خاک بوجود می آورد که دیوار خاک مسلح با شیب تند و یا حتی قائم ساخته شود.

* مزایای دیوار ژئوگریدی:

- ۱ - صرفه اقتصادی بالای دیوار حائل ژئوگریدی
- ۲ - سرعت اجرای بسیار بالا و قابلیت نصب سریع و آسان
- ۳ - بهترین عملکرد در مقابل زلزله
- ۴ - عملکرد به عنوان سپر حفاظتی و خاصیت میراکنندگی (پدافند غیر عامل)
- ۵ - عدم نیاز به پی سازی جهت اجرای دیوار حائل
- ۶ - امکان استفاده از نماهای متفاوت به خصوص نمای های با قابلیت رویش گیاه (هماهنگی بیشتر با محیط زیست)
- ۷ - احتیاج به نگهداری کمتر در مقابل طول عمر بیشتر

* مقایسه فنی دیوار ژئوگریدی با دیگر گزینه ها:

۱ - یکی از مهم ترین برتری های احداث دیوارهای خاک مسلح ژئوگریدی نسبت به روش های اشاره شده در بالا که می تواند تاثیر زیادی نیز در هزینه پروژه در طولانی مدت بگذارد، عمر بسیار بالای این گونه دیوارها می باشد که می توان با این روش دیوارهایی با عمر ۱۲۰ ساله نیز طراحی و اجرا نمود در حالی که در دیوارهای سنگی و یا بتنی به علت نشست موضعی و یا نشست کلی و یا زمین لرزه ها با شدت های مختلف، باعث ترک خوردگی آن ها شده و به مرور زمان سازه از بین می رود.

۲ - دیوارهای ژئوگریدی به دلیل انعطاف پذیری بالایی که دارند در مکان های دارای خطر زلزله با ریسک پذیری بالا مانند ایران، دارای بهترین عملکرد در جذب این نیروها بوده و در مقایسه با روش دیوار سنگی و دیوار طره ای که هیچ گونه انعطاف پذیری ندارند و یا انعطاف پذیری اندکی دارند و به سبب این نیروها باعث انهدام آن ها می شود. روش دیوار حائل ژئوگریدی نسبت به روش دیوار حائل تسیمه فلزی انعطاف بیشتری دارند. البته در روش های دیگر نیز طراحی در مقابل زلزله انجام می گیرد ولی باعث افزایش شدید هزینه ساخت شده و پروژه ها را غیر اقتصادی می نماید.

۳ - دیوارهای ژئوگریدی به دلیل تعداد نماهای قابل اجرا با این نوع دیوارها بصورتی که عملاً محدودیتی در مورد نوع نمای مورد درخواست کارفرمایان محترم ندارد و می توان انواع نماهایی از قبیل پنل بتنی و یا بتنی قابل انجام است.

۴ - در دیوارهای حائل سنگی به دلیل انجام کار با نفرات و سختی در تامین مصالح مورد نیاز از قبیل سنگ با اندازه های خاص، ماسه و سیمان و مشکلات مربوط به اسکان و تامین مایحتاج مربوط به خورد و خوراک و برق و سوخت تعداد زیادی نفر در کارگاه، با توجه به این که بیشتر کا به کمک بنا و کارگر انجام می شود، دارای سرعت ساخت بسیار پایینی بوده و کنترل و مدیریت این تعداد عوامل انسانی کار بسیار مشکلی است و در ضمن محدودیت در ساخت با ارتفاع بیش تر از ۵ متر نیز دارد، جمیع عوامل بالا، این روش را بسیار غیر اقتصادی می کند و در مورد دیوارهای حائل بتنی، علاوه بر موارد ذکر شده بالا بایستی مواردی از قبیل تامین نیروی انسانی ماهر در اکپ های قالب بند، آرماتور بند، بتن ریز و همچنین تهیه و عمل آوری بتن در فصول مختلف سال و تهیه امکانات لجستیکی این روش را به آن افزود.

روش دیوار حائل تسمه فلزی نسبت به روش های بالا دارای وضعیت بهتری بوده ولی موارد مربوط به تامین تسمه ها به همراه اتصالات مربوطه خاص آن و کنترل و اجرای نماهای قابل انجام با این پروژه از موارد مشکل می باشد. در مقابل روش دیوار حائل ژئوگریدی به دلیل انجام کار با ماشین آلات راهسازی و تعداد کم نفرات کنترلر پروژه و سادگی کار و این که دقیقاً همان روال راهسازی در آن رعایت می شود و آشنایی تعداد زیادی از پیمان کاران و مشاوران محترم با این شیوه و عدم نیاز به امکانات لجستیکی خاص، دارای سرعت اجرایی بسیار بالا در مقابل هزینه اجرای بسیار کم در مقایسه با سایر روش ها می باشد.

۵- عدم نیاز به پی سازی در مقایسه با دیوار حائل سنگی و یا دیوار حائل طره ای که نیاز به پی بسیار قوی و حجیم دارند.

* مقایسه اقتصادی

فرضیات دیوارهای مورد مقایسه:

در انجام مقایسه فنی بین روش های موجود سعی شده است از داده های یکسانی برای یکسان سازی شرایط موجود در هر دیوار حائل استفاده گردد. در این مقایسه رشته راه و باند به عنوان مبنای کار انتخاب شده و موارد آیتم بندی فهرست بهایی هر نوع دیوار حائل با ارتفاعات ۲ الی ۱۰ متر جهت مقایسه با ارتفاعات برابر در هر روش انجام گرفته است. خاک مصرفی در ساخت دیوار حائل تسمه فلزی و دیوار حائل ژئوگریدی، توونان و دارای خواص مکانیکی متوسط در نظر گرفته شده است. لازم به توضیح است با توجه به محدودیت ارتفاعی جهت ساخت دیوار حائل سنگی که طبق نقشه های تیپ سازمان برنامه و بودجه تا ارتفاع ۵ متر موجود می باشد، این دیوار تا این ارتفاع مورد آنالیز قیمت قرار گرفته است.

سایر مفروضات یکسان برای تمامی روش های احداث دیوار حائل به قرار ذیل می باشد:

- زاویه نمای دیوار حائل: ۹۰ درجه
- زاویه اصطکاک داخلی بستر (Reinforced Soil): ۲۵ درجه
- ضریب چسبندگی (C): KN/M2
- چگالی خاک بستر (گاما): ۱۸،۵ KN/M3
- ضریب زلزله: ۰،۲۵ g
- عیار سیمان در بتن: ۳۵۰ Kg/m3
- FY: ۳۰۰۰ Kg/cm2 برای میلگرد ۱۲ و ۱۴
- ۴۰۰۰ Kg/cm2 برای میلگرد بالای ۱۴
- فاصله حمل مصالح زهکش: ۲۰ کیلومتر
- فاصله حمل مصالح پرکننده: ۲۰ کیلومتر
- فاصله حمل آهن آلات: ۴۵۰ کیلومتر
- فاصله حمل سیمان: ۱۰۰ کیلومتر
- حمل نخاله: ۱۰ کیلومتر
- حمل آب: ۵ کیلومتر

* بستر و روسازی راه:

به طور کلی دو مشکل اساسی در راهها وجود دارد که یکی از آن ها ناپایداری بستر و دیگری ضعف روسازی است، که در این مواقع استفاده از ژئوگرید بسیار با صرفه و مفید خواهد بود. البته بسیاری از مواقع، دلیل تسلیح بستر و روسازی ضعف آن ها نیست، بلکه هدف کاهش ضخامت لایه روسازی و در نتیجه کم کردن هزینه های خاکریزی است.



ناپایداری بستر (راست) و بهبود آن با ژئوگرید (چپ)

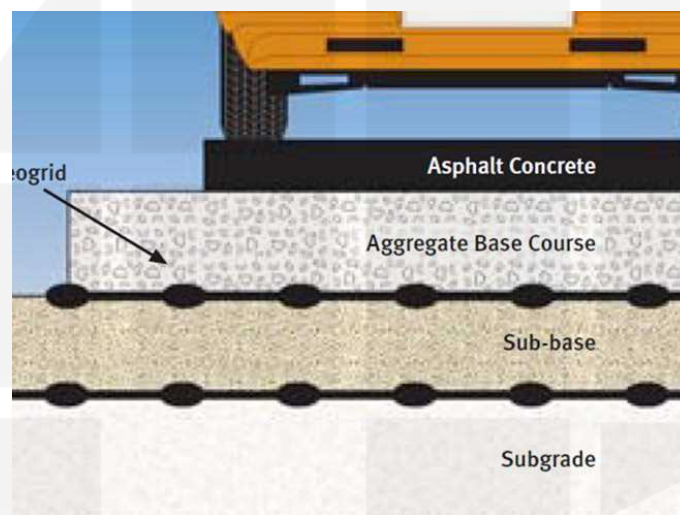
نحوه کاربرد ژئوگرید در بستر و روسازی

الف- بهبود بستر:

بهبود بستر باعث ایجاد یک لایه فونداسیون برای سطح راههای دائمی یا موقت در شرایط بستر ضعیف (CBR) کمتر از ۳ می شود. این موضوع برای روسازی های شنی و آسفالتی مشترک است.

ب- تسلیح مصالح اساس:

اگر بستر به اندازه کافی سخت باشد، می توان ژئوگرید را در زیر لایه اساس به منظور کاهش ضخامت لایه اساس به کار برد.

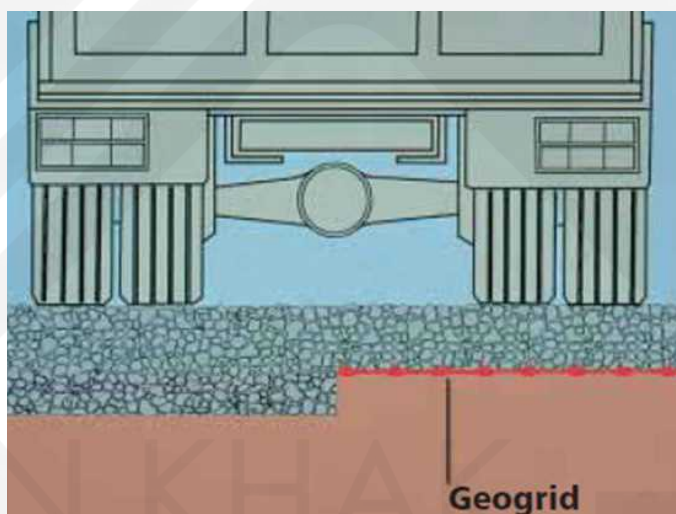


استفاده از ژئوگرید در تسلیح اساس و بهبود بستر

مزایای استفاده از ژئوگرید در تسلیح بستر و روسازی :

- ۱- کاهش ضخامت لایه اساس و زیراساس (۲۵ تا ۵۰ درصد) و در نتیجه کاهش مصالح دانه ای کمتر
- ۲- اجرای ساده تر، کم هزینه تر و سریع تر آن نسبت به روش های مرسوم
- ۳- کاهش ضخامت آسفالت (۱۵ تا ۳۰ درصد)
- ۴- کاهش ترک های ناشی از خستگی در آسفالت
- ۵- کاهش جابه جایی قائم و افقی و نیز اختلاف نشست در خاک روسازی و در نتیجه افزایش عمر آن
- ۶- کاهش هزینه های نگهداری راه در بلند مدت
- ۷- کم هزینه تر از پایداری شیمیایی (با آهک)
- ۸- طراحی ساده سازه مسلح
- ۹- از فرار مصالح بستر و تداخل زیراساس و بستر جلوگیری می کند.

نتیجه نهایی استفاده از ژئوگرید در بهبود بستر، حذف لایه اساس و زیراساس و در نتیجه کاهش ضخامت روسازی برای عمر روسازی یکسان است.



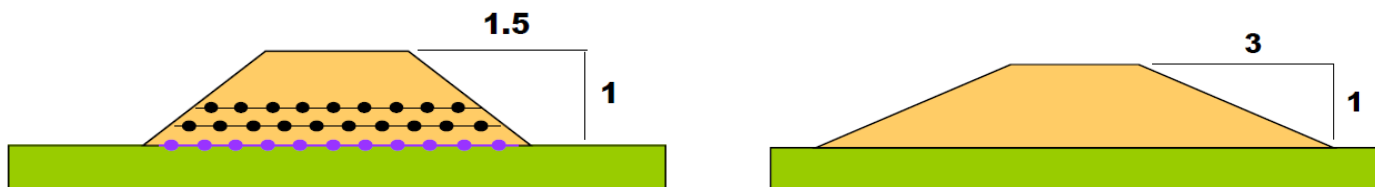
استفاده از ژئوگرید در بهبود بستر و تسلیح روسازی

ج- خاکریز:

برخی محدودیت ها در احداث خاکریزها عبارتند از:

- ۱- محدودیت در دستیابی به منابع قرضه مناسب و بادوام از نظر مشخصات فنی مورد نیاز
- ۲- محدودیت بعد فاصله در انتقال مصالح مورد نیاز در احداث خاکریزها
- ۳- محدودیت در احداث خاکریزهایی با شیب تند
- ۴- محدودیت در احداث خاکریزهایی با ارتفاع زیاد
- ۵- محدودیت اجرایی در احداث خاکریزها در مناطقی با شرایط محیطی و یا ژئوتکنیکی دشوار

استفاده از ژئوگریدها جهت تسلیح خاکریزهای مستقر بر روی پی های نرم، احداث خاکریزهایی با شیب تند و یا خاکریزهایی با ارتفاع زیاد به سرعت در حال گسترش است. با تسلیح خاکریزها توسط شبکه های پلیمری می توان ضریب اطمینان پایداری خاکریز را در مقابل لغزش و شرایط نامساعد محیطی و ژئوتکنیکی را به طور قابل ملاحظه ای افزایش داد. برای تقویت بستر خاکریزها یا افزایش ضریب اطمینان آنها در برابر لغزش معمولاً مسلح کننده به صورت عمود بر خط مرکزی در زیر خاکریز قرار می گیرد.



مزیت کاربرد ژئوگرید در خاکریزها

محاسن بکارگیری عناصر مسلح کننده در خاکریزها :

- ۱- تعریف مجاده های قدیمی و امکان احداث خاکریزهایی با شیب تندتر و ارتفاع بیشتر و در نتیجه آن صرفه جویی در حجم عملیات خاکریزی، خاکبرداری، حمل و نقل و تراکم لایه های خاکریز
- ۲- جداسازی بستر طبیعی زمین از لایه های خاکریز
- ۳- جداسازی بستر روسازی از لایه های مصالح شنی روسازی
- ۴- بالابردن ضرائب اطمینان پایداری خاکریز در برابر لغزش و تغییر شکل در شرایط مختلف بهره برداری و حالات خاص بارگذاری نظیر زلزله
- ۵- امکان احداث خاکریزهایی که بطور مستقیم بر روی زمین های نرم و سست مستقر می شوند
- ۶- احداث خاکریزهایی با پایداری و مقاومت کافی در مقابل شرایط محیطی مخرب نظیر سیلاب و یا سایر عوامل فرساینده
- ۷- کاهش ضخامت لایه های خاکریز
- ۸- امکان کاهش زمان اجرای خاکریز
- ۹- صرفه جویی در هزینه های دوره ساخت و نگهداری

د- فونداسیون:

استفاده از ژئوگرید در تسلیح بستر فونداسیون ها باعث کاهش نشست کلی و اختلافی و نیز افزایش ظرفیت باربری فونداسیون می شود.

مزیت های استفاده از ژئوگرید در فونداسیون عبارتند از:

- ۱- افزایش ظرفیت باربری
- ۲- تغییر مکانیزم گسیختگی
- ۳- افزایش زاویه توزیع تنش

و- راه آهن:

استفاده از ژئوگریدها در روسازی راه آهن با دو هدف عمده صورت می گیرد:

- ۱- در لایه بالاست در نوسازی و بهسازی خطوط برای تامین حفظ هندسه خط، کاهش سرعت نشست لایه بالاست، کاهش هزینه های نگهداری ناشی از افت کیفی مصالح بالاست، افزایش طول مدت دوره نگهداری (تقریباً به میزان سه برابر)
- ۲- روی بستر راه آهن، زمانی که خطوط راه آهن روی بستر ضعیف یا چند لایه قرار می گیرد و نیاز به تقویت بستر الزامی می شود، استفاده از ژئوگرید می تواند با افزایش ظرفیت باربری خاک بستر در بسیاری از مواقع سریع ترین، ارزان ترین روش اصلاح خاک باشد.



نمونه ای از خرابی خطوط راه آهن

